

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA
POSGRADO EN PROTECCIÓN VEGETAL**

**REFRIGERACIÓN, ATMÓSFERAS MODIFICADAS Y CALIDAD DEL
PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum* L.) EN POSTCOSECHA.**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN PROTECCIÓN VEGETAL**

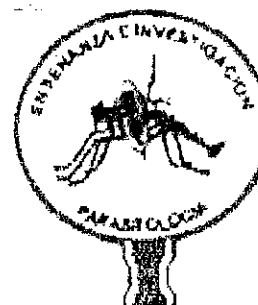
PRESENTA:

RAFAEL GÓMEZ JAIMES



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES Y TITULACIONES

Chapingo, México, Febrero de 2004



LA PRESENTE TESIS TITULADA: REFRIGERACIÓN, ATMÓSFERAS MODIFICADAS Y CALIDAD DEL PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum* L.) EN POSTCOSECHA, FUE REALIZADA POR RAFAEL GÓMEZ JAIMES, BAJO LA DIRECCIÓN DEL COMITÉ ASESOR INDICADO, APROBADO POR EL MISMO Y ACEPTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

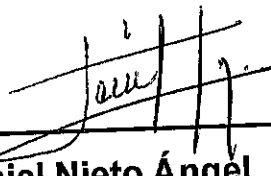
MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

Director



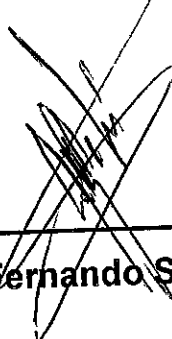
Dr. Marcelo Acosta Ramos

Asesor



Dr. Daniel Nieto Ángel

Asesor



Dr. Juan Fernando Solís Aguilar

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

RAFAEL GÓMEZ LÓPEZ

OLIVA JAIMES JAIMES

A MIS HERMANOS: MARIBEL GÓMEZ JAIMES

SANDRA OLIVIA GÓMEZ JAIMES

EDGAR ALAN GÓMEZ JAIMES

MUY ESPECIALMENTE A:

GABRIEL GÓMEZ LÓPEZ

Y A TODOS MIS MAESTROS, COMPAÑEROS Y AMIGOS

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y muy especialmente al Departamento de Parasitología Agrícola, por sus valiosas aportaciones a mi formación profesional y humana.

Al Colegio de Postgraduados, por todo el apoyo brindado durante la realización de la tesis.

Al Dr. Marcelo Acosta Ramos, por todo su apoyo incondicional y consejos brindados para la realización de este trabajo.

Al Dr. Daniel Nieto Ángel, por el apoyo e interés que mostró para que esta investigación se hiciera realidad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo brindado para la realización de los estudios de postgrado.

DATOS BIOGRÁFICOS

Nació en Tejupilco, Estado de México, el 10 de diciembre de 1973.

Obtuvo la licenciatura en Ingeniero Agrónomo especialista en Parasitología Agrícola en 1997, en el Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

Entre Abril de 1998 y Noviembre de 2000 trabajo en la empresa Monarch de México, S.A de C.V., como asesor técnico en invernaderos del cultivo de la rosa. Desde enero de 2001 hasta diciembre de 2002, trabajo en la Confederación Nacional Campesina (CNC), en el programa de obtención de semilla mejorada para el sur del Estado de México.

CONTENIDO

Índice de cuadros	Pag.
Índice de figuras	viii
Prologo	x
Resumen general	xi
General summary	xii
	xiv

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivos generales	2
2.2. Particulares	2
3. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1. Calidad del pimienta morrón	3
3.1.1. Color	3
3.1.2. Forma	3
3.1.3. Defectos	4
3.1.4. Pudriciones	4
3.1.5. Firmeza	4
3.1.6. Sabor	5
3.1.7. Valor nutritivo	6
3.2. Proceso de maduración	6
3.2.1. Cambios fisiológicos	6
3.2.2. Índice de madurez	7
3.2.3. Maduración de los frutos	8
3.3. Conservación	10
3.3.1. Manejo de la temperatura	11
3.3.2. Manejo de la humedad relativa (H.R.)	12
3.3.3. Calentamiento discontinuo	12
3.3.4. Almacenamiento hipobárico	13
3.4. Atmosferas modificadas y controladas	13
3.4.1. Fundamento biológico de las atmosferas modificadas (AM) y controladas (AC)	18
3.5. Comportamiento postcosecha del pimienta morrón	18
3.5.1. Pérdidas de peso	19
3.5.2. Deshidratación	19
3.5.3. Daños por frío	20
3.5.4. Enfermedades postcosecha del pimienta morrón	21
3.5.4.1. <i>Rhizopus</i> sp.	21
3.5.4.1.1. Síntomas	21
3.5.4.1.2. Organismo causal	21
3.5.4.1.3. Ciclo de la enfermedad y epidemiología	22
3.5.4.1.4. Control	22
3.5.4.2. <i>Alternaria</i> spp.	23

3.5.4.2.1. Síntomas	23
3.5.4.2.2. Organismo causal	24
3.5.4.2.3. Ciclo de la enfermedad y epidemiología	24
3.5.4.2.4. Control	25
3.5.4.3. <i>Colletotrichum</i> sp.	26
3.5.4.3.1. Síntomas	27
3.5.4.3.2. Organismo causal	27
3.5.4.3.3. Ciclo de la enfermedad y epidemiología	28
3.5.4.3.4. Control	28
3.5.4.4. <i>Phytophthora capsici</i>	29
3.5.4.4.1. Síntomas	29
3.5.4.4.2. Organismo causal	30
3.5.4.4.3. Ciclo de la enfermedad y epidemiología	31
3.5.4.4.4. Control	31
3.6. Fungicidas que controlan enfermedades postcosecha	32
3.6.1. Azoxystrobin	32
3.6.1.1. Características	32
3.6.1.2. Mecanismo de acción	33
3.6.1. Trifloxystrobin	33
3.6.1.1. Características	34
3.6.1.2. Mecanismo de acción	34
3.6.3. Procloraz	34
3.6.3.1. Características	35
3.6.3.2. Mecanismo de acción	35
3.6.3.3. Hongos fitopatógenos que controla	35
3.6.3.4. Tratamientos postcosecha	36
4. LITERATURA CITADA	37

CAPITULO 2

REFRIGERACIÓN, ATMÓSFERAS MODIFICADAS Y CALIDAD DEL PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum* L.) EN POSTCOSECHA.

RESUMEN	46
SUMMARY	47
1. INTRODUCCIÓN	48
2. OBJETIVOS	49
3. MATERIALES Y METODOS	49
3.1. Material vegetal	49
3.2. Montaje del experimento	49
3.3. Variables evaluadas	51
3.3.1. Color	51
3.3.2. Apariencia visual	51
3.3.3. Firmeza	52
3.3.4. Sólidos solubles totales (°Brix).	52
3.3.5. Acidez titulable	52
3.3.6. Pérdidas de peso	52

3.3.7. Incidencia y severidad de enfermedades	53
3.4. Diseño del experimento	53
3.5. Análisis estadístico	53
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4.1. Evaluación general promedio de los cero a los cuarenta días	54
4.1.1. Cambios en color	54
4.1.1.1. Valor L	55
4.1.1.2. Índice de saturación (IS)	56
4.1.1.3. Angulo de tono (AT)	57
4.1.2. Firmeza	58
4.1.3. Sólidos solubles totales (°Brix)	59
4.1.4. Concentración de ácido cítrico	61
4.1.5. Relación sólidos solubles totales (°Brix) – ácido cítrico	62
4.1.6. Pérdida de peso	63
4.1.7. Incidencia y severidad de enfermedades	63
4.2. Análisis por fecha de evaluación	63
4.2.1. Evaluación a los 20 días después de establecido el experimento	66
4.2.2. Evaluación a los 25 días después de establecer el experimento	70
4.2.3. Evaluación a los 30 días después de establecido el experimento	73
4.2.4. Evaluación a los 35 días después de establecido el experimento	76
4.2.5. Evaluación a los 40 días después de establecido el experimento	80
4.3. Evaluaciones en el tiempo de las variables de calidad de 0 a los 40 días después de establecido el experimento	84
5. CONCLUSIONES	87
6. LITERATURA CITADA	

CAPITULO 3

CONTROL QUÍMICO DE LAS ENFERMEDADES PRINCIPALES DEL PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum* L) EN POSTCOSECHA.

RESUMEN	91
SUMMARY	92
1. INTRODUCCIÓN	93
2. OBJETIVOS	94
3. MATERIALES Y METODOS	95
3.1. Hongos utilizados	95
3.2. Inoculación de los aislamientos y fungicidas probados	96
3.3. Variables evaluadas	96
3.4. Efectividad biológica de los fungicidas	97
3.5. Diseño experimental	97
3.6. Análisis estadístico	98
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Severidad de las enfermedades inducidas por <i>C. nigrum</i> , <i>A. alternata</i> y <i>P. capsici</i>	98
4.1.1. <i>Colletotrichum nigrum</i>	98

4.1.2. <i>Alternaria alternata</i>	99
4.1.3. <i>Phytophthora capsici</i>	100
4.2. Eficacia de los fungicidas azoxystrobin, trifloxystrobin y prochloraz	101
4.2.1. <i>Colletotrichum nigrum</i>	101
4.2.2. <i>Alternaria alternata</i>	102
4.2.3. <i>Phytophthora capsici</i>	102
5. CONCLUSIONES	104
6. LITERATURA CITADA	105

INDICE DE CUADROS

CAPITULO 2

	Pag.
Cuadro 1. Tratamientos y numero de frutos para cada fecha de evaluación de las variables de calidad en pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.), almacenados en películas plásticas (polietileno de baja densidad) a una humedad relativa de 75 ± 5 % y refrigerados a $7 \pm 1^\circ\text{C}$.	50
Cuadro 2. Escala propuesta para evaluar la calidad comercial de la apariencia en frutos de pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.).	52
Cuadro 3. Color (brillo; Valor de L) de la epidermis en frutos de pimiento morrón, almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7 \pm 1^\circ\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de cinco evaluaciones en el tiempo (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días).	55
Cuadro 4. Color (pureza; índice de saturación) de la epidermis en frutos de pimiento morrón, almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7 \pm 1^\circ\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de cinco evaluaciones en el tiempo (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días).	56
Cuadro 5. Color (ángulo de tono; tono de la coloración) de la epidermis en frutos de pimiento morrón, almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7 \pm 1^\circ\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de cinco evaluaciones en el tiempo (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días).	57
Cuadro 6. Pérdida de la firmeza en frutos de pimiento morrón, almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7 \pm 1^\circ\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de cinco evaluaciones en el tiempo (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días).	58
Cuadro 7. Concentración de sólidos solubles totales ($^\circ\text{Brix}$) en frutos de pimiento morrón, almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7 \pm 1^\circ\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de cinco evaluaciones en el tiempo (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días).	59
Cuadro 8. Concentración de ácido cítrico en frutos de pimiento morrón, almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7 \pm 1^\circ\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de cinco evaluaciones en el tiempo (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días).	60

- Cuadro 9.** Relación sólidos solubles totales (°Brix) – ácido cítrico en frutos de pimiento morrón, almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de cinco evaluaciones en el tiempo (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días). 61
- Cuadro 10.** Pérdida de peso en frutos de pimiento morrón, almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de cinco evaluaciones en el tiempo (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días). 63
- Cuadro 11.** Evaluación de las variables de calidad en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de la evaluación a los 20 días después de establecido el experimento. 66
- Cuadro 12.** Evaluación de las variables de calidad en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de la evaluación a los 25 días después de establecido el experimento. 69
- Cuadro 13.** Evaluación de las variables de calidad en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de la evaluación a los 30 días después de establecido el experimento. 73
- Cuadro 14.** Evaluación de las variables de calidad en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de la evaluación a los 35 días después de establecido el experimento. 76
- Cuadro 15.** Evaluación de las variables de calidad en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de la evaluación a los 40 días después de establecido el experimento. 79
- Cuadro 16.** Evaluación en el tiempo para cada una de las variables de calidad (color, firmeza, sólidos solubles totales, acidez, relación sólidos solubles totales-acidez y pérdida de peso), en frutos de pimiento morrón *Capsicum annuum* L. almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y al refrigerados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. 83

CAPITULO 3

- Cuadro 1.** Fungicidas y dosis evaluadas para determinar la severidad y eficacia de control en postcosecha de *Colletotricum nigrum*, *Alternaria alternata* y *Phytophthora capsici*, en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) a temperatura ambiente ($23 \pm 2^{\circ}\text{C}$), durante 12 días. 96

Cuadro 2. Severidad de enfermedades inducidas por *Colletotrichum nigrum*, *Alternaria alternata* y *Phytophthora capsici*, en frutos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) tratados con los fungicidas trifloxystrobin, azoxystrobin y procloraz en postcosecha. Datos promedio de seis evaluaciones realizadas durante 12 días. 101

Cuadro 3. Eficacia de los fungicidas trifloxystrobin, azoxystrobin y procloraz en el control de las enfermedades del pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) inducidas por *Colletotrichum nigrum*, *Alternaria alternata* y *Phytophthora capsici* en postcosecha. Datos usados a los 12 días después del tratamiento. 103

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 2

	Pag.
Figura 1. Apariencia visual de frutos de pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.), almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, a los 30 y 40 días después del almacenamiento (DDA). A). Película plástica de densidad baja de 0.060 mm (F60) a los 30 DDA; B). Frutos testigo a los 30 DDA; C). Película plástica de densidad baja de 0.050 mm (F50) a los 30 DDA; D). Película plástica de densidad baja de 0.030 mm (F30) a los 30 DDA; E). Película plástica de densidad baja de 0.060 mm (F60) a los 40 DDA; F). Película plástica de densidad baja de 0.050 mm (F50) a los 40 DDA; G). Película plástica de densidad baja de 0.030 mm (F30) a los 40 DDA; H). Frutos testigo a los 40 DDA.	86

PROLOGO

El presente trabajo de investigación esta integrado por tres capítulos, dos de los cuales son artículos que corresponden a los 2 y 3. Debido al formato de tesis en capítulos, en algunas ocasiones fue necesario repetir cierta información.

La introducción general y la revisión de literatura se presentan en el capítulo 1. EL capítulo 2 trata sobre refrigeración, atmósferas modificadas y calidad del pimiento morrón (*Capsicum annuum* L) en postcosecha, en donde se evaluaron las variables de calidad: color (valor de L, índice de saturación y ángulo de tono), apariencia visual, firmeza, sólidos solubles totales (°Brix), concentración de ácido cítrico, relación sólidos solubles totales- ácido cítrico, pérdida de peso e incidencia y severidad de enfermedades. En el capítulo 3 se evaluaron funguicidas para el control de las enfermedades principales del pimiento morrón (*Capsicum annuum* L) en postcosecha; en dicho experimento, se evaluó la incidencia y severidad de cada una de las enfermedades y la eficacia de control de los fungicidas.

RESUMEN GENERAL

Se evaluó el efecto de la refrigeración ($7\pm1^{\circ}\text{C}$) y atmósferas modificadas en la calidad e incidencia y severidad de enfermedades del pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en postcosecha. Los pimientos se almacenaron en tres películas plásticas de polietileno de densidad baja (atmósferas modificadas) con espesores diferentes (F30=0.030 mm, F50= 0.050 mm y F60= 0.060 mm). Los frutos se almacenaron durante 40 días a $7\pm1^{\circ}\text{C}$, simulando el tiempo de empaque y transporte hasta llegar a los mercados de consumo. Las evaluaciones se realizaron a los 0, 20, 25, 30, 35 y 40 días después de almacenamiento (DDA). Se analizaron las variables siguientes: color (valor de L, índice de saturación y ángulo de tono), firmeza, sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$), ácido cítrico, relación $^{\circ}\text{Brix}$ - ac. cítrico, pérdida de peso e incidencia y severidad de enfermedades.

Se determinó la eficacia de los fungicidas azoxystrobin, trifloxystrobin y procloraz, en el control de las enfermedades inducidas por *Colletotrichum nigrum*, *Alternaria alternata* y *Phytophthora capsici* en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en postcosecha. Se realizaron incisiones de 1 mm de diámetro sobre la epidermis de los frutos, y se colocó una solución conidial de 0.1 mL^{-1} de cada hongo. *A. alternata* se inoculó en tres heridas; dos en la zona aledaña al pedúnculo, y la otra en una de las caras del fruto y se depositaron 2×10^5 conidios· mL^{-1} en cada lesión; por otra parte *C. nigrum* y *P. capsici* se inocularon en una de las caras del fruto con una solución de 1×10^5 conidios· mL^{-1} y 2×10^5 zoosporangiosporas· mL^{-1} respectivamente; posteriormente, los pimientos se almacenaron a temperatura ambiente ($22\pm2^{\circ}\text{C}$) con humedad relativa entre 90 y 95%. Después de 24 horas, los pimientos inoculados se trataron con fungicidas; a dosis alta (500 ppm) y baja (300 ppm). Se determinó la severidad inducida por los hongos a los 2, 4, 6, 8, 10, y 12 días, y la eficacia de control de los fungicidas a los 12 días.

Los pimientos almacenados en las películas F50, F60 y F30 mostraron valores constantes en color; esto indicó, que dichos frutos no desarrollaron cambios significativos en su color verde durante los 40 días de almacenamiento. Las películas F60, F30 y F50 presentaron la firmeza mayor, ya que los pimientos

mantuvieron una consistencia y apariencia física excelente. Los pimientos de las películas F60, F50 y F30 expresaron la concentración mejor de sólidos solubles totales (°Brix), ac. cítrico y relación azúcar-ácido mayor. Los pimientos ubicados en los tratamientos F50, F60 y F30 mostraron las pérdidas de peso siguientes: 0.25, 0.45 y 0.54% respectivamente; y de 13.70% para los pimientos testigo. No se observaron síntomas de enfermedades en todos los tratamientos. Los pimientos almacenados en películas plásticas, presentaron una calidad comercial mejor hasta 40 DDA, con respecto al testigo.

La severidad inducida por *C. nigrum* se controló eficazmente con procloraz, azoxystrobin y trifloxystrobin en ambas dosis (500 y 300 ppm), con una efectividad del 100%. procloraz a 500 y 300 ppm, y azoxystrobin a 500 ppm, mostraron lesiones causadas por *A. alternata* de 0.6 , 0.9 y 1cm de diámetro respectivamente; y controlaron a este patógeno con una efectividad de 89, 74 y 72% respectivamente. *P. capsici* indujo lesiones en los frutos de 0.9 y 1.3 cm de diámetro en los pimientos tratados con azoxystrobin y procloraz a 500 ppm, estos fungicidas mostraron una efectividad de control de 82 y 72% respectivamente.

GENERAL SUMMARY

The effect of refrigeration ($7\pm 1^{\circ}\text{C}$) and modified atmospheres on the quality, incidence and severity of diseases of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) in postharvest were evaluated. Peppers were stored in three plastic polyethylene films of low density (modified atmospheres) with different thickness (F30=0.030 mm, F50= 0.050mm and F60= 0.060 mm). The fruits were stored during 40 days at $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, simulating the packing time and transportation to the market. Evaluations were done on the 0, 20, 25, 30, 35, and 40 days after storing (DDA). The following variables were analyzed: color (value of L, index of saturation and angle of tone), firmness, total soluble solids ($^{\circ}\text{Brix}$), citric acid, $^{\circ}\text{Brix}$ –citric acid relationship, weight loss and incidence and severity of diseases.

The effectiveness of the fungicides azoxystrobin, trifloxystrobin and procloraz on the control of diseases induced by *Colletotrichum nigrum*, *Alternaria alternata* and *Phytophthora capsici* on bell pepper (*Capsicum annuum* L) in postharvest was determined. Incisions of 1mm of diameter were done on the epidermis of fruits and a conidial solution of 0.1 mL^{-1} of each fungi was put on them. *A. alternata* was inoculated in three cuts; two in an area close to the peduncle and the other on one of the faces of the fruit and 2×10^5 conidia $\cdot\text{mL}^{-1}$ were deposited in each injury. On the other hand, *C. nigrum* and *P. capsici* were inoculated on one of the faces of the fruit with a solution of 1×10^5 conidia- mL^{-1} and 2×10^5 zoosporangiosporas. mL^{-1} respectively; later, the peppers were stored at environmental temperature ($22\pm 2^{\circ}\text{C}$) with relative humidity between 90 and 95%. After 24 hours, the inoculated peppers were treated with fungicides under high (500 ppm) and low doses (300 ppm). The severity induced by fungi at 2, 4, 6, 8, 10 and 12 days was determined, and the effectiveness of the control of fungicides at 12 days was also determined.

The peppers stored in the films F50, F60 and F30 showed constant values in color; this showed that these fruits did not develop significant changes in their green color during the 40 storing days. The films F60, F30,, and F50 showed greater firmness since peppers kept an excellent physical consistency and aspect. The peppers of the films F60, F50, and F30 showed the best concentration of total soluble solids ($^{\circ}\text{Brix}$), citric acid and sugar-acid relationship. The peppers located

in the treatments F50, F60, and F30 showed the following weight losses: 0.25, 0.45, and 0.54% respectively; and for control peppers 13.70%. Disease symptoms were not observed in all treatments. The peppers stored in plastic films showed a best commercial quality up to 40 DDA, in respect to the control peppers.

The severity induced by *C. nigrum* was effectively controlled by procloraz, azoxystrobin and trifloxystrobin in both doses (500 and 300 ppm) with a 100% effectiveness. procloraz at 500 and 300 ppm and azoxystrobin at 500 ppm showed injuries of 0.6, 0.9 and 1 cm of diameter caused by *A. alternata* and this pathogen was controlled with an effectiveness of 89, 74, and 72% respectively. *P. capsici* induced injuries of 0.9 and 1.3 cm of diameter in the peppers treated with azoxystrobin and procloraz at 500 ppm, these fungicides showed a control effectiveness of 82 and 72% respectively.

CAPITULO 1

ESTRATEGIAS DE MANEJO Y CALIDAD DEL PIMIENTO MORRÓN **(*Capsicum annuum* L.) EN POSTCOSECHA**

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El chile (*Capsicum annuum* L.) pertenece a la familia de las Solanáceas, es una especie originaria de América Central, que se introdujo a Europa a través de España a raíz del descubrimiento de América y de ahí se difundió a todo el mundo. Es uno de los cultivos hortícola más importantes de México, se cultiva y usa como alimento; después del tomate y la papa, el chile es la solanácea más importante como condimento, en conserva, fresco o seco y de muchas otras maneras, además tiene un valor nutritivo alto y contiene una cantidad elevada de vitaminas A y C (Sobrino, 1989). Los usos del pimiento son básicamente cuatro; el consumo en fresco es el más extendido. Otros usos son la desecación del pimiento, que se obtiene de la molienda de la cáscara (restos del pericarpio deshidratado). Así como la fabricación de conservas y el cultivo de variedades picantes usados como especias (Namesny, 1996).

En el mundo se produjeron 22, 167,801 t de chile pimiento verde en el año 2002. En el mismo año, los cinco productores principales en el mundo fueron: China (47.5%), México (8%), Turquía (6.7%), Indonesia (4.5%) y España (4.4%); el 29% restante de la producción mundial lo aportan otros países. México en el 2002, cultivó 137,948 ha; de estas obtuvo una producción anual que ascendió a 1, 775,758 t, de las cuales exportó alrededor de 334,325 (FAO, 2002). El rendimiento en México para el 2002 fue en el orden de 14,800 Kg·ha⁻¹; así mismo, los estados productores principales de pimiento fueron: Chihuahua, Sinaloa, Zacatecas y Durango (SAGARPA, 2002). En México el chile pimiento se utiliza para autoconsumo y al comercio con Estados Unidos; los chiles de exportación representaron el 10% del área total cultivada en el país en 1997, y el 80% del volumen de esa área, lo formó el chile dulce del tipo pimiento (SAGAR, 1997).

En el cultivo de pimiento se pueden producir importantes pérdidas cuantitativas y cualitativas entre la recolección y el consumo. La magnitud de las pérdidas en postcosecha depende de factores diversos, entre los que destacan la forma de manipular y de conservar al producto, que a su vez son dependientes del uso a que se destine, ya sea para consumo en fresco o para la industria (Nuez y Gil, 1996). Con la finalidad de reducir al máximo las pérdidas de postcosecha en el pimiento, se debe conocer los factores biológicos y ambientales involucrados en el deterioro de los frutos, así como las tecnologías que permitan retardar senescencia por tiempos prolongados. En México no se han realizado estudios en pimiento morrón, en donde se involucren tecnologías nuevas para mantener al pimiento con la calidad máxima posible; por lo que es de gran interés realizar investigaciones con películas de polietileno de densidad baja (atmósferas modificadas) y fungicidas de aparición reciente que no rebasan los niveles máximos de residuos, que permitan aminorar las pérdidas en postcosecha y mantener a los frutos con una calidad comercial mejor. En base a lo anterior se realizó la presente investigación con los objetivos siguientes:

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos generales

- 1) Mantener y prolongar la vida de anaquel del pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.).
- 2) Evaluar la calidad del pimiento morrón en postcosecha.
- 3) Controlar algunas enfermedades del pimiento morrón en postcosecha.

2.2. Particulares

- 1) Evaluar el efecto de la refrigeración ($7\pm 1^{\circ}\text{C}$) y atmósferas modificadas (películas de polietileno de baja densidad), en el incremento en la vida de anaquel, incidencia y severidad de enfermedades y en la calidad del pimiento morrón.
- 2) Determinar la eficacia de los fungicidas: azoxystrobin, trifloxystrobin y procloraz, en el control de las enfermedades inducidas por *Colletotrichum nigrum*, *Alternaria alternata* y *Phytophthora capsici* del pimiento morrón en postcosecha.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Calidad del pimiento morrón

Debido a los usos múltiples del pimiento, se le pueden considerar un gran número de atributos como indicadores o definidores de su calidad. Sin embargo, en las normas y clasificaciones habitualmente utilizadas se consideran únicamente algunos caracteres externos del fruto, con lo que se trata de definir los criterios o componentes principales de la calidad (Nuez y Gil, 1996).

3.1.1. Color

El color con que se comercializan los frutos de pimiento depende del estado de madurez, de los cultivares y preferencias del consumidor. Los colores principales son: verde, rojo, amarillo, marfil y chocolate-marrón. El color es un indicador bueno del estado de madurez del fruto; existen escalas más o menos objetivas para la clasificación de los pimientos, según su estado de desarrollo y coloración. Entre los métodos objetivos de evaluación de color se usan medidas de reflexión de luz como: colorímetros triestímulos, de transmisión de luz y espectrofotómetros (Navarro y Costa, 1993). Para la determinación de los contenidos de pigmentos (clorofila, beta caroteno, capsateno, capsorrubeno, etc.), se suele utilizar la cromatografía líquida de resolución alta o H.P.L.C. (Almela, 1991).

3.1.2. Forma

Existe una gran variabilidad de formas de los frutos de pimiento, pudiendo ser alargados, esféricos, acorazonados, oblatos, prismáticos, cúbicos, etc. Las preferencias en la forma, son función del modo de consumo o del destino del producto. Así para la industria conservera se prefieren los tipos acorazonados, para el mercado en fresco los tipos prismáticos o cúbicos, para pimentón los frutos alargados o esféricos. La mayor parte de la clasificación de los pimientos cultivados, se ha hecho precisamente atendiendo a la forma del fruto, o a parámetros tales como la relación entre longitud y ancho del fruto (Smith, 1987).

3.1.3. Defectos

El aspecto externo de los frutos sufre algunas veces alteraciones que pueden hacer inviable la comercialización del producto. Los defectos originados antes de la comercialización se pueden destacar los siguientes: pudriciones apicales, agrietado apical, concéntrico y radical; punteaduras, maduración irregular, quemadura solar, etc. Durante la recolección y manejo postcosecha, también se pueden producir daños en los frutos, tales como: heridas, pinchazos, abrasiones y contusiones internas debidas a impactos, vibraciones, compresiones y condiciones desfavorables en almacén. Todos estos daños no afectan solamente el aspecto exterior del fruto, sino que además aceleran: la producción de etileno, el ritmo de respiración, la pérdida de humedad y la aparición de pudriciones, e incluso se pueden provocar sabores no deseados (Nuez y Gil, 1996).

3.1.4. Pudriciones

La aparición de las pudriciones es uno de los principales defectos que se pueden presentar en los frutos, lo cual los convierte en no aptos para su comercialización. La mayor parte de los principales problemas patológicos que aparecen durante el almacenamiento, se originan durante el cultivo. En la postcosecha los daños ocasionados por una mala manipulación y por temperaturas bajas hacen a los frutos en más vulnerables a las pudriciones, esto aumenta su incidencia y severidad. Las enfermedades principales en postcosecha del pimiento son: *Alternaria* spp., *Colletotrichum* spp., *Clavibacter michiganensis*, *Bacillus polymyxa*, *Erwinia carotovora* Subs.. *carotovora*, *Xanthomonas campestris*, *Cladosporium* spp., *Pythium debaryanum*, *Phytophthora* spp., *Rhizopus* spp., *Rhizoctonia solani*, *Aspergillus* spp., *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia* spp., *Helminthosporium* spp., y *Macrophomina phaseolina*. (Snowdon, 1990).

3.1.5. Firmeza

La firmeza esta asociada fundamentalmente con el estado de madurez. Los frutos que han alcanzado su desarrollo definitivo, pero aún verdes, son los más firmes y por tanto, menos sensibles a los daños por manipulación. La firmeza, esta asociada

también a las condiciones del cultivo; humedades relativas variables entre la noche y día, temperaturas en el cultivo no muy elevadas y suelos con conductividad eléctrica baja, favorecen la consistencia del fruto. La firmeza mayor de los frutos proporcionan una resistencia mejor a los daños físicos y una aptitud mejor a la conservación y transporte (Janse, 1985).

3.1.6. Sabor

La percepción del sabor en pimiento se debe a: diferentes sustancias aromáticas presentes en cantidades muy pequeñas, azúcares, ácidos e interacciones producidas entre todos ellos. En los pimientos, la mayor parte de los componentes del sabor se destruyen, cuando se someten a procesos industriales, como temperaturas elevadas. Las sustancias responsables del sabor picante en los frutos es un alcaloide denominado capsaicina, dicha sustancia no es un compuesto sencillo, sino una mezcla de varias amidas, que se denomina con el nombre común de capsaicinoides (Huffman, 1978).

Janse (1991), indico que el sabor del fruto puede variar considerablemente según la parte del fruto que se considere. La parte próxima al pedúnculo (hombros) es la del peor sabor, la parte media es la que contiene el mejor sabor y la parte basal tiene un sabor menos sazonado. En análisis realizados, el contenido de sólidos solubles totales de los hombros, parte media y basal fue de 8.1, 8.4 y 8.3 °Brix, el porcentaje de azúcares reductores de 5.4, 5.8 y 5.3 % y el contenido en ácidos titulables de 3.8, 3.7 y 4.5 mmol·100 g⁻¹ respectivamente. En relación a su composición, los pimientos con menos de 1% de azúcares reductores no tendrán aroma, ni sabor y se pudrirían antes de alcanzar las características organolépticas normales. Los pimientos dulces no deben tener más de 90% de acidez libre de ácido cítrico y 70% cuando maduran (Giambanco de Ena, 1996).

Según el grado de maduración, los ácidos orgánicos presentan una composición muy dispar. En algunos cultivos, el ácido málico representa el 87% del total de los ácidos, unos meses antes de la recolección de algunos frutos, pero al recolectarlos no

superan el 16% de los ácidos totales. El ácido cítrico le sucede el fenómeno inverso, ya que meses antes de la recolección se encuentran en 3% del total de los ácidos, y 60% durante la cosecha; por lo que aumenta su concentración a medida que los frutos van envejeciendo. Otros ácidos, como el quínico, permanecen más o menos constantes (Herrero, 1992).

Hulme (1983) y Cano, *et al.* (1993), encontraron que los sólidos solubles totales aumentan progresivamente conforme ocurre la maduración y senescencia de los frutos, así como la acidez titulable expresada como porcentaje de ácido cítrico; así mismo Ruiz (1992), encontró que los frutos aumentan sus sólidos solubles totales durante la vida postcosecha, esto debido a que los almidones se degradan y se transforman en azúcares durante el proceso de maduración. El mínimo de °Brix (SST) se presenta conforme la maduración de los frutos avanza, a través de la conversión de almidones en azúcares (Tripathi y Gangwar, 1971); por lo que Orr (1953), reportó que el incremento de los azúcares se debe a la hidrólisis de los polisacáridos y a la degradación de los almidones. Para pimiento verde los SST son de 4.0°Brix, mientras que para maduros es 6.5°Brix (Giambanco de Ena, 1996).

3.1.7. Valor nutritivo

El contenido nutritivo del pimiento es alto en comparación con otras hortalizas de consumo amplio, ya que los pimientos tienen una importante fuente de vitaminas A, C, B1 y B2. Aunque, el estado de madurez influye en el contenido total de vitaminas, ya que después de la recolección aumenta el contenido en vitamina C, glucidos y ácido nicotínico (Pratella, 1989).

3.2. Proceso de maduración

3.2.1. Cambios fisiológicos

La maduración en muchos frutos carnosos esta asociada a un incremento repentino en la actividad respiratoria y recibe el nombre de subida climatérica o incremento climatérico, por lo que los frutos se clasifican como climatéricos y no climatéricos. Para los frutos climatéricos la intensidad respiratoria aumenta bruscamente, se

incrementa la actividad enzimática, así como cambios en la composición de los frutos y un incremento elevado en la producción de etileno; una vez que el etileno alcanza un cierto valor (concentración umbral), el proceso es irreversible. Este proceso es el que define a la maduración y se le denomina crisis climatérica. El máximo climatérico puede ocurrir antes o después de la recolección, esto depende del tipo de fruto y momento de realizar la cosecha. Cuando el fruto envejece la intensidad respiratoria disminuye. En los frutos no climatéricos la intensidad respiratoria disminuye a medida que el fruto se está desarrollando. Al anularse la intensidad respiratoria se produce la senescencia. En general los frutos no climatéricos maduran en la planta y contienen una menor proporción de almidón y una vez recolectados ya no maduran, por ello se habrán de cosechar con la madurez óptima (Herrero, 1992). El pimiento se considera un fruto no climatérico, pero existen referencias que indican que son frutos climatéricos; es decir, que al madurar aumenta su tasa respiratoria y produce etileno en cantidades importantes (Namesny, 1999). Así mismo, Lu (1990), comprobó que una variedad de pimiento picante de China registra un aumento del 30% en su tasa respiratoria al madurar, pero no produce etileno, por lo que no se clasificó como climatérico. Por otro lado, Knavel (1973) y Osterli (1975), señalaron que el pimiento grueso se puede considerar como parcialmente climatérico, ya que su contenido de etileno se duplica cuando cambia de color verde a rojo, además existen respuesta positivas a los tratamientos con etileno y etefón. Sin embargo, Saltveit (1977), sugirió que los cambios climatéricos en los pimientos no son tan pronunciados como en otros miembros de la familia *solanácea*, que se consideran climatéricos (como el tomate), por lo que este hecho podría estar ligado a la domesticación de los *Capsicum*.

3.2.2. Índice de madurez

Cuando el fruto acaba de crecer, acontece la maduración, en la cual se producen reacciones bioquímicas múltiples asociadas a un incremento respiratorio y emisiones de etileno que hacen que el fruto inmaduro pase a maduro. La madurez óptima del fruto, esta dada por una equilibrada acidez, turgencia, aroma y azúcares, además de

contar con la coloración propia. No obstante, se debe asociar de forma íntima al período de conservación (Herrero, 1992).

Los índices de madurez en pimiento son: el tamaño, color y brillo del fruto. La recolección se realizará a partir del momento en que los frutos han alcanzado su tamaño definitivo. Los pimientos para consumo en fresco se cosechan cuando el color es aún verde o con su color final (rojo o amarillo). En pimientos verdes, el fruto está listo para ser cosechado cuando el color posee una tonalidad metálica y la carne está tersa y consistente (Maroto, 1997). Para frutos cuadrados, el calibre mínimo son 50 mm y 30 para los puntiagudos. El momento de la recolección dependerá del tipo de pimiento que se quiera obtener. En pimiento para industria; el criterio que se utiliza para determinar la recolección son las unidades calor. La adquisición de color puede adelantarse y uniformarse mediante la aplicación localizada de etefón (ácido 2-clorofosfonico), producto cuyo efecto se produce debido a la liberación de etileno (Namesny, 1999).

Entre los factores principales que afectan los índices de maduración del fruto (procesos metabólicos de degradación de clorofilas y formación de pigmentos) destacan la temperatura, oxígeno y etileno. Los procesos de senescencia en los frutos cosechados, se ven influenciados fundamentalmente por el estrés hídrico y la composición de la atmósfera de almacenamiento (Nuez y Gil, 1996).

3.2.3. Maduración de los frutos

Los tratamientos con *etefón*, como una forma de aplicación exógena de etileno sobre las plantas, es una técnica que se utiliza algunas veces en el campo con la finalidad de acelerar la maduración de los frutos que aún están verdes. El *etefón* (ácido -2-cloroetilfosfónico) puede utilizarse también una vez cosechado el pimiento. La forma de aplicación habitual suele ser la de inmersión de los frutos en disoluciones del producto, a una concentración que oscila entre 3.0 y 3.5 ppm (Lockwood y Vines, 1972; Escriche y Artes, 1983). Se añade algún mojante para mejorar la adherencia y absorción, la duración de la inmersión es de 1.5 a 3 minutos a una temperatura de 25

a 30°C y un pH menor de 3.5. Las temperaturas posteriores al tratamiento deben variar entre 18 y 27°C; la temperatura óptima es de 22°C (Escriche y Artes, 1983).

Los pimientos reaccionan a la aplicación de etileno o productos que lo generen, caso del ácido cloroetilfosfónico o etefón, lo cual permite utilizar dicha hormona para madurarlos. El proceso se basa fundamentalmente en la degradación de las clorofilas y la síntesis de cromoplastos, los cuales otorgan la coloración típica de la variedad. Las aplicaciones se pueden hacer en campo con etefón o en almacén por inmersión o pulverización con etefón, o aplicación de gas etileno. El proceso se debe efectuar a una temperatura alta (22°C) y humedad relativa alta (90%) para que ocurra rápidamente (Namesny, 1999). Trabajos realizados por Lockwood y Vines, (1972) en frutos recolectados, muestran que los tratamientos a base de etefón dan una tasa respiratoria más rápida y un porcentaje mayor de coloración, que cuando se aplica gas etileno. El estado fisiológico inicial de los frutos determina el patrón de maduración. Los que ya han iniciado a madurar responden muy rápido y homogéneamente; es a éstos frutos a los que se aconseja realizar el proceso de maduración, ya que su estado permite que el tiempo del proceso de maduración sea breve, y se evitan pérdidas. En pimientos verdes, la maduración exige más tiempo y, por el contrario, si la superficie virada sobrepasa el 50%, la plena madurez se alcanza muy pronto, pero los frutos envejecen muy rápidamente (Escriche y Artés, 1983).

Otra forma de aplicar etileno al fruto es mediante el producto *etileno o acetil* (mezcla técnica de 94,5% de nitrógeno y 5.5% de etileno). El tratamiento se realiza mediante inyecciones de gas a una cámara durante 12 horas. Posteriormente se procede a una renovación total del aire de la cámara, antes de la aplicación de otro tratamiento. La temperatura más adecuada para el tratamiento es de 22 °C, con una humedad relativa de 90%. Dada la eficacia mayor y simplicidad del tratamiento con etefón se prefiere este sistema, con respecto al del *etileno-gas* (Nuez y Gil 1996).

Aunque las temperaturas elevadas incrementan la velocidad de maduración y liberación de etileno. La vida efectiva de acción del ácido (etefón), puede verse reducida a un período inferior a tres días. Después del tratamiento, los niveles de dióxido de carbono deben de ser menores al 1%, ya que este compuesto tiene una función inhibidora del etileno. En lo que respecta al oxígeno, no es necesario incrementar su concentración con respecto a la normal del aire. No obstante, deberemos asegurar una aireación buena para eliminar los compuestos orgánicos volátiles, procedentes de la respiración de los propios frutos y mantener así un nivel de oxígeno próximo al 21%. Para ello se aconsejan ciclos de renovación del aire cada 12 horas (Nuez y Gil, 1996).

Para evitar la transpiración que se produce con temperaturas elevadas. La humedad relativa debe de estar comprendida entre 90 y 95%, aunque se debe evitar que la atmósfera se sature, ya que dichas condiciones suelen favorecer la presencia de alteraciones fisiológicas y ataques de hongos (Escriche y Artés, 1983).

3.3. Conservación

Las temperaturas recomendadas para el almacenamiento de pimientos se ubican entre 8 y 10°C. A niveles inferiores se pueden producir daños por frío, mientras que por encima de 10°C se favorece la maduración y el crecimiento de bacterias y hongos. La humedad relativa debe fluctuar entre 90 y 95%; bajo estas condiciones los pimientos se conservan por 2 o 3 semanas, el rango óptimo de temperatura esta entre 11 y 13°C (Lutz y Hardenburg, 1968). El tipo de acondicionamiento afecta la vida postcosecha. Los pimientos empacados en bolsas de plástico y mantenidos a temperaturas entre 7 y 10°C soportan una semana más que los frutos no empacados (Namesny, 1999).

Estudios realizados en pimiento Lamuyo en varias prácticas postcosecha, determinaron que el baño en una solución de cloro con 300 ppm aumentó las pudriciones. El pretratamiento con 25% de CO₂ durante 120 horas tuvo efectos positivos sobre; el color y la firmeza durante las tres primeras semanas de

conservación, pero después las pudriciones aumentaron severamente sobre los pedúnculos heridos. El recubrimiento individual de los pimientos con películas de plástico de poliolefina (0.018 mm) mantuvieron la firmeza del fruto durante siete semanas de almacenamiento a 9°C, pero a partir la 4ª semana las pudriciones aumentaron considerablemente (Cuquerella, 1987).

3.3.1. Manejo de la temperatura

Los frutos de pimiento experimentan una serie de procesos esenciales para el mantenimiento de su actividad vital. La energía necesaria para estos procesos proviene de las sustancias de reserva, que se acumulan antes de su recolección. La respiración es el mecanismo por el cual estas sustancias de reserva se convierten en energía. Parte de la energía producida se utiliza para los procesos vitales y el exceso producido se libera bajo la forma de calor. La cantidad de calor liberado depende de la variedad y estado de madurez del fruto. Como la temperatura es uno de los factores principales que determinan la tasa de respiración; el deterioro y senescencia son el resultado final del proceso de respiración. En términos generales y para la mayoría de los productos hortícolas, por cada 10°C de descenso de la temperatura disminuye la actividad respiratoria de 2 a 4 veces (Kader, 1985).

La temperatura ejerce una gran influencia sobre el modo que afecta el etileno, oxígeno y dióxido de carbono a la maduración de los frutos, así como sobre la germinación de las esporas y desarrollo de los hongos. Un manejo adecuado de la temperatura es una de las herramientas más importantes para prolongar la vida de los frutos (Namesny, 1999). En lo que concierne a la sensibilidad a los daños por frío (*chilling injury*), los pimientos se clasifican como sensibles o susceptibles moderadamente, ya que experimentan daños por abajo de 7°C (Kader, 1986).

La temperatura óptima de almacenamiento de los pimientos se sitúa entre 7 y 10°C, a dicha temperatura los frutos se pueden mantener por 1 o 3 semanas, lo cual depende de los cultivares, estado de madurez en el momento de la cosecha y tratamientos postcosecha utilizados (Wang, 1977).

3.3.2. Manejo de la humedad relativa (H.R.)

Una vez que los frutos se han cosechado, es de vital importancia la conservación del contenido de humedad de los mismos, para equilibrar las pérdidas que se producen por la transpiración. Se sabe que la senescencia en pimiento se correlaciona bien con la pérdida de peso del fruto, por lo que aquellas condiciones que disminuyan dicha pérdida, pueden también detener el deterioro de los frutos (Curie, *et al.*, 1986). Aumentar la humedad relativa es un medio usado para disminuir las pérdidas de peso y bajar la temperatura es otro. Los pimientos son sensibles a los daños por frío (*chilling injury*) por lo que sólo se deben refrigerar hasta 8°C, a este nivel la tasa de pérdida de peso disminuye en casi un 50%. Sin embargo no evitan el arrugamiento ni ablandamiento de los frutos; en ensayos de conservación de pimientos, se utilizaron bolsas de polietileno de densidad alta, herméticas y con saturación de humedad y se logró reducir las pérdidas de peso hasta un 90%, además se consiguió atenuar los cambios en el fruto que se producen por la senescencia; tales como la firmeza, potencial de agua, déficit de saturación de agua, rotura de la pared celular y producción de dióxido de carbono (Ben- Yehoshua, *et al.*, 1983).

La elevación de la humedad desde un 85% hasta una saturación completa, reduce más marcadamente la senescencia en los pimientos que una disminución en la temperatura; posiblemente el estrés hídrico sea para los pimientos un desencadenante de su senescencia. En la práctica comercial, se suele utilizar una humedad relativa del 90% para la conservación de los frutos; esta viene a ser una solución de compromiso entre una humedad lo suficientemente alta para evitar el arrugamiento de los frutos y bastante moderada para reducir el desarrollo de patógenos (Lurie, 1986).

3.3.3. Calentamiento discontinuo

Mercado *et al.* (1996), mencionaron que los productos sensibles a daños por frío, al someterlos en el período de conservación, durante algunas horas a temperaturas mayores a la que se encuentran almacenados, suelen disminuir la incidencia de este tipo de alteraciones. En pimientos que se almacenaron a 5°C durante cuatro

semanas y aumentando la temperatura a 15°C durante 23 horas a cada seis días, se obtuvieron frutos con calidad aceptable.

3.3.4. Almacenamiento hipobárico

El almacenamiento a presiones inferiores a la atmosférica (760 mm de Hg), se ha logrado prolongar la vida postcosecha de los pimientos hasta 50 días. Se aplicó cloro y benomilo a los pimientos antes de la conservación en tres atmósferas hipobáricas (80, 40 y 20 mm de Hg), y se demostró que después de 50 días, el 86% de los pimientos fueron comercializables en el tratamiento sometido a una presión de 80 mm de Hg y porcentajes inferiores con las presiones menores (80% a 40 mm de Hg y 47% a 20 mm de Hg), con respecto al deterioro total de los frutos mantenidos el mismo tiempo a la presión atmosférica normal. La mejor vida de anaquel de los pimientos, se observó en los almacenados a una presión de 80 mm de Hg; la totalidad de los frutos se mantuvieron en buen estado durante los 6 días siguientes a la conservación (Jamieson, 1980). Otros investigadores observaron que la vida de anaquel de pimientos sometidos a este tipo de almacenamiento es muy breve, siendo necesario aplicar fungicidas para evitar la proliferación de patógenos (Bangerth 1974). Por otro lado, Lyons (1973), mencionó que el almacenamiento de pimientos a presiones entre 50 y 200 mm de mercurio, con renovación permanente de aire para eliminar las sustancias volátiles, ha demostrado reducir los síntomas de daños por frío. Este efecto puede deberse a que estos volátiles están relacionados con la aparición de daños por frío; su eliminación del interior de los tejidos por la baja presión atmosférica y del ambiente en que están los pimientos, a través de la continua renovación del aire, evitaría su aparición. Así mismo, Namesny (1999), mencionó que el manejo del ambiente postcosecha del pimiento, se basa en la temperatura, humedad relativa, tiempo y atmósferas controladas que deben de predominar en el almacén.

3.4. Atmósferas modificadas y controladas

Namesny (1999), mencionó que las atmósferas modificadas y controladas son una serie de técnicas de muy reciente aparición, que intentan modificar la composición

ambiental de la cámara de frigoconservación sin modificar la temperatura. La causa del desarrollo e investigación de esta parte es debido al elevado incremento económico que ha sufrido la energía, ya que más del 60% de los gastos de una central frigorífica son debidos a los costos energéticos. (Kader, 1980), mencionó que atmósferas modificadas (AM) o controladas (AC), significa la eliminación o adición de gases, lo cual da como resultado una composición atmosférica diferente de la del aire. Usualmente esto indica reducción de oxígeno y/o elevación de la concentración de bióxido de carbono. Las AM y AC, difieren únicamente en el grado de control; las AC son muy exactas. A veces se proporcionan atmósferas alrededor de los frutos, éstas atmósferas son bajas en oxígeno o el bióxido de carbono elevado, o con ambas condiciones simultaneas. Si se mantiene un control estricto de estos gases, la atmósfera artificial se llama comúnmente atmósfera controlada.

Atmósfera modificada (AM) es un termino que se usa para asignar cualquier atmósfera artificial, aunque con frecuencia, se usa cuando hay poca o ninguna posibilidad de hacer ajustes en la composición del gas durante el almacenamiento o transporte, generalmente esto se logra mediante películas plásticas de polietileno (Morris, 1979). Gorini y Uncini (1981), informaron de los buenos resultados obtenidos con 39 híbridos de pimiento picante empacados en polietileno perforado. Los beneficios se manifestaron en una reducción de la pérdida de peso, menor incidencia de enfermedades y una coloración más intensa en los frutos. Por otra parte Risse (1989), menciona que la pérdida de peso en pimientos cubiertos en plástico fue de 0.3%, mientras que en los no cubiertos fue del 3% durante tres semanas de almacenamiento a 7°C, más una semana a 15.5°C. Así mismo indico que los pimientos recubiertos se mantuvieron más firmes y desarrollaron menos cambios de color que los no cubiertos; además, el nivel de pudriciones fue similar. Además, señalo que cuando los pimientos se expusieron a temperaturas entre 1 y 4°C, los daños por frío en los pimientos cubiertos con plástico fueron menores. Finalmente la combinación de envolturas de plástico y acondicionamiento (5 días a 10°C), redujeron los daños por frío pero no los eliminó.

El cubrimiento de pimientos con polietileno de alta densidad (HDPE; high density polyethylene) formando un envase cerrado inhibe drásticamente la pérdida de peso y retrasa el ablandamiento marcadamente. En pimiento, los frutos envueltos con HDPE permanecen firmes hasta que son atacados por patógenos, a diferencia de lo que ocurre en tomates protegidos con plástico en que el ablandamiento sólo es inhibido ligeramente (Ben-Yehoshua, 1985). En Israel Shapiro *et al.* (1987), mencionaron que se ha estudiado el comportamiento de pimientos empacados en forma individual en dos tipos de plástico: polietileno de densidad alta (HDPE) y polipropileno orientado biaxialmente (BPP. Biaxially oriented polypropylene), de 20 μm de grosor; estos disminuyeron significativamente la pérdida de peso y los cambios de coloración en los frutos.

Con pimientos cuadrados sometidos a 15, 10, 7.5 y 5°C durante 2, 3 y 4 semanas; mostraron que la calidad global de los pimientos se mantiene alta durante las dos primeras semanas y disminuye de forma importante en las dos ultimas, a excepción del tratamiento a 15°C en que el deterioro fue rápido. Las causas que provocan la pérdida de calidad varían con la temperatura; a 15 y 10°C es fundamentalmente por la pérdida de agua, que produce un ablandamiento del fruto y una importante disminución del peso. A 7.5 y 5°C la pérdida de calidad se debió a daños por frío (Mercado *et al.*, 1996). El propósito del uso de las películas plásticas de polietileno, es modificar las atmósferas para prolongar la vida postcosecha de los frutos, ya que suprime el ritmo respiratorio (Morris, 1979). Los pimientos dulces empacados de 7 a 10°C en bolsas plásticas de polietileno perforado, lograron una vida de almacenamiento más prolongada que los que se almacenan sin bolsas (Anandaswamy, 1959).

Kader (1980), mencionó que las atmósferas modificadas retrasan la senescencia (sazón) y cambios bioquímicos y fisiológicos asociados; como la disminución de la velocidad de la respiración, producción de etileno, ablandamiento de frutos y cambios en la composición química. Por lo que las AM, ayudan a la corrección parcial de ciertos desordenes fisiológicos, así como la disminución del ataque de patógenos

postcosecha. Por otra parte Reid (1980), señaló que las atmósferas modificadas en el almacenaje reducen la velocidad de respiración y los procesos metabólicos asociados. Por lo que a una presión parcial de oxígeno y reducción parcial de bióxido de carbono previenen la acción del etileno sobre los frutos.

Robert (1988), indicó que el uso de AM y AC en el almacenamiento de pimientos, son de uso poco extendido, debido a que no aportan grandes ventajas en relación con sus costos. Sin embargo, Kader (1986), sugirió que una reducción en la concentración de oxígeno entre 3 y 5%, y un aumento en la concentración de dióxido de carbono por encima del 2%, pueden reducir (a pesar de que el pimiento se considere un fruto parcialmente climatérico) la tasa de respiración, producción de etileno y la sensibilidad de los tejidos al mismo, con lo cual se retrasa la maduración y el ablandamiento de los frutos y además se moderan los cambios bioquímicos asociados con la maduración.

Los resultados de las atmósferas con composiciones gaseosas diferentes a la normal no han dado resultados promisorios en pimiento (Gorini 1981). Sin embargo Kader *et al.* (1985), indicaron que la conservación de pimiento dulce en una atmósfera de oxígeno baja y 3-5% de CO₂, almacenada a temperaturas entre 8 y 12°C, tiene un efecto benéfico, sin embargo su uso a nivel comercial es limitado. El mismo tratamiento se realizó en pimiento picante, pero en este caso no se utilizó a nivel comercial. Para este tipo de pimiento, una atmósfera enriquecida con un 10-15% de carbónico anhídrido es benéfico a temperaturas entre 5 y 8°C.

Mercado, *et al.* (1996), mencionaron que las atmósferas que contenían de 5 a 10% de carbónico anhídrido, aumentaron los daños por frío en pimientos almacenados a 5°C durante 21 días + 5 días a 15°C. Los niveles bajos de 2 a 5% de carbónico anhídrido reducen en cierta medida estos daños. En pimiento picante se ha comprobado que una concentración alta de carbónico anhídrido (10-20%), reduce los daños por frío que producen las temperaturas de 5°C (Kader *et al.*, 1974). Por otra parte Mercado, *et al.* (1996), encontraron que los frutos rojos son más resistentes a

los daños por frío, así como a los contenidos altos de carbónico anhídrido; sin embargo no se recomienda el uso de niveles de CO₂ superiores a 5% y disminuir el oxígeno, especialmente si la temperatura de almacenamiento es menor de 10°C, ya que si el oxígeno disminuye al 1%, provoca la aparición de sabor alcohólico en los frutos, así como una disminución en la calidad.

Brackett (1990), indicó que frutos de pimiento almacenados en películas plásticas individuales con (AM) de 5% O₂ + 10% CO₂ + 85% N₂ y a una temperatura de 7°C, se conservaron sanamente durante seis semanas, mientras que los pimientos empacados en cajas de cartón sin AM, se dañaron a partir de la tercera semana. Pimientos almacenados a una concentración de 10% de dióxido de carbono durante 6 días, retrazó la tasa de producción de etileno, el ablandamiento de la pared celular, la degradación de la clorofila y el desarrollo de color rojo (Wang, 1977). Este mismo autor mencionó que concentraciones de dióxido de carbono mayores consiguió un retraso mayor de la senescencia de los pimientos, pero se produjeron daños graves en los frutos, sobre todo la decoloración y muerte del cáliz de los frutos.

En la práctica comercial, Nuez y Gil (1997), mencionaron que las condiciones de almacenamiento en AC o AM, para los pimientos suelen ser: temperaturas entre 8 y 10°C, humedad relativa 90%, concentración de oxígeno entre 3 y 15% y una concentración de dióxido de carbono propia del aire de 0.03%. En pimientos de tipo chile picantes que presentan un comportamiento, más próximo a los frutos de tipo climatérico por su forma de respiración, se utilizan algunas veces AM o AC con una concentración de 10 a 15% de dióxido de carbono y temperaturas de 5 a 8 °C. Saltveit (1989), puntualizó una serie de requerimientos y recomendaciones para la utilización de atmósferas modificadas y controladas en pimiento dulce (morrón), donde mencionó que los frutos almacenados entre 8 y 12°C y manteniendo el oxígeno de 2 a 5%, con una concentración de carbónico anhídrido de 0%, se logró reducir la respiración, maduración, producción de etileno y el crecimiento superficial de mohos en los frutos. Por otra parte, sugirió no disminuir la concentración de oxígeno menor al 2% y no aumentar el carbónico anhídrido arriba del 5%, ya que los

frutos pueden sufrir alteraciones en el color del cáliz y aumento en el ablandamiento, así como llegar a producir malos olores en los frutos.

3.4.1. Fundamento biológico de las atmósferas modificadas (AM) y controladas (AC)

Herrero y Guardia (1992), mencionaron que la AM y AC son técnicas frigoríficas de conservación, en donde se modifica la composición gaseosa de la atmósfera en una cámara frigorífica, y se cambian las variables físicas del ambiente, tales como temperatura, humedad relativa y circulación del aire. Estas técnicas asociadas al frío, acentúan el efecto de la refrigeración sobre la actividad vital de los tejidos, y se evitan ciertos problemas fisiológicos y disminuyen las pérdidas por pudriciones. La acción de la atmósfera sobre la respiración del fruto es más importante que la acción de las temperaturas bajas. En resumen, las atmósferas retardan las reacciones bioquímicas y provocan una respiración más lenta, por lo que se retrasa la maduración.

Marcellin (1974), mencionó que al respirar el fruto, absorbe O_2 del medio ambiente, por lo que ocasiona la oxidación enzimática de sustancias de reserva, libera energía y produce anabólicos primarios; por otro lado, al mismo tiempo elimina CO_2 . El fruto al disponer de una menor concentración de O_2 para respirar y al encontrarse en un ambiente con una concentración elevada de CO_2 , se retarda el proceso de maduración.

Couey y Olsen (1975), mencionaron que las AM o AC alargan la curva de respiración del fruto; a su vez, el climatérico máximo se produce más tarde y con una intensidad respiratoria menor, por lo que se retarda la senescencia y se alarga la aparición de la madurez plena del fruto, y por consiguiente se prolonga el período de conservación.

3.5. Comportamiento postcosecha del pimiento morrón

Namesny (1999), mencionó que la perecibilidad de los pimientos es alta, debido principalmente a su tasa de transpiración alta, por lo que su vida postcosecha

difícilmente supera las cuatro semanas. Los factores principales que afectan la perecibilidad de los pimientos son:

- Pérdida de peso
- Deshidratación
- Daños por frío
- Enfermedades

3.5.1. Pérdidas de peso

La pérdida de peso es una consecuencia directa de la pérdida de agua. Durante la postcosecha ocurre una pérdida de peso que se acompaña por otros cambios como pérdida de firmeza, disminución del potencial de agua, de la pectina insoluble y un aumento en la pectina soluble en la pared celular (Lurie *et al.*, 1991). Todos estos cambios se disminuyen si se mantiene a los frutos en un ambiente saturado de humedad, con lo cual se evita que pierdan agua. La pérdida de peso y el ablandamiento de los frutos aumenta a medida que la humedad relativa de almacenamiento es menor; hecho que ocurre tanto en atmósferas normal como controladas (Powell, 1995).

3.5.2. Deshidratación

Las pérdidas de agua es uno de los problemas principales en la postcosecha de los pimientos, debido a su actividad traspiratoria alta. La pérdida de agua es favorecida por la gran superficie que tienen los frutos, y por la migración que ocurre a través del cáliz y pedúnculo. Su consecuencia, además de una reducción del peso, es el arrugamiento de la superficie y el ablandamiento de la carne. El límite aceptable de pérdida de peso a través de la deshidratación está entre 5 y 10% (Artes Calero y Escriche, 1998). Otma (1989), comprobó que las películas de plástico disminuyen fuertemente la pérdida de agua, mientras que el uso de atmósferas controladas disminuyen ligeramente las pudriciones. Por otra parte el polietileno de alta densidad, se comprobó que inhibe la pérdida de peso, retrasa el ablandamiento, así como la desintegración de las membranas (Ben-Yehoshua, 1987). El uso de forros plásticos y el encerado de los pimientos, en las cajas de almacenamiento ayudan a reducir las

pérdidas por deshidratación (Hartman, 1956). Rodov (1995), indicó que es necesario un ambiente húmedo para reducir la deshidratación. También mencionó que disminuyendo la humedad relativa en frutos empacados en polietileno de densidad baja, a través de agregados de un material higroscópico (NaCl) durante 2 o 3 semanas a 8°C, lograron reducir las pudriciones de los frutos.

3.5.3. Daños por frío

Los pimientos son muy sensibles a los daños por frío, por lo que sufren daños a partir de temperaturas inferiores a 7°C; cuanto menores son estas temperaturas, más rápidamente se producen los daños. Entre 0 y 2°C se manifiestan en unos pocos días, por lo que la temperatura recomendada en almacenamiento del pimiento es de 7.5 a 10°C. Sin embargo, los pimientos pueden ser almacenados a temperaturas de 5°C sin sufrir daños por frío, si el período de almacenamiento es interrumpido por periodos cortos de 18-24 horas a temperaturas sobre los 15°C (Cantwell, 1999). Los daños por frío consisten en la aparición de manchitas (moteado "pitting") en el pericarpio, así como un aumento a la susceptibilidad a los ataques de *Alternaria*, que afecta tanto al fruto como al cáliz. Temperaturas menores a 4°C, favorecen los ataques por *Botrytis* sp. A nivel interno se puede observar que las semillas de los frutos afectados por frío tienen un color pardo. También se pierde el sabor, aroma y color de los frutos (Lin y Saltveit, 1993). Cantwell (1999), mencionó que la temperatura es el factor más importante en los cambios de color (pigmentos) en los pimientos, por lo que si se desea mantener a los pimientos sin cambios de color, estos se deben almacenar a 7.5°C y humedades relativas de 90-95%. La sensibilidad a los daños por frío fue similar en pimientos envueltos individualmente en plásticos que en los conservados sin películas plásticas (Miller y Rissen, 1986). A nivel experimental se ha estudiado el uso de reguladores de crecimiento durante el cultivo, para disminuir la sensibilidad a los daños por frío durante el almacenamiento. Por lo que se cree que el mefluidide promueve la síntesis del ácido abscísico, cuyo efecto es aumentar la resistencia a varios tipos de estrés ambientales (Lurie, 1995). Lurie (1994), mencionó que la fluorometrina modulada por amplitud de pulso (PAM, pulse

amplitude modulated) demostró ser eficaz para determinar los daños por frío en pimiento verde, de manera no destructiva, antes que sean evidentes.

3.5.4. Enfermedades postcosecha del pimiento morrón

3.5.4.1. *Rhizopus* sp.

La pudrición por *Rhizopus* es usualmente un problema menor en postcosecha de los pimientos, porque las condiciones de las cámaras frías inhiben el desarrollo del patógeno. De cualquier forma, la enfermedad se ha presentado en pimientos en todos los mercados del mundo, y puede causar pérdidas bastante considerables durante el transporte de los frutos, es decir, de la producción en campo a los lugares donde se va almacenar.

3.5.4.1.1. Síntomas

El hongo forma pequeñas pudriciones húmedas, penetra por el pedúnculo, causa heridas en los frutos o en las paredes internas de los pimientos; una vez establecido el hongo, se expande rápidamente. Las lesiones en los tejidos son blandas, pero tienen alguna consistencia, debido principalmente a las ramificaciones ásperas del micelio en los tejidos infectados (Bartz, 2003). Las pudriciones producidas por *Rhizopus* sobre los frutos de pimiento tienen una sintomatología parecida a la producida por *Erwinia carotovora* o *Botrytis cinerea*; es decir, lesiones blandas alrededor de los puntos de infección, que generalmente son heridas en la epidermis (USDA, 1968). En condiciones de humedad, *Rhizopus* produce masas de moho de color grisáceo blanquecino, llegando a producir micelio, esporangioforos, esporangios y ocasionalmente zigosporas. Sobre el desarrollo de las lesiones en el fruto, se libera un líquido claro, el cual es producido a partir del tejido infectado por el hongo (Bartz, 1991).

3.5.4.1.2. Organismo causal

Rhizopus sp. esta ubicado en los hongos zygomycetes, su micelio carece de septas y produce esporangióforos largos aéreos, que en su punta forman esporangios esféricos pequeños en columela (Bartz, 2003) . Cuando la membrana de los

esporangios se rompe, liberan esporangiosporas, las cuales flotan o se depositan en alguna superficie. Cuando el micelio se desarrolla sobre una superficie, produce estolones, es decir hifas que se adaptan a la superficie, y producen tanto hifas en forma de raíz (rizoides) como esporangióforos aéreos que portan esporangios (Agrios, 1995).

3.5.4.1.3. Ciclo de la enfermedad y epidemiología

Este hongo se encuentra distribuido ampliamente en la naturaleza. Por lo común, vive como un organismo saprófito y en ocasiones como parásito débil de órganos almacenados de plantas. Se ha reportado que sobrevive en desechos vegetales, por más de 30 años. El contacto entre la fruta cosechada fresca y los contenedores contaminados, almacenes o líneas de empaque, son la fuente principal de inicio de la enfermedad. Las esporangiosporas se encuentran en el aire y germinan cuando se depositan en heridas de los frutos, una vez que el micelio ha crecido intracelularmente y ha desintegrado las células de los frutos, el hongo emerge a través de las heridas preexistentes del fruto o bien a través de desgarres posteriores de la epidermis, y se producen todos sus cuerpos fructíferos nuevamente. En muchos casos, el micelio que emerge de un fruto infectado o de una esporangiospora puede penetrar en cualquier fruto sano (Agrios, 1995). El inicio de una infección y la invasión de los tejidos por el hongo dependen considerablemente de la temperatura, humedad y etapa de maduración de esos tejidos. La temperatura óptima para el desarrollo óptimo de la enfermedad se ubica entre 24 y 27°C, mientras que por debajo de 10°C la enfermedad se desarrolla muy poco. Las esporangiosporas del patógeno pueden ser dispersadas por el viento o por las gotas de lluvia. Si el agua con la que se lavan los pimientos está contaminada, el patógeno puede entrar directamente en el interior de las paredes de los frutos e infectarlos (Bartz, 1991).

3.5.4.1.4. Control

Como las esporangiosporas de *Rhizopus* están presentes en todas partes, el control de la enfermedad se reduce a un manejo cuidadoso de los frutos para evitar heridas,

los órganos lesionados deben desecharse o empacarse y almacenarse lejos de los frutos sanos (Nuez, 1996). El equipo de almacenamiento debe limpiarse antes de ser utilizado. Los frutos de deben desinfectar con cloro a una concentración de 150 ppm a un pH de 6.0 – 7.5, posteriormente hay que secar la superficie de los frutos y refrigerarlos lo antes posible a una temperatura por abajo de los 10°C (Bartz, 2003). Llácer y López (2000), mencionarán que los fungicidas principales utilizados para la desinfección de cámaras para el control de *Rhizopus* sp. son, driel (Fumispore) y ortofenilfenol (Deccofenato-Tab); se aplican de 0.6 a 3 gr. de ingrediente activo, por metro cúbico durante 4 a 6 horas para el driel; mientras que para el ortofenilfenol se recomiendan poner de 2 a 4 tabletas por cada 100 metros cubicos. El Dicloran es el ingrediente activo altamente eficaz en el proceso de pre-recosecha. Eckert (1985), señaló que el Sodium o fenilfenate (SOPP), dicloran y Sec-butilamina son efectivos en la prevención de patógenos invasores de heridas *Penicillium* o *Rhizopus*. Tian (2002), mencionó que usando cloruro de sodio al 2% en combinación con los antagonistas *Candida oleophila* y *Pichia membranefaciens*, redujeron significativamente el diámetro de las lesiones causadas por el hongo *Rhizopus stolonifer* en *Prunus persica* en postcosecha.

3.5.4.2. *Alternaria* spp.

La pudrición interna y externa de los frutos de pimiento es causado por varias especies de *Alternaria*. Este hongo afecta todas las áreas productoras de frutos de pimiento en el mundo, tiene una predisposición por las heridas de los frutos, quemaduras de sol o pudrición apical. El agente causal es un patógeno aparentemente débil, que normalmente no se extiende en frutos cosechados, ya que mientras es atacado el fruto la planta ya ha sido infectada inicialmente en la semilla y la placenta (Wall, 1993).

3.5.4.2.1. Síntomas

Las lesiones en pimiento son manchas ligeramente hundidas, pequeñas y circulares, las cuales pueden desarrollarse en cualquier parte de la superficie del fruto, pero frecuentemente inicia en grietas o heridas de los frutos. Las manchas formadas

recientemente son similares en color al tejido sano adyacente, excepto por las tonalidades grisáceas de la lesión, por lo que estas se agrandan rápidamente, dañan y maduran el tejido; en algunas ocasiones las manchas se pueden desarrollar en ausencia de heridas visibles. Las manchas eventualmente llegan a ser cubiertas por un moho que van de color gris a negro, por lo que se presentan una abundante producción de conidios en la lesión que le da una apariencia polvosa, el tejido alrededor del moho se torna de un color que va de verde a negro. Cuando los frutos se encuentran empacados, el daño puede iniciar por el pedúnculo o cáliz, y producir la masa de conidios. En frutos maduros el moho se pudo haber desarrollado por la entrada del hongo en la cicatriz de la floración, por lo que las semillas y la placenta ya están cubiertas por el hongo (Bartz, 2003).

3.5.4.2.2. Organismo causal

La causa de la pudrición en los pimientos no es completamente clara, ya que pueden aparecer uno o mas conidios de *Alternaria* spp. El nombre es comúnmente aplicado a el hongo encontrado en pimientos, tomates y otros vegetales. El hongo es un patógeno aparentemente débil que causa lesiones en un rango amplio de frutas cosechadas y vegetales. Existe en la naturaleza como un hongo saprofita, y es uno de los primeros colonizadores de plantas moribundas y débiles. Los conidios de *Alternaria* son de color negro pigmentados a olivo oscuro. Su forma puede ser ovoide diluida, obpiriforme o raramente elipsoidal. Cada espora tiene visiblemente un poro basal. La forma elipsoidal de los conidios tiene un pico o célula apical que es más pequeño que el resto del conidio. Este puede ser muriforme con septas transversales y longitudinales, estos usualmente forman cadenas. Los conidios se pueden desprender con facilidad y ser diseminados por las corrientes de aire (Simmons, 1993).

3.5.4.2.3. Ciclo de la enfermedad y epidemiología

El inoculo primario son los conidios que se encuentran en el aire, y frecuentemente pueden provenir de los residuos de cosecha. La infección inicial puede empezar en el estigma de las flores. En frutos, es frecuente que penetre por heridas, tejidos

dañados, pedúnculo y cáliz. Los frutos verdes normalmente no son atacados, a menos que hayan estado debilitados por el frío, deficiencias de calcio o temperaturas altas. En los almacenes se ha reportado, seguido de periodos largos de almacenamiento, temperaturas moderadas, frutos con heridas severas y tejidos dañados. La enfermedad progresa más rápidamente a temperaturas de 24 - 28°C. Bajo condiciones de refrigeración, la enfermedad se desarrolla lentamente a una temperatura de 0°C, por lo que la pudrición no se desarrolla, pero una vez que se aumenta la temperatura a 18°C se desarrolla rápidamente. La pudrición causada por *Alternaria* no se extiende rápidamente en frutos almacenados, por lo que los conidios se pueden dispersar y provocar la segunda infección (Bartz, 2003).

3.5.4.2.4. Control

Con respecto a la pudrición interna, se recomienda el uso de variedades sin orificio estilar. En este sentido, las variedades con pico son las mejores. Cuando las condiciones climáticas sean favorables a la esporulación, se deben dar tratamientos preventivos a la floración. Entre los fungicidas que se pueden utilizar son: clorotalonil, maneb, mancozeb y festín. Cuando se sospeche que la semilla puede provenir de frutos infectados, es necesaria su desinfección con un producto específicos (Nuez y Gil, 1996). En postcosecha, es recomendable una manipulación cuidadosa de los frutos para evitar dañarlos, posteriormente se deben limpiar, empacar y almacenar rápidamente a una temperatura de 7.5 - 10°C. El lavado, encerado y toda la línea de empaque deben ser limpiados periódicamente y desinfectados. Los frutos pueden ser envueltos en películas plásticas para prevenir la entrada del hongo por el pedúnculo o el cáliz. Otra manera de prevenir la pudrición es lavar los frutos en agua a una temperatura de 55°C por 12 segundos (Bartz, 2003). Llácer y López (2000), mencionaron que el fungicida principal utilizado para la desinfección de cámaras, para el control de *Alternaria* es el imazalil (Deccozil-Tab), aplicando de 1 a 3 tabletas por cada 100 metros cúbicos. Los ingredientes activos utilizados en el proceso de pre-cosecha son: el etaconazol, imazalil, iprodiona, procloraz y propiconazol. Según Zauberman *et al.*, (1975), en las enfermedades postcosecha más importantes de los frutos de aguacate; inducidas por *Colletotrichum*, *Dothiorella*, *Lasiodiplodia* y

Alternaria, se pueden controlar con la aplicación de fungicidas en campo, tales como: cobres, benomil, captafol y triadimefon; mientras que en postcosecha, el procloraz dio un control excelente. Por otro lado los fungicidas carbendazin y etaconazol fueron eficientes en el control postcosecha de todos los patógenos anteriores, excepto *Colletotrichum*. Acosta-R et al. (2002), mencionó que las enfermedades postcosecha del papayo causadas por *Colletotrichum gloeosporoides*, *Phytophthora palmivora*, *Rhizopus stolonifer*, *Mycosphaerella*, *Phomopsis*, *Alternaria*, *Stemphylium*, *Fusarium* y *Guignardia*, fueron controladas eficazmente con aplicaciones de los fungicidas tiabendazol, benomil, imazalil y azoxystrobin. Reuveni (2002), inoculó frutos maduros de manzano, con una suspensión conidial de una mezcla de *Alternaria alternata*, y los trató con los fungicidas trifloxystrobin, azoxystrobin y polyoxin B, a dosis de 0.08 mg.mL⁻¹ y 8 µ.mL⁻¹, encontró que los tratamientos mejores fueron las estrobilurinas; el trifloxystrobin fue el fungicida más efectivo para el control de *A. alternata*. Mientras que para inhibir el desarrollo conidial y el crecimiento del micelio, los mejores tratamientos fueron el polyoxin B y el trifloxystrobin. Felix (2002), mencionó que *A. alternata*, es el hongo que induce la enfermedad principal de las frutas maduras de tomate para la industria en Sinaloa, México, por lo que realizó estudios de la enfermedad *In vitro*, y encontró que el fungicida azoxystrobin a dosis de 7 y 10 ppm inhibió en un 98 y 99% la germinación de los conidios de *A. alternata*, pero no redujo el desarrollo micelial del mismo. Solen (1997), menciona que los fungicidas mejores para el control de *A. alternata* PV. *Citri*, en cítricos (*Citrus reticulada* y *C. paradisi*), fueron el procloraz, iprodione y metiram.

3.5.4.3. *Colletotrichum* sp.

Varias especies de *colletotrichum* han sido señaladas como causantes de la antracnosis. Dicho genero pertenece a los Deuteromicetes u hongos imperfectos, siendo *Glomerella* el genero que corresponde a su fase perfecta (Alexander, 2003). Las pérdidas por antracnosis pueden ser severas si el clima es favorable para el desarrollo de la enfermedad, ataca a un gran numero de vegetales en todo el mundo. Esta enfermedad se puede producir tanto en campo como en almacén (Agrios, 1995).

3.5.4.3.1. Síntomas

Los frutos de pimiento usualmente son atacados durante el período de maduración, pero pueden ser atacados en cualquier etapa de su desarrollo. Posterior a la etapa de infección también puede atacar hojas y tallo. En las primeras etapas de infección los síntomas aparecen como manchas pequeñas aguanosas oscuras, hundidas y de forma circular, las cuales aparecen a pocos días de la infección. Las lesiones pueden alcanzar un diámetro de 30 mm o más, pudiendo dañar todo el fruto. En el centro de la lesión presenta anillos concéntricos, los cuales son de un color naranja oscuro a negro, dependiendo de la edad de la lesión y especie de *Colletotrichum* que causa la enfermedad. Los acervulos contienen masas de conidios de color salmón, que frecuentemente llegan a ser visibles. Las lesiones pueden aparecer en tallos y dejar manchas irregulares de color gris oscuro, con los márgenes más oscuros. Las manchas pueden pasar desapercibidas, por lo que pueden servir como segunda fuente de inóculo (Alexander, 2003).

3.5.4.3.2. Organismo causal

La antracnosis del pimiento es provocada por varias especies del género *Colletotrichum*, incluyendo *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. In Penz. (teleomorfo *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spauld. & H. Schrenk), *C. capsici* (Syd.) E. J. Butler & Bisby, *C. coccodes* (Wallr.) S. J. Hughes, y posiblemente otros géneros. La taxonomía de *Colletotrichum* está en un constante estado de cambio, por lo que es complicada, debido al rango amplio de variabilidad fenotípica en estas especies y por el número amplio de hospedantes de *C. Gloeosporioides*; más de una especie o biotipos de *Colletotrichum* pueden estar asociados con un solo hospedante. *C. gloeosporioides* forma conidios hialinos unicelulares, los cuales son cilíndricos con terminaciones obtusas y mide de 2.7-5.0 X 11.1-18.5 µm. En algunas ocasiones produce setas. Los conidios se forman en cuerpos fructíficos llamados acervulos, los cuales están debajo de la epidermis y brotan a través de los tejidos vegetales (Freeman, 1998).

3.5.4.3.3. Ciclo de la enfermedad y epidemiología

Cuando los órganos de fructificación se encuentran húmedos liberan conidios, que son transportados por salpicaduras de agua o por contacto. Los conidios germinan en presencia de humedades relativas altas, por lo que es una enfermedad típica de ambientes húmedos. La antracnosis de los frutos de pimiento se puede producir tanto en el campo como en la fase de comercialización (Hadden y Black, 1989). El hongo inverna en restos de plantas infectadas, así como en semillas. El hongo produce infecciones leves del follaje y tallos jóvenes que pueden pasar inadvertidas, pero que le permiten al hongo sobrevivir y reproducirse hasta que el fruto empieza a madurar y se hace susceptible a la infección. Las temperaturas altas y humedad relativa elevada o tiempo húmedo que prevalecen cuando ocurre la maduración de los frutos, favorecen la infección y propagación del hongo, frecuentemente conducen a epidemias destructivas (Agrios, 1995). Los frutos inmaduros suelen infectarse con temperaturas óptimas de 20 - 24°C, y no muestran la enfermedad hasta su estado de madurez o en la fase comercial de postcosecha. En ocasiones las infecciones por *Colletotrichum* pueden ocurrir a temperaturas de 10 a 30°C (Alexander, 2003).

3.5.4.3.4. Control

Utilizar semilla libre del patógeno y rotación de cultivos son las estrategias de manejo más efectivas. La semilla puede ser desinfectada durante 30 minutos a una temperatura de 52 °C. Se debe dejar 3 años sin sembrar pimiento, en campos infectados, así como evitar establecer plantaciones cerca de cultivos pertenecientes a la familia Solanaceae. Otra estrategia de manejo de la enfermedad es realizar barbechos profundos, eliminar todos los residuos de cosecha y utilizar variedades resistentes (Pernezny, 2003). Los fungicidas registrados son viables y pueden proveer control contra la antracnosis cuando las condiciones ambientales sean menos óptimas para el desarrollo de la enfermedad o cuando el nivel de inóculo sea bajo (Alexander, 2003). El uso de fungicidas tales como el benomyl, maneb, zineb, clorotalonil, captafol y folpet, pueden reducir las pérdidas ocasionadas por esta enfermedad (Nuez y Gil, 1996). Según Gutierrez (2001), la inmersión en etanol al 6% redujo la severidad a 3 y 7% de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en

mango, así mismo, la aplicación de azoxystrobin y trifloxystrobin tuvieron una efectividad de 90 y 95% en el control de la antracnosis. Muirhead (1981), evaluó soluciones de etaconazol, procloraz, carbendazin e imazalil, en enfermedades postcosecha de papaya, y solo el procloraz dio un control excelente de la antracnosis (*Colletotrichum* sp.). El fungicida tryfloxystrobin en dosis de 200, 500 y 1000 ppm mostró una efectividad de 92.8, 98.6 y 98.6% respectivamente, en el control de *Colletotrichum gloeosporioides* en papaya; el Kresoxim-metil en 88.4% y el azoxystrobin en 85.5%, ocho días después del tratamiento con frutos inoculados (Acosta *et al*; 2002). De los Santos (2002), probó varios fungicidas en contra de *Colletotrichum* spp. en el cultivo de la fresa y señaló que el procloraz a 2 ppm resultó el más efectivo, ya que redujo el desarrollo del micelio y los daños en los frutos de fresa.

3.5.4.4. *Phytophthora capsici*

Descrita por Leonina (1922) en Nuevo México, atacando pimienta (*Capsicum* sp.). En Argentina se encontró en 1942 sobre berenjena, calabaza y pepino. En Estados Unidos, se han registrado epidemias severas en áreas de North Carolina, Florida, Georgia, Michigan, New Mexico y New Jersey, pero la enfermedad puede ocurrir en casi cualquier parte donde se cultive chile (Ristaino, 2003). En México, se encontró en 1956 (Galindo, A.), en chile y después en calabaza y finalmente en pepino, jitomate y fresa. Este patógeno ocasiona daños hasta de 80% en las zonas productoras de chile: El Bajío, Aguascalientes y San Luis Potosí. También afecta las cucurbitáceas (calabaza, pepino, sandía, melón), al tomate y a la berenjena. En México se indica que aproximadamente el 40% de las plantas de chile mueren por esta enfermedad (Romero, 1988 y Redondo, 1988).

3.5.4.4.1. Síntomas

Los síntomas característicos inician con una marchitez muy leve de la planta y después de 3 a 4 días, se marchita completamente, observándose en el cuello un necrosamiento muy marcado y al efectuarse un corte se nota una coloración café oscura. Las plantas enfermas muestran una banda parda oscura que ciñe el cuello

de la raíz, debido a lo cual se marchitan y mueren. En las hojas y las ramas también se presentan lesiones como tizón. En los frutos se forman manchas acuosas cubiertas por el micelio del hongo. Los frutos afectados terminan adheridos a la planta. La semilla de estos frutos también es afectada y frecuentemente al abrir los frutos, se observa el desarrollo del micelio de color blanco que cubre las semillas podridas (Mendoza, 1996).

También se han señalados ataques sobre frutos en postcosecha. El origen de estos ataques suelen ser infecciones no percibidas en los frutos al momento del empaque. Normalmente el uso de transporte con refrigeración retrasa el desarrollo de la enfermedad. Los primeros síntomas sobre la superficie externa del pericarpio, son manchas pequeñas, acuosas que se agrandan con el tiempo. Sobre ellas se puede desarrollar un moho algodonoso blanco. Este moho también puede producirse exclusivamente en la parte interna del fruto (Allagui, 1994). En plántula, puede causar *damping-off* y después pudrición del tallo. El mayor daño lo ocasiona cuando afecta las raíces y tallo, lo cual ocurre en la época de floración, donde la planta se marchita y seca rápidamente (Mendoza, 1996).

3.5.4.4.2. Organismo causal

La marchites del chile es causado por el Oomycete *Phytophthora capsici* Leonina. Las especies de *Phytophthora* están más próximas con algas no fotosintéticas que a hongos verdaderos, por lo que han sido colocados en el reino Chromista y el phylum Bigyra (Ristaino, 2003). *P. capsici* puede ser identificado por dos métodos, morfológico y molecular. Puede ser aislado en un medio semiselectivo a partir de tejido infectado, suelo y plantas infectadas. La reacción encadena de la polimerasa (PCR), ha sido utilizada con los primers PCAP y ITS 1 en ensayos, para la amplificación de fragmentos de ADN de aproximadamente 172 pares de bases en aislamientos de *P. capsici* de un rango amplio de hospedantes (Ristaino, 2003). *P. capsici* es una especie heterotalica, forma esporangios con ramificación irregular, esporangios de forma variable: elípticos, globosos, alimonados con una o dos papilas bien desarrolladas; oogonios esféricos, terminales; anteridios claviformes, terminales,

anfiginos; oosporas lisas, apteróticas. Los esporangios producen zoosporas a 12°C o germinar directamente a temperaturas mayores de 18°C (Romero, 1988).

3.5.4.4.3. Ciclo de la enfermedad y epidemiología

Las oosporas son la única fuente de inóculo primario. El hongo sobrevive en el suelo por medio de clamidosporas por más de dos años en ausencia del hospedante. El micelio es una fuente importante de inóculo secundario. Las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de la enfermedad son: humedad relativa alta del suelo y temperaturas frescas (Mendoza, 1996). El hongo, vive en forma saprofita sobre los restos descompuestos, con los riegos sucesivos, produce esporangios y zoosporas que distribuidas por el agua van difundiendo la enfermedad. Dada la exigencia de agua para el transporte de las zoosporas hasta la planta, podemos afirmar que los ataques de cuello se producen particularmente en parcelas excesivamente regadas o mal drenadas. Los ataques aéreos suelen estar asociados con riego por aspersión o las condiciones típicas de tormentas de verano, ya que este patógeno presenta su desarrollo óptimo con temperaturas de 26 a 32°C (Nuez y Gil, 1996). El patógeno sobrevive de una estación a otra en los residuos de cosecha, los esporangios se forman en la base del tallo, los cuales liberan zoosporas que son acarreadas por el agua a otras plantas, el inóculo queda en los residuos de cosecha, como oosporas en las semillas atacadas o en suelo como micelio u oosporas, que al ciclo siguiente germinan e infectan de nuevo (Mendoza, 1996).

3.5.4.4.4. Control

El manejo de *P. capsici* se puede realizar haciendo prácticas culturales, rotación de cultivos y el uso selectivo de fungicidas. La rotación de cultivos se debe hacer por más de tres años, nivelación del terreno y formación de las camas de plantación altas y con pendiente para evitar el exceso de humedad, además de dar riegos ligeros y frecuentes, ya que con el exceso de riegos se puede incrementar la enfermedad severamente. La dispersión del inóculo por el salpique del agua, se puede aminorar utilizando compostas de paja o rastrojo en las camas de plantación. La solarización del suelo y las enmiendas orgánicas del suelo, pueden reducir los niveles de inóculo

en el suelo y subsecuentes enfermedades (Ristaino, 1999). *P. capsici* puede ser controlada químicamente con fungicidas derivados de las fenilamidas como el metalaxyl y mefenoxam, los cuales se pueden aplicar solos o combinados con fungicidas a base de cobre, con lo que ayudaría a proteger a la planta en su área foliar contra el ataque de la enfermedad (Ristaino, 2003). Se puede dar tratamiento a la semilla con metalaxyl (Apron), y aplicaciones al suelo con Ridomil 5% o con Ridomil 2E; las aplicaciones dirigidas al cuello de la planta se pueden realizar con Aliette, Ricoil o Curzate (Mendoza, 1996). El metalaxyl es eficaz en erradicar infecciones de *Phytophthora*, pero no tiene influencia en el desarrollo de otras enfermedades postcosecha (Cohen, 1981). Pérez (2003), probó los fungicidas TCMTB (2 tiocianometil), Azoxystrobin, Metalaxyl y Propamocarb en aislamientos de *P. capsici*; y encontro que los fungicidas TCMTB (2 tiocianometil) y Metalaxyl presentaron el control mejor de la enfermedad, mientras que el Azoxystrobin tubo un control bueno. Por otra parte, el Propamocarb controló a *P. capsici* a diferentes intensidades.

3.6. Fungicidas que controlan enfermedades postcosecha

3.6.1. Azoxystrobin

Nombre Químico: Methyl (E)-2(2-(6-(2-cyanophenoxy) pyrimidin-4-yloxy)phenyl)-3-methoxyacrilate).

Usos: Es un fungicida que actúa de forma preventiva y curativa.

Solubilidad en agua: 10 mg. L⁻¹ a 25°C.

LD50 oral: 5.000 mg.kg⁻¹ (Zeneca, 1996).

3.6.1.1. Características

El Azoxystrobin se degrada rápidamente bajo condiciones agrícolas de campo con un período en el suelo de menos de dos semanas. El compuesto es permanente y no lixivia, pero es muy susceptible a la fotólisis. La fotólisis elimina la mayoría de la pérdida inicial del compuesto, el resto es degradado microbianamente, la movilidad predicha del azoxystrobin en suelo es relativamente baja (Zeneca, 1996).

El ingrediente activo del azoxystrobin es un compuesto del methoxyacrylate usado como fungicida sistémico preventivo y curativo. Las formulaciones vienen como un gránulo mojabable. Producto de la investigación Zeneca Agro, es un fungicida que pertenece a la nueva familia química de las estrobilurinas, compuestos naturales producidos por hongos, *Oudemansiella mucida* y *Strobilurus tenacellus*, que crecen en la madera en descomposición. Es muy eficaz contra numerosos hongos patógenos de la vid: mildiu (*Plasmopara viticola*), oídio (*Uncinula necator*), excortis (*Phomopsis viticola*), pudrición gris (*Botrytis cinerea*), yesca (*Stereum hirsutum*), 'black-rot' (*Guignardia bidwellii*). Además controla hongos como: *Leptosphaeria* sp., *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria* spp., *Pythium* spp., *Rhizoctonia* sp., *Typhulae* spp. etc. (Terralia, 1998 y Zeneca, 1996).

3.6.1.2. Mecanismo de acción

Cuando se aplica vía foliar se difunde en las hojas tratadas y alcanza los tejidos vasculares. Se distribuye homogéneamente por todos los tejidos sin acumularse en los bordes de las hojas. Una parte del producto queda en la superficie tratada; esta porción actúa en forma de vapor previniendo infecciones nuevas (efecto preventivo). Es un inhibidor fuerte de la germinación de esporas, impide el crecimiento micelial y muestra una notable actividad antiesporulante; interfiere en la respiración mitocondrial y bloquea la transferencia de electrones entre los citocromos b y c1 lo que dificulta o impide, la aparición de resistencias cruzadas con otras familias de fungicidas. Se caracteriza por su absorción equilibrada, su movimiento gradual y su distribución (Terralia, 1998).

3.6.1. Trifloxystrobin

Clase: Oximinoacetato

Formulación y concentración: Granulos dispersables 50% (500 g.Kg⁻¹ de i.a.)

Categoría toxicológica: Ligeramente toxico

Modo de acción: Inhibe la respiración mitocondrial en el hongo, al bloquear la transferencia de electrones en la cadena respiratoria.

Espectro de acción: Cenicillas, Manchas foliares y Mildiús.

3.6.1.1. Características

Su actividad principal es contra: Cenicillas en Cucurbitáceas (preventivo y erradicativo), es un producto preventivo con efecto curativo de algunas enfermedades como roña en Manzano (*Venturia inaequalis*). Tiene efecto mesostémico que consiste en la absorción en la capa cerosa actuando como protectante de la cutícula. Por lo que se distribuye en la hoja; presenta un amplio espectro contra Ascomycetes, Deuteromycetes, Basidiomycetes y Oomycetes con controles buenos a excelentes (Bayer, 2003).

3.6.1.2. Mecanismo de acción

Es un fungicida agrícola perteneciente a la clase de los oximinoacetatos y al grupo de las estrobilurinas, con acción mesostémica que controla muchas enfermedades, combinando: actividad residual sobre la superficie de la planta y capacidad de penetrar a los tejidos en cantidades pequeñas pero biológicamente activas. Se formula como gránulos dispersables (GS) con 50% g. Kg⁻¹ de i.a. Su ingrediente activo es el tryfloxistrobin. No es un producto sistémico. Su poder de fijación a las superficies vegetales y sus propiedades únicas de redistribución, contribuyen a un nivel alto de protección residual de las plantaciones, en comparación con los protectantes. Tiene actividad preventiva excelente contra las enfermedades. En suma, su actividad sobresaliente y poder posinfección le confieren un control superior de las enfermedades. Es particularmente activo contra las cenicillas, lo que lo hace un producto muy valioso en cucurbitáceas, manzano, rosál y vid. Se encuentra registrado y cuenta con tolerancias EPA en diversos cultivos agrícolas y frutales (cero días a la cosecha en cucurbitáceas). El producto resiste el lavado por la lluvia, dos horas después de la aplicación (Bayer, 2003).

3.6.3. Prochloraz

Fungicida reportado por primera vez por R. J. Birchmore, y patentado por (AgrEvo GmbH). El Prochloraz pertenece al grupo químico de los imidazoles y que esta formulado como concentrado emulsificable (Sportak). Posee un amplio espectro de acción contra una gran variedad de hongos patógenos que atacan a diversos

cultivos, donde destaca su gran actividad en el control de hongos del suelo como el *Fusarium* spp. y en productos almacenados que son atacados por *Colletotrichum* spp. Es utilizado y aceptado ampliamente para el tratamiento post-cosecha de frutos que se exportan para los países Europeos y Japón (BCPC, 1995).

3.6.3.1. Características

Ofrece efecto preventivo y curativo sobre un amplio espectro de hongos patógenos que causan enfermedades en una gran variedad de cultivos. En aspersiones foliares, muestra un fuerte movimiento translaminar en las hojas sin ser sistémico. Su acción protectora y erradicante se mantiene por largo tiempo, dependiendo del estado de crecimiento de la planta o del nivel de presión de la enfermedad. Trabaja protegiendo y erradicando enfermedades que atacan bulbos, tubérculos, tallos y hojas de plantas ornamentales. Sobre todo es de gran beneficio cuando se presentan complejos de enfermedades simultáneamente (BCPC, 1995).

3.6.3.2. Mecanismo de acción

Es un fungicida de contacto con actividad preventiva-curativa. Controla un espectro amplio de hongos fitopatógenos de las clases Deuteromycetes y Ascomycetes que causan daño en cultivos diversos. Pertenecer al grupo químico de los imidazoles y actúa inhibiendo la demetilación durante la síntesis del ergosterol en las células del micelio, interrumpiendo la formación estructural de las membranas celulares. En el caso de cenicillas, limita el desarrollo del austorio, actuando en forma curativa-erradicativa (BCPC, 1995).

3.6.3.3. Hongos fitopatógenos que controla

Presenta una amplia actividad fungicida. Esto se ha demostrado con estudios de eficacia tanto en invernaderos como en campo en los hongos fitopatógenos siguientes: *Alternaria* spp., *Erysiphe* spp., *Helminthosporium* spp., *Pyrenophora* spp., *Fusarium* spp., *Septoria* spp., *Sclerotinia* spp., *Cladosporium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Ascochyta* spp., *Colletotrichum* spp., *Cylindrosporium* spp., *Monilia* spp.,

Sphaerotheca spp., *Peronospora* spp., *Cercospora* spp., *Phoma* spp., *Rhynchosporium* spp. (BCPC, 1995).

3.6.3.4. Tratamientos postcosecha

Está registrado en diferentes países para el control de enfermedades postcosecha de aguacate, cítricos, mango y papaya. Para productores que exportan estas frutas, el puede ser usado para tratamiento postcosecha ya que cuenta con tolerancias Codex que son aceptadas en diferentes países incluyendo los Europeos y Japón, sin embargo se deberá considerar que los límites máximos de residuos no están establecidos para todos los países y se deberá confirmar la aceptación de tolerancias en cada caso. Aplicado por sistemas de inmersión a dosis de 25-75 g.i.a.1000L⁻¹ de agua o sistemas de aspersión a dosis de 100 a 300 g.i.a.1000L⁻¹ de agua, han mostrado un control bueno sobre las siguientes patógenos, presentes en los cultivos de: Aguacate (*Botryodiplodia theobromae*, *Dothiorella aromatica*, *Glomerella cingulata*, *Stilbella cinnabarina*); Cítricos (*Alternaria* spp., *Botrytis cinera*, *Glomerella cingulata*, *Penicillium* spp.); Mango (*Dothiorell* sp., *Glomerella cingulata*) y Papaya en (*Glomerella cingulata*) (BCPC, 1995).

4. LITERATURA CITADA

- Adkins, S. 2003. Compendium of pepper disease. American Phytopathological Society. pp. 40-41.
- Acosta R; M. 1997. Calidad de tres cultivares de papaya (*Carica papaya* L.) Cera, Maradol y Sunet, y la susceptibilidad a la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) en postcosecha. Tesis de Licenciatura del Departamento de Agroindustrias, UACH. Chapingo, México. pp. 49-75.
- Acosta R; M; D. Nieto A. 2002a. Enfermedades postcosecha de frutos de papaya. Memorias del XXVIII Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. Acapulco, Guerrero, México. pp. 105-109.
- Acosta R; M; D. Nieto A. 2002b. Control químico de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) en frutos de papaya cv. Maradol. En: Memorias del Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Monterrey, Nvo. León, México. F27.
- Acosta R; M; D. Nieto A. 2002. Comportamiento de la Pulpa Negra y su Efecto en la Calidad de Frutos de Mango (*Mangifera indica* L) cv. Haden a Diferentes Temperaturas Postcosecha. Revista Mexicana de Fitopatología. 20: 31-39.
- Agrios, G. N. 1995. Fitopatología. Editorial Limusa. México. pp. 332-581.
- Alexander, S.A. 2003. Compendium of pepper disease. American Phytopathological Society. pp. 9-10.
- Almela, L. 1991. Carotenoid Composition of New Cultivars of Red Peppers for Paprika. J. Agric. Food Chem. 39(9):1606-1609.
- Allagui, M. B. 1994. Pepper growing in Tunisia: Present and future. Capsicum & Eggplant Newsletter 13: 27-30.
- Anandaswamy, B. 1959. Prepackaging studies on fresh produce: *Capsicum grossum* Sendt. (sweet peppers). Jour. Sci. And indus. Res. 18A(6):274-278.
- A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis. 14th ed. Association of Official Analytical Chemist. Arlington, Virginia, USA. 1200p.
- Artes Calero, F; S. Escriche .1998. Quality and shelf life of tomatoes improved by intermitent warming. Lebens. Wiss. Technol. 31.

- Arzate L; I. 2002. Virulencia y control de (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.), en frutos de papaya cv. Maradol. Tesis de Licenciatura en Agroindustrias. Facultad de Agronomía, UAEM, México. pp. 20-21.
- Bangerth, F. 1974. Hypobaric storage of vegetables. Acta Hort. 38: 23-32. Citado por Loughheed *et al* .1978.
- Bartz, J. A. 1991. Rhizopus rot. Page 46 in: Compendium of Tomato Diseases. American Phytopathological Society. pp. 46-47.
- Bartz, J. A. 2003. Compendium of pepper disease. American Phytopathological Society. pp. 42-45.
- Bayer.2003. Trifloxystrobin (en línea). Disponible en <http://www.Bayercropscience.com.mx>. (Revisado el 17 de octubre de 2003).
- BCPC. 1995. Crop Protection Publications. British Crop Protection Council. p.436.
- Bello R; A. 2002. Patogenicidad y control de aislamientos de la antracnosis y pudrición del pedicelo en frutos de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en postcosecha. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola, UACH. Chapingo, México. pp. 40-45.
- Ben-Yehoshua, S. 1985. Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film. A new postharvest technique. HortScience. 20(1): 32-37.
- Ben-Yehoshua, S.; B. Lurie; L. Shapiro; W. Risse. 1987. Relative importance of ethylene and water stress in the postharvest behavior of climacteric tomato and nonclimacteric lemon and bell peppers fruit. Institute for Technology and Storage of Agricultural Products, The Volcani Center, Bet Dagan. Special Publication # 239: 145 (abstract).
- Ben- Yehoshua, S; B. Shapiro; Z. Even-Chen; S. Lurie. 1983. Mode of action of plastic film in extending life of lemon and bell peppers fruits by alleviation of water stress. Plant Physiol. 73: 87-93.
- Brackett, R.E. 1990. Influence of modified atmosphere packaging on the microflora and quality of fresh bell peppers. J. Of Food Protection 53(3): 255-257.
- Cano L; C. Fuster. 1993. Actividades enzimáticas de peroxidasa y polifenoloxidasas en frutos de papaya, cambios durante la maduración y procesado.

- Congelación de productos vegetales. Instituto del frío. Madrid, España. pp. 696-701.
- Cantwell, M. 1999. Optimum procedures for ripening peppers. UC Davis. Postharvest Technology Research and information center. Perishables Handling Quarterly # 87 aug 1996, March 1999. pp. 26-27.
- Cohen, E. 1981. Metalaxyl for postharvest control of brown rot of citrus fruit. Plant Dis. 65: 672-75.
- Couey, H. M; K. L. Olsen. 1975. Storage response of Golden Delicious apples after high-carbon dioxide treatment. Jour. Amer. Soc. Hort. Sci. 100: 148-150.
- Costa J; C. 1979. Variedades de pimiento para cultivo bajo invernadero plástico en la comarca del campo de Cartagena.H.T.INIA.25.
- Costa J; C. 1978. Variedades de pimiento para cultivo en invernadero Plástico. INIA. Ministro de agricultura. H.T.25.Madrid. Citado por Maroto (1989).
- Cuquerella, J. 1987. Impact of postharvest handling procedures on storage life of Lamuyo peppers. XVII th International Congress of Refrigeration. Viena.
- De los Santos, G; B. F, Romero. 2002. Effect of different fungicides in the control of *Colletotrichum acutatum*, causal agent of anthracnose crown rot in strawberry plants. Crop Protection 21:11-15.
- Eckert, J. W; G. E. Brown. 1985. Decay control. In Fresh Citrus fruits, ed. W. F. Wardowski, S. Nagy, W. Grierson. Westport. CT: Avi Publ. Co. In press.
- Escriche, A.; F. Artés. 1983. Maduración acelerada de pimiento Lamuyo después de recolectado. Influencia del etileno y del estado fisiológico. Comunicaciones al I Congreso Nacional de la Sociedad Española de ciencias Hortícolas (2): 1039-1048.
- FAO. 2002. Faostat Agriculture Data (En línea). Disponible en <http://www.faostat.fao.org/aboda.htmx>. (Revisado el día 14 de octubre de 2003)
- Felix G; R. 2002. Control del moho negro, *Alternaria alternata* en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), considerando unidades calor y variables ambientales para la aplicación de Azoxystrobin. Revista Mexicana de Fitopatología 20: 72-76.

- Freeman, S. 1998. Characterization of *Colletotrichum* species responsible for anthracnose diseases of various fruits. Plant Dis. 82: 596-606.
- Giambanco De Ena H. 1996. Recolección y manipulación de pimientos (81-84). Ediciones de Horticultura, Reus. 167 pp.
- Gorini, F. L.; L. Uncini. 1981. Influenza del confezionamento sulla qualita dei peperoni piccanti. Actas Instituto Sperimentale per la Valorizzazione Tecnologica dei Prodotti Agricoli, Vol. IV: 127-131. Citado por Namesny, 1999.
- Gutierrez A; J. 2001. Manejo integrado de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) del mango en postcosecha. Tesis Doctoral en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. p. 104.
- Hadden, J. F., L. L. Black. 1989. Anthracnose of peppers caused by *Colletotrichum* spp. En: Green, S. K. (ed). Tomato and peppers production in de tropics. AVRDC: 189-199.
- Hartman, J. D. 1956. Waxing vegetables. N. Y. State Col. Agr. Cornell Ext. Bull. 965, 14 p.
- Herrero A.; J. Guardia. 1992. Conservación de frutos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 161-217.
- Huffman, V.L; E. R. Schadle. 1978. Volatile Components and pungency in fresh and processed jalapeño peppers. J. Food. Sci. 43: 1809-1811.
- Hulme, A.C. 1983. The Biochemistry of fruits and their products. Vol.2. Academic Press, London.
- InfoAgro. 2003. (En línea). Disponible en <http://www.infoAgro.com>. (Revisado el 15 de octubre de 2003).
- Jamieson, W. 1980. Use of hypobaric conditions for refrigerated storage of metas, fruits, and vegetables. Food Technology, marzo: 64-71.
- Janse, J. 1985. Quality research with sweet pepper. Annual Report. Glasshouse Crops Research Station. Naaldwijk. The Netherlands.
- Janse, J. 1991. Quality research with sweet pepper. Annual Report. Glasshouse Crops Research Station. Naaldwijk. The Netherlands.
- Knave, D. E. 1973. Ethephon and CPTA on color development in bell peppers fruits. HortScience 8: 403-404.

- Kader, A. A; J. M. Lyons; L. L. Morris. 1974. Quality and postharvest responses of vegetables to preharvest field temperature. *HortScience* 9: 523-527.
- Kader, A. A. 1980. Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres. *Food Tecnohnology*, march: 51-54.
- Kader, A. A. 1985. Ethylene-induced senescent and physiological disorders in harvested horticultural crops. *HortScience* 20: 54-57.
- Kader, A. A. 1986. Biochemical and biophysical basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.* 40: 99-104.
- Lin, W. C; M. E. Saltveit. 1993. Ripening stage affects the chilling sensitivity of greenhouse grown peppers. *J. Amer.Soc.Hort. Sci.* 118(6): 791-795.
- Little, A. C. 1976. Physical measurements as predictor of visual apperance. *Food Tech.* 30(10): 76-82
- Llácer G; M. López M. 2000. *Patología vegetal*. Sociedad Española de Fitopatología. Grupo Mundi Prensa. pp. 967-994.
- Lockwood, D; H.M. Vines. 1972. Red color enhancement of pimiento peppers with (2-chloroethyl) phosfonic acid. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97: 192-197.
- Lu, G. 1990. Changjiao hot peppers are nonclimateric. *HortScience* 25(7): 807.
- Lurie, S; J. D. Klein. 1991. Acquisition of low temperatura tolerante in tomatoes by exposure to high temperaturas stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116 (6): 1007-1012.
- Lurie, S; B. Shapiro; S. Ben-Yehoshua. 1986. Effects of water stress and degree of ripeness on rate of senescence of harvested bell pepper fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* III. (6): 880-885.
- Lurie, S; R. Ronen. 1994. Determining chilling injury induction in gree peppers using nondestructive Pulse Aplitude Modulated (PAM) fluorometry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119(1): 59-62.
- Lurie, S; R. Ronen. 1995. Growth regulator-induced allevation of chilling injury in gree and red bell peppers fruit during storage. *HortScience* 30(3): 558-559.
- Lutz, J. M; R.E. Hardenburg. 1968. *The Comercial Storage of Fruits, Vegetables, and Nursery Stocks*. United Status Department of Agricultura. Agricultural Research Service. Agriculture Handbook. # 66.

- Lyons, J. M. 1973. Chilling injury in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24: 445-466.
- Marcellin, P. 1974. L'entreposage frigorifique des pommes en atmosphere controlee. CTIFL.
- Maroto, J.V. 1989. Horticultura herbácea especial. Editorial. Mundiprensa. Madrid España. pp. 566.
- Maroto, J.V. 1997. Fisiopatías de las hortalizas (II). Cuadernos de Fitopatología. 1er. Trim.: pp. 64-75.
- Mendoza Z; C. 1996. Enfermedades Fungosas de las Hortalizas. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, México. pp. 7-8.
- Mercado J; A.; M. Quesada A.; V. Valpuesta. 1996. Posrecolección del pimiento. *HF-Hortoinformación* 73: 30-34.
- Miller, W. R.; L. A. Rissen. 1986. Film wrapping to alleviate chilling injury of bell peppers during cold storage. *HortScience* 21(3): 467-468.
- Morris, L. L. 1979. Manejo postcosecha y fisiología de las cosechas horticolas. Series 169. Numeros. 409-425. Universidad, Davis. USA.
- Muirhead, I. F. 1981. Postharvest diseases of tropical and subtropical fruits. *Proc. Postharvest Hortic. Worksshop*, Brisbane, Queensl. pp. 125-30.
- Namesny V; A. 1999. Post-Recolección de Hortalizas. Vol.III-Hortalizas de fruto. *Compendio de horticultura* No. 11. pp. 17-217.
- Namesny V; A. 1996. Pimientos, compendio de horticultura. Ediciones de Horticultura.S.L. pp. 81-93.
- Navarro F; J. Costa. 1993. Evaluación de color de algunas variedades de pimiento para pimentón por espectrofometría de triestimulos. *Revista española de la Ciencia y Tecnología de Alimentos* 33(4):427-434.
- Nuez V; F; O.Gil R. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajies. Ediciones mundiprensa. Madrid España. p. 607.
- Orr, K. J. 1953. The sugar and ascorbic acid content of papayas in relation to fruit quality. *Food Res.* 18. pp. 532.
- Osterli, P. P. 1975. Effect of ethephon on bell peppers fruit ripening. *Calif. Agr.* 29(7): 3.

- Otma, E. C. 1989. Controlled atmosphere storage and filmwrapping of red bell peppers (*Capsicum annuum* L.) Acta Horticulturae 258: 515-521.
- Perez M; L. 2003. Compatibilidad fisiológica y sensibilidad a funguicidas de aislamientos de *Phytophthora capsici* Leo. Revista Mexicana de Fitopatología. Volumen 21 Numero 1, 2003.
- Pernezny, K. 2003. Compendium of pepper disease. American Phytopathological Society. pp. 43-44.
- Pratella, G. C. 1989. Conservazione e distribuzione commerciale del peperone. Colture Protette. 8/9 : 73-78.
- Pochard, E. 1966. Données expérimentales sur la sélection du piment (*Capsicum annuum* L. Ann. Amel. Plantes 16(2) : 185-197. Citado por Maroto (1989).
- Powell, C. A. 1995. Culling tomatoes with external symptoms of irregular ripening is of limited benefit. HortScience 30(2): 316-317.
- Redondo J; E. 1988. Mecanismos de infección y patología de las plantas de Chile susceptibles y resistentes al hongo *Phytophthora capsici* Leo. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.
- Reid, M. S. 1980. Uso del etileno en la biología y tecnología postcosecha. Universidad de California, Davis. USA. pp 51-54.
- Reuveni, M; D, Shenglov. 2002. Effects of azoxystrobin, difenoconazole, polyoxin B (polar) and trifloxystrobin on germination and growth of *Alternaria alternata* and decay in red delicious apple fruit. Crop Protection 21: 951-955.
- Risse, L. A. 1989. Individual film wrapping of Florida fresh fruit and vegetables. Acta Horticulturae 258: 263-270.
- Ristaino, J. B. 2003. Compendium of pepper disease. American Phytopathological Society. pp. 17-19.
- Ristaino, J. B. 1999. Ecologically based approaches to management of *Phytophthora* blight on bell pepper. Plant Dis. 83: 1080-1089.
- Rodov, V. 1995. Modified-humidity packaging reduces decay of harvested red bell peppers fruit. HortScience 30(2): 299-302.
- Robert, E. 1988. Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros. IICA. Costa Rica. pp. 62-63.

- Romero C; S. 1988. Hongos fitopatógenos. Patronato Universitario. UACH. Chapingo, México. pp. 67-70.
- Ruiz M y A. Guadarrama. 1992. Comportamiento postcosecha del mango (*Mangifera indica* L.), durante maduración controlada. Revista Facultad Agronomía (Maracay, Venezuela) 18: 79-93.
- SAGAR .1997. Anuario estadística de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Centro de estadística agropecuaria. Tomo I México. D.F.
- SAGARPA .2000. Anuario estadística de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Centro de estadística agropecuaria. Tomo I México. D.F.
- Saltveit, M. E. 1977. Carbon dioxide, ethylene, and color development in ripening mature green bell peppers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(5): 523-525.
- Saltveit, M. E. 1989. Summary of CA requirements for vegetables. In: Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference. E. Kopferman and M. Patterson Eds. June 14-16, Wenatchee, Washington. Vol. 2: 329-352.
- Simmons, E. G. 1993. *Alternaria* themes and variations (73). Mycotaxon 48: 109-140.
- Shapiro, B; B. Admati; G. Gur; I. Gero. 1987a. Commercial shipments of individually sealed bell peppers to Europe. Institute for Technology and Storage of Agricultural Products, The Volcani Center, Bet Dagan. Special Publication # 239: 89-90 (abstract).
- Shapiro, B; N. G. Temkin-Gorodeiski; I. Gur. 1987b. Extending the life of bell peppers by a combined application of individual seal-packaging and various fungicides. Institute for Technology and Storage of Agricultural Products, The Volcani Center, Bet Dagan. Special Publication # 239: 90-91 (abstract).
- Smith, P.G. 1987. Horticultural classification of peppers grown in the United States. HortScience 22:11-13.
- Snowdon, A. 1990. A colour atlas of post-harvest diseases and disorders of fruit and vegetables 2: 54-91.
- Sobrinho I; E; V. Sobrinho E. 1989. Tratado de horticuultura herbácea. Editorial AEDOS. Barcelona España. pp.229-231.
- Solel, Z. and Y. Oren. 1997. Control of *Alternaria alternata* brown spot of mineola tangelo with fungicides. Crop Protection. 16(7): 659-664.

- Terralia. 1998. Azoxystrobin (en línea) Disponible en <http://www.terralia.com>. Revista 4. Febrero de 1998. (Revisado el 17 de octubre de 2003)
- Tian, S. P; Q. Fan, Y. 2002. Effects of calcium on biocontrol activity of yeast antagonists against the postharvest fungal pathogen *Rhizopus stolonifer*. *Plant Pathology* (2002) 51:352-358.
- Tripathi, R. S. And B. M. Gangwar. 1971. Biochemical changes as indices of maturity in Guavas (*Psidium guajava* L.) *Progressive Horticulture*. 3:17-22.
- Vallejo P; M. R. 2003. Enfermedades del pimiento morrón (*Capsicum annuum* L), en Postcosecha. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola, UACH. Chapingo, México. pp. 40-45.
- Wall, M. M. 1993. *Alternaria* rot of ripening chile peppers. *Phytopathology* 83: 324 – 328.
- Wang, C. Y. 1977. Effect of CO₂ treatment on storage and shelf life of sweet peppers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102 (6) : 808-812.
- Zauberman, G. 1975. La lutte contre les puerres de l'avocat et Son effect sur Li'2 changement de la tiere des champignons patbiigcncs des fruits. *Fruits* 30 :503-04.
- Zeneca Professional Products. 1996. Boletín técnico del fungicida (Azoxystrobin), Wilmington. 4p.

CAPITULO 2

REFRIGERACIÓN, ATMÓSFERAS MODIFICADAS Y CALIDAD DEL PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum* L.) EN POSTCOSECHA.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la refrigeración ($7\pm 1^{\circ}\text{C}$) y atmósferas modificadas en la calidad e incidencia y severidad de enfermedades del pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en postcosecha. Los pimientos se almacenaron en tres películas plásticas de polietileno de densidad baja (atmósferas modificadas) con espesores diferentes (F30=0.030 mm, F50= 0.050 mm y F60= 0.060 mm). Los frutos se almacenaron durante 40 días a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, simulando el tiempo de empaque y transporte hasta llegar a los mercados de consumo. Las evaluaciones se realizaron a los 0, 20, 25, 30, 35 y 40 días después de almacenamiento (DDA). Se analizaron las variables siguientes: color (valor de L, índice de saturación y ángulo de tono), firmeza, sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$), ácido cítrico, relación $^{\circ}\text{Brix}$ - ac. cítrico, pérdida de peso e incidencia y severidad de enfermedades. Los pimientos almacenados en las películas F50, F60 y F30 mostraron valores constantes en color; esto indicó, que dichos frutos no desarrollaron cambios significativos en su color verde durante los 40 días de almacenamiento. Las películas F60, F30 y F50 presentaron la firmeza mayor, ya que los pimientos mantuvieron una consistencia y apariencia física excelente. Los pimientos de las películas F60, F50 y F30 expresaron la concentración mejor de sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$), ac. cítrico y relación azúcar-ácido mayor. Los pimientos ubicados en los tratamientos F50, F60 y F30 mostraron las pérdidas de peso siguientes: 0.25, 0.45 y 0.54% respectivamente; y de 13.70% para los pimientos testigo. No se observaron síntomas de enfermedades en todos los tratamientos. Los pimientos almacenados en películas plásticas, presentaron una calidad comercial mejor hasta 40 DDA, con respecto al testigo.

Palabras clave: películas-polietileno, color, firmeza, azúcares ($^{\circ}\text{Brix}$), acidez, peso, enfermedades.

REFRIGERATION, MODIFIED ATMOSPHERES AND QUALITY OF BELL PEPPER (*Capsicum annuum* L.) IN POSTHARVEST.

SUMMARY

The effect of refrigeration ($7\pm 1^{\circ}$ C) and modified atmospheres on the quality, incidence and severity of diseases of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) in postharvest were evaluated. Peppers were stored in three plastic polyethylene films of low density (modified atmospheres) with different thickness (F30=0.030 mm, F50=0.050mm and F60= 0.060 mm). The fruits were stored during 40 days at $7\pm 1^{\circ}$ C, simulating the packing time and transportation to the market. Evaluations were done on the 0, 20, 25, 30, 35, and 40 days after storing (DDA). The following variables were analyzed: color (value of L, index of saturation and angle of tone), firmness, total soluble solids ($^{\circ}$ Brix), citric acid, $^{\circ}$ Brix –citric acid relationship, weight loss and incidence and severity of diseases. The peppers stored in the films F50, F60 and F30 showed constant values in color; this showed that these fruits did not develop significant changes in their green color during the 40 storing days. The films F60, F30,, and F50 showed greater firmness since peppers kept an excellent physical consistency and aspect. The peppers of the films F60, F50, and F30 showed the best concentration of total soluble solids ($^{\circ}$ Brix), citric acid and sugar-acid relationship. The peppers located in the treatments F50, F60, and F30 showed the following weight losses: 0.25, 0.45. and 0.54% respectively; and for control peppers 13.70%. Disease symptoms were not observed in all treatments. The peppers stored in plastic films showed a best commercial quality up to 40 DDA, in respect to the control peppers.

Key words: polyethylene films, color, firmness, sugars ($^{\circ}$ Brix), acidity, weight, diseases

1. INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.) pertenece a la familia de las Solanáceas, es una especie originaria de América Central, que se introdujo a Europa a través de España a raíz del descubrimiento de América y de ahí se difundió a todo el mundo. Es uno de los cultivos hortícola más importantes de México, se cultiva y usa como alimento; después del tomate y la papa, el chile es la solanácea más importante como condimento, en conserva, fresco o seco y de muchas otras maneras, además tiene un valor nutritivo alto y contiene una cantidad elevada de vitaminas A y C (Sobrinho, 1989). Los países principales exportadores de pimienta en el mundo en el 2002 fueron: España, México, Holanda, Estados Unidos y Turquía. Mientras que los importadores principales fueron: Estados Unidos, Alemania, Francia, Canadá y el Reino Unido (FAO, 2002).

Sin embargo, el cultivo y la producción de chile después de la cosecha presenta limitantes grandes y entre las que se consideran con trascendencia mayor son: la tecnología tradicional en algunas regiones, la carencia de cultivares con un rango amplio de adaptación y las condiciones adversas del medio ambiente. En el cultivo del pimienta pueden producirse pérdidas cuantitativas y cualitativas importantes entre la cosecha y el consumo. La magnitud de las pérdidas en postcosecha dependen de factores diversos, entre los que destacan la forma de manipular y de conservar al producto, que a su vez son dependientes del uso a que se destinen, ya sea para consumo en fresco o para la industria (Namesny, 1999).

Los frutos de pimienta poseen tejidos vivos, que están sujetos a continuos cambios después de la cosecha, los cuales son acontecimientos esencialmente irreversibles que conducen al deterioro y muerte celular. Mientras que algunos de estos cambios son deseables, la mayoría de ellos no lo son desde el punto de vista del consumidor y aunque no pueden ser detenidos, pueden ser moderados dentro de ciertos límites (Nuez y Gil, 1996). Para reducir las pérdidas de postcosecha al máximo en el pimienta, es necesario utilizar técnicas nuevas que permitan alargar la vida de

almacenamiento y mantener a los frutos en buen estado comercial; una de las técnicas que se ha observado que reducen las pérdidas de peso, color, firmeza, calidad interna del fruto y daños por enfermedades y frío, son las películas de polietileno de densidad baja (atmósferas modificadas); En México no se han realizado estudios con películas de polietileno de densidad baja en pimiento morrón, ya que solo se han utilizado las técnicas tradicionales de almacenamiento (refrigeración o temperatura ambiente); por tanto, es de suma importancia realizar investigaciones que permitan evaluar dicha tecnología, con el propósito de prolongar la vida postcosecha del pimiento morrón, manteniendo su calidad gustativa, forma y color; lo cual va a contribuir a incrementar las comercializaciones en los mercados internos del país, así como las exportaciones hacia otros países donde se requieren periodos largos de almacenamiento y para que el producto llegue con excelente calidad a los consumidores. En base a lo anterior se plantearon los objetivos siguientes.

2. OBJETIVOS

- Evaluar el efecto de la refrigeración ($7\pm 1^{\circ}\text{C}$) y atmósferas modificadas (películas de polietileno de baja densidad), en el incremento en la vida de anaquel, incidencia y severidad de enfermedades y en la calidad del pimiento morrón.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Material vegetal

Frutos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) se cosecharon en huertos de Celaya, Guanajuato, México, en abril de 2003. Estos se trasladaron al Laboratorio de Enfermedades de Frutos en Postcosecha, del Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados, donde se llevo a cabo el experimento.

3.2. Montaje del experimento

El experimento se llevó a cabo con 605 frutos de pimientos morrón sanos, con madurez óptima y calidad de exportación. Los frutos se almacenaron en películas

plásticas de polietileno de densidad baja (low density polyethylene film) durante 40 días a una temperatura de refrigeración de $7\pm 1^{\circ}\text{C}$. Las películas plásticas se elaboraron en el Korea Food Research Institute, y presentan los atributos siguientes: tienen la capacidad de absorber el gas etileno liberado por los frutos y ser permeables a los vapores de agua. En esta investigación, el experimento estuvo constituido por cuatro tratamientos; tres películas plásticas (bolsas) de polietileno de densidad baja, denominadas con las siglas y espesores siguientes: F30 (0.030 mm), F50 (0.050 mm) y F60 (0.060 mm), y su respectivo testigo, sin películas plásticas (Cuadro 1). En dicho cuadro se indican los tratamientos, repeticiones, fechas de evaluación y número de frutos utilizados en esta investigación.

Cuadro 1. Tratamientos y numero de frutos para cada fecha de evaluación de las variables de calidad en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), almacenados en películas plásticas (polietileno de baja densidad) a una humedad relativa de $75\pm 5\%$ y refrigerados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Tratamientos	Repeticiones	Fechas de evaluación y No. de frutos utilizados					
		0	20	25	30	35	40
Testigo ^Y	1		10	10	10	10	10
	2	5 *	10	10	10	10	10
	3		10	10	10	10	10
	Frutos totales		30	30	30	30	30
F30 ^{x1}	1		10	10	10	10	10
	2	*	10	10	10	10	10
	3		10	10	10	10	10
	Frutos totales		30	30	30	30	30
F50 ^{x2}	1		10	10	10	10	10
	2	*	10	10	10	10	10
	3		10	10	10	10	10
	Frutos totales		30	30	30	30	30
F60 ^{x3}	1		10	10	10	10	10
	2	*	10	10	10	10	10
	3		10	10	10	10	10
	Frutos totales		30	30	30	30	30
Totales			120	120	120	120	120
Frutos totales en el experimento							605

* Frutos usados en el análisis inicial para las variables (Firmeza, Sólidos Solubles Totales ($^{\circ}\text{Brix}$), Concentración de Ácido Cítrico y Relación Sólidos Solubles Totales- Ac. Cítrico); ^{X1} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.030 mm); ^{X2} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.050 mm); ^{X3} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.060 mm); ^Y Sin películas plásticas.

3.3. Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron: color (valor de L, índice de saturación y ángulo de tono), apariencia visual, firmeza, sólidos solubles totales (°Brix), concentración de ácido cítrico, relación sólidos solubles totales- ácido cítrico, pérdida de peso e incidencia y severidad de enfermedades. Dichas variables se evaluaron a los 0, 20, 25, 30, 35 y 40 días después del almacenamiento (DDA). La variable color se midió en cinco frutos y las pérdidas de peso se determinaron en 30 pimientos seleccionados al azar y marcados previamente de cada tratamiento y de cada fecha de evaluación al inicio del experimento y se considero como la evaluación inicial. Posteriormente, dichas variables se evaluaron en los pimientos marcados con su fecha de evaluación correspondiente; a los (20, 25, 30, 35 y 40 DDA). La evaluación inicial de la apariencia visual, firmeza, sólidos solubles totales (°Brix), concentración de ácido cítrico, relación sólidos solubles totales- ácido cítrico se llevaron a cabo en cinco frutos pimiento morrón seleccionados al azar. La determinación de estas variables de calidad se realizó en forma destructiva, a excepción de la apariencia visual; por lo que sus evaluaciones a los 20, 25, 30, 35 y 40 DDA se realizaron en frutos que previamente se les determinó el color. La incidencia y severidad de enfermedades se determinó en los frutos de pimiento en donde se evaluaron las pérdidas de peso. Las técnicas para determinar las variables indicadas anteriormente, se describen a continuación.

3.3.1. Color. Se midió a través del valor de L, índice de saturación (IS) y ángulo de tono (AT). Dichos parámetros se evaluaron por medio de un colorímetro Hunter Lab, el cual indicó el cambio de color por tres valores: L, a y b. Con estos valores se midieron los cambios de color a través del cálculo de la relación b/a , con lo cual se obtuvo el ángulo de tono ($\arctan b/a$) e índice de saturación [$\sqrt{a^2+b^2}$] (Little, 1976).

3.3.2. Apariencia visual. Se evaluó con una escala arbitraria con cinco clases (Cuadro 2). Esta variable permitió evaluar la calidad comercial del pimiento morrón.

Cuadro 2. Escala propuesta para evaluar la calidad comercial de la apariencia en frutos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.).

Número de la escala	Parámetro descriptivo
0	Calidad comercial óptima
1	Calidad comercial buena
2	Calidad comercial aceptable
3	Calidad comercial regular
4	No comerciable

3.3.3. Firmeza. Se midió a través de un penetró metro marca Chatillon, con un puntal cónico de 11 mm de diámetro, con capacidad de 0 a 12 kg. Se tomaron lecturas de cada fruto y los resultados se expresaron en Kg.cm⁻² (Acosta-Ramos *et al.*, 2002).

3.3.4. Sólidos solubles totales (°Brix). Se determinaron con la metodología de la A.O.A.C. (1984), con un refractómetro digital ATAGO- Pelete PR-101 (0 a 45 %); la técnica consistió en colocar una gota de jugo que se extrajo del mesocarpio y se deposito sobre el foco infrarrojo del refractómetro. El resultado se expreso en (°Brix).

3.3.5. Acidez titulable. Se llevo a cabo por medio de la técnica de la A.O.A.C., (1984). Se tomaron 20 gr. de pulpa y se licuaron en 100 mL de agua destilada y posteriormente se titulo con hidroxido de sodio al 0.1 N y se expreso en porcentaje de ácido cítrico; esto debido, a que dicho ácido es el que se encuentra en proporción mayor en los pimientos, cuando se acercan a su madurez (Herrero, 1992). La relación **sólidos solubles totales (°Brix)- ácido cítrico** se obtuvo mediante la división (°Brix/Ácido), y la relación se expreso en valores numéricos.

3.3.6. Pérdidas de peso. Los frutos se pesaron en una balanza digital con capacidad de 2.5 Kg, y se obtuvo un peso inicial. Posteriormente, los frutos se pesaron en cada fecha de evaluación, y por diferencia de peso y a través de una resta de tres, se

calculó el porcentaje de pérdida; los resultados se expresaron en porcentaje de pérdida de peso (Arzate, 2002).

Formula: $(P_i - P_f) / P_i \times 100 = \text{Porcentaje de pérdida de peso}$

Donde: PF= Peso final, Pi= Peso inicial.

3.3.7. Incidencia y severidad de enfermedades

La incidencia se considero como el número de frutos que mostraron síntomas de enfermedades. La severidad se evaluó a través del número y diámetro de lesiones presentes en cada fruto.

3.4. Diseño del experimento

El experimento se estableció con cuatro tratamientos (F30, F50, F60 y Testigo), la unidad experimental estuvo compuesta por un fruto con tres repeticiones (bolsa con 10 pimientos) por tratamiento; las pérdidas de peso e incidencia y severidad de enfermedades se conformo por 30 repeticiones; el color, apariencia visual, firmeza, sólidos solubles totales, porcentaje de ácido cítrico y la relación sólidos solubles totales- ácido cítrico, se constituyo por cinco repeticiones. Se uso un diseño factorial en bloques al azar.

3.5. Análisis estadístico

Todos los tratamientos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA), y una distribución de medias (Tukey 0.05), los cuales se procesaron y analizaron con la ayuda de el programa estadístico SAS (SAS Institute, Inc., 1996).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación general promedio de los cero a los cuarenta días

4.1.1. Cambios en color

4.1.1.1. Valor L

Este parámetro de color, indicó los cambios de brillantez en los frutos. El análisis de varianza ($\alpha=0.05$) realizado, mostró diferencias significativas entre los tratamientos. Lo anterior se fundamento mediante la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), en la cual se observó que los frutos de pimiento testigo fueron los que mostraron los valores de L más altos y estos fueron diferentes estadísticamente a los pimientos almacenados en bolsas de polietileno (F50, F30 y F60), estos tres últimos tratamientos fueron estadísticamente iguales (Cuadro 3). El comportamiento observado en los pimientos testigo no es el usual, sin embargo quizás se deba a que la epidermis de los pimientos testigo se empezó a arrugar y a levantarse (deshidratar) a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento. Aunado a esto, el equipo de medición no se adhirió perfectamente a la superficie de los frutos corrugados, por lo que al momento de realizar dicha evaluación se pudo haber reflejado alguna cantidad de luz mayor y por tanto, los valores de L fueron más altos. Sin embargo, los pimientos que se almacenaron en bolsas plásticas (atmósferas modificadas), mostraron una apariencia excelente, debido a que mostraron valores entre cero y uno de la escala de apariencia visual, que indicaron que los chiles estaban con calidad comercial. Esto lo constató Risee (1989), quien mencionó que los pimientos recubiertos con plástico a una temperatura de 7°C mantienen su color. Por otro lado, Gorini y Uncini (1981), informaron que los pimientos almacenados en polietileno mantuvieron una coloración más intensa.

Cuadro 3. Color (brillo; Valor de L) de la epidermis en frutos de pimiento morrón, almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de cinco evaluaciones en el tiempo (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días).

Tratamientos	Media	Prueba de Tukey
Testigo ^Y	28.34 ^W	A ^Z
F50 ^{X2}	25.35	B
F30 ^{X1}	24.06	B
F60 ^{X3}	23.97	B
r^2	0.691	
CV	8.028	
DMS	1.55	

^Z Valores con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales a una $P < 0.05$; r^2 = Coeficiente de correlación; DMS= Diferencia mínima significativa; CV= Coeficiente de variación; ^{X1} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.030 mm); ^{X2} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.050 mm); ^{X3} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.060 mm); ^Y Sin películas plásticas; ^WDatos promedio del color (brillo; valor de L) de la epidermis de los frutos.

4.1.1.2. Índice de saturación (IS)

Esta variable indicó el grado de pureza del color de la cáscara del fruto. Con el análisis de varianza ($\alpha=0.05$), y la comparación de medias (Tukey), se encontró que existieron diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento que registró el IS más alto estadísticamente fue F50, seguido de F30 y F60, los cuales fueron estadísticamente iguales; y quien registró el IS más bajo fue el testigo (Cuadro 4). El testigo sufrió varios cambios en el color, y se pudo observar que la calidad de los frutos no fue adecuada para su comercialización. Esto quizás se debió principalmente a los daños por frío que sufrieron los pimientos testigo; lo cual coincide con Lin y Saltveit (1993), quienes mencionaron que los frutos afectados por frío pierden su color.

Cuadro 4. Color (pureza; índice de saturación) de la epidermis en frutos de pimiento morrón, almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de cinco evaluaciones en el tiempo (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días).

Tratamiento	Media	Prueba de Tukey
F50 ^{x2}	14.46 ^w	A ^z
F30 ^{x1}	13.50	B
F60 ^{x3}	13.29	B
Testigo ^y	12.55	C
r^2	0.869	
CV	6.27	
DMS	0.643	

^zValores con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales a una P 0.05; r^2 = Coeficiente de correlación; DMS= Diferencia mínima significativa; CV= Coeficiente de variación; ^{x1} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.030 mm); ^{x2} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.050 mm); ^{x3} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.060 mm); ^y Sin películas plásticas; ^wDatos promedio del color (pureza; índice de saturación) de la epidermis de los frutos.

4.1.1.3. Angulo de tono (AT)

Esta medida indicó el ángulo de tono de la coloración de los frutos, el cual puede ir de cero a ciento ochenta grados; ángulos cercanos a 180° significa una coloración verde intensa y la reducción de los ángulos a 90° o menos, indican la pérdida de color (Acosta, 1997). El análisis de varianza ($\alpha=0.05$) y la prueba de Tukey señalaron diferencias significativas entre los tratamientos; de los cuales F60 mantuvo el ángulo de tono mejor durante todo el experimento, seguido de F50, F30 y el testigo, siendo estos tres últimos estadísticamente iguales (Cuadro 5). Lo anterior, indico que los frutos almacenados en las películas plásticas F50 no perdieron su color verde durante 40 días de almacenamiento, mientras que los otros tratamientos si perdieron su color verde, dicho color tendió del verde claro a amarillo. El testigo a pesar de ser estadísticamente igual a dos de las películas plásticas, este no mantuvo una calidad comercial buena, ya que las temperaturas bajas a las que se almacenaron y la humedad relativa insuficiente, permitieron que los pimientos sufrieran cambios de color (pigmentos), tal como lo mencionó (Cantwell, 1999).

Cuadro 5. Color (ángulo de tono; tono de la coloración) de la epidermis en frutos de pimiento morrón, almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de cinco evaluaciones en el tiempo (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días).

Tratamiento	Media	Prueba de Tukey
F60 ^{x3}	134.99 ^w	A ^z
F50 ^{x2}	132.46	B
F30 ^{x1}	132.34	B
Testigo ^y	131.87	B
r ²	0.907	
CV	1.34	
DMS	1.365	

^zValores con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales a una P 0.05; r²= Coeficiente de correlación; DMS= Diferencia mínima significativa; CV= Coeficiente de variación; ^{x1} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.030 mm); ^{x2} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.050 mm); ^{x3} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.060 mm); ^y Sin películas plásticas; ^wDatos promedio del color (tono de la coloración; ángulo de tono) de la epidermis de los frutos.

4.1.2. Firmeza

La reducción de la firmeza y el ablandamiento de los frutos es un factor determinante para el tipo de manejo que se le debe dar a los frutos, por lo que a menor firmeza, ocurren más daños por magullamiento y viceversa, además, son vías de entrada de patógenos. El análisis de varianza ($\alpha=0.05$) y la prueba de Tukey, indicaron diferencias altamente significativas entre tratamientos. El tratamiento F60 manifestó la firmeza mayor, seguido de F30 y F50, los cuales fueron estadísticamente iguales, aunque F50 fue estadísticamente igual a el testigo. Este último presentó la firmeza menor durante todo el experimento (Cuadro 6). Durante los 40 días de almacenamiento los frutos de pimiento que estuvieron en las películas plásticas F60 a ($7\pm1^{\circ}\text{C}$) no perdieron su firmeza comercial, por lo que presentaron una calidad excelente, esto debido a la poca pérdida de agua que sufrieron dichos pimientos. Lo anterior coincidió con Otman (1989), quien comprobó que las envolturas en películas de plástico disminuye fuertemente la pérdida de agua. Por otro lado, Ben-Yehoshua (1987), señaló que el polietileno de densidad alta, inhibió la pérdida de peso, retrasó

el ablandamiento, así como la desintegración de las membranas celulares del pimiento. Por su parte los frutos testigo, mostró una alta deshidratación, así como cambios fisiológicos en su epidermis, quizás por lo cual se tornaron blandos, pero con la epidermis bastante dura y áspera, por lo que no mantuvieron la misma turgencia y calidad de los frutos almacenados en películas plásticas. La pérdida de agua es favorecida por la gran superficie que tienen estos frutos, así como la migración que tiene lugar a través del cáliz y del pedúnculo. Su consecuencia, además de una reducción del peso, es el arrugamiento de la superficie y el ablandamiento de la carne (Artes-Calero y Escriche, 1998).

Cuadro 6. Pérdida de la firmeza en frutos de pimiento morrón, almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de cinco evaluaciones en el tiempo (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días).

Tratamientos	Media	Prueba de Tukey
F60 ^{x3}	0.77 ^w	A ^z
F30 ^{x1}	0.74	A
F50 ^{x2}	0.68	AB
Testigo ^y	0.53	B
r ²	0.628	
CV	34.58	
DMS	0.180	

^z Valores con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales a una P 0.05; r²= Coeficiente de correlación; DMS= Diferencia mínima significativa; CV= Coeficiente de variación; ^{x1} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.030 mm); ^{x2} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.050 mm); ^{x3} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.060 mm); ^y Sin películas plásticas; ^w Datos promedio de la firmeza de la epidermis de los frutos (Kg-f.cm⁻²).

4.1.3. Sólidos solubles totales (°Brix)

El análisis de varianza ($\alpha=0.05$) y la comparación de medias, mostraron diferencias significativas entre los tratamientos; el testigo indico la concentración mayor de °Brix, por lo que fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos. Los tratamientos F60, F50 y F30 fueron estadísticamente iguales, ya que no mostraron diferencias significativas (Cuadro 7). La razón posible por la que los pimientos testigo incrementaron su concentración de azúcares en comparación con los frutos de las

películas plásticas, se debió a que los frutos testigo incrementaron su maduración y senescencia, ya que los polisacáridos (almidones) son metabolizados y transformados en azúcares durante estos procesos. Lo anterior coincidió con lo dicho por Ttripathi y Gangwar (1971) y Orr (1953). Los tratamientos con películas plásticas, mantuvieron una concentración homogénea de azúcares durante el proceso de evaluación, lo cual quizás se debió a que los frutos expresaron un estado fisiológico lento, ya que las películas absorbieron el etileno que producen los pimientos y por tanto el avance de la maduración fue lento. Por otro lado, los frutos testigo al estar en un estado bastante avanzado de senescencia, su contenido de azúcares aumento, tal y como lo mencionó Ttripathi y Gangwar (1971).

Cuadro 7. Concentración de sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de pimiento morrón, almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de cinco evaluaciones en el tiempo (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días).

Tratamientos	Media	Prueba de Tukey
Testigo ^Y	4.78 ^W	A ^Z
F60 ^{X3}	4.20	B
F50 ^{X2}	4.11	B
F30 ^{X1}	4.06	B
r ²	0.844	
CV	8.72	
DMS	0.285	

^ZValores con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales a una P 0.05; r²= Coeficiente de correlación; DMS= Diferencia mínima significativa; CV= Coeficiente de variación; ^{X1} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.030 mm); ^{X2} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.050 mm); ^{X3} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.060 mm); ^Y Sin películas plásticas; ^WDatos promedio de los °Brix (sólidos solubles totales).

4.1.4. Concentración de ácido cítrico

La acidez es una característica sensorial relacionada con los cambios que sufren las frutas durante la maduración y senescencia, por lo que diversos investigadores proponen a la acidez como un índice de cosecha para ciertas especies (Acosta, 1997). El análisis de varianza ($\alpha=0.05$) y la prueba de Tukey, determinaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, en donde el testigo fue

estadísticamente diferentemente ya que presentó el porcentaje de acidez más alto. Los tratamientos F30 y F50 fueron estadísticamente iguales, mientras que la F50 fue igual a la F60, quien obtuvo el porcentaje de ácido cítrico más bajo (Cuadro 8). Durante la maduración y senescencia, la acidez se incrementa, es quizás por esta razón que el testigo presentó la cantidad de ácido mayor, lo que indico una más rápida senescencia y por ende una deshidratación mayor de los frutos, por lo que el ácido se concentro en una cantidad mayor; lo anterior fue determinado también por Cano *et al.* (1993), Herrero, (1992) y Hulme, (1983). Así pues, el tratamiento F60 mantuvo la concentración menor de ácido cítrico, seguido de F50 y F30; lo cual se puede deber a que los frutos con películas plásticas maduraron lentamente y se evitó drásticamente el proceso de senescencia durante la poscosecha; el comportamiento anterior se puede atribuir, a las características de las películas plásticas de polietileno de densidad baja, ya que tienen la propiedad de absorber el etileno producido por los pimientos.

Cuadro 8. Concentración de ácido cítrico en frutos de pimiento morrón, almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de cinco evaluaciones en el tiempo (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días).

Tratamiento	Media	Prueba de Tukey
Testigo ^Y	0.11 ^W	A ^Z
F30 ^{X1}	0.10	B
CF50 ^{X2}	0.09	B
F60 ^{X3}	0.08	C
r ²	0.80	
CV	9.4	
DMS	0.007	

^Z Valores con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales a una P 0.05; r²= Coeficiente de correlación; DMS= Diferencia mínima significativa; CV= Coeficiente de variación; ^{X1} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.030 mm); ^{X2} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.050 mm); ^{X3} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.060 mm); ^Y Sin películas plásticas; ^WDatos promedio de la concentración de ácido cítrico

4.1.5. Relación sólidos solubles totales (°Brix) – ácido cítrico

La relación azúcar ácido se utiliza como un índice de maduración de los frutos, ya que una relación mayor, es un indicador del momento de consumo óptimo. La comparación de medias y el análisis de varianza ($\alpha=0.05$) mostraron diferencias significativas entre tratamientos, por lo que la película plástica F60 mantuvo la relación azúcar-ácido mejor, la F50 y el testigo fueron estadísticamente iguales, mientras que F30 manifestó la menor relación, por lo que fue diferente a todos los demás tratamientos (Cuadro 9). De tal forma, que los tratamientos F60 y F50 fueron quienes mantuvieron la relación azúcar-ácido mejor a lo largo del experimento; mientras que el testigo y la película plástica F30 fueron los que mantuvieron la relación mas baja. La calidad óptima del fruto esta definida por un equilibrio entre la acidez, turgencia, aroma y azúcares, además de la coloración propia. No obstante, debe asociarse de forma íntima al período de conservación (Herrero, 1992). Por otra parte, la película F30 a pesar de no mantener una relación alta de azúcar-ácido, los pimientos mostraron una apariencia excelente en comparación con el testigo, el cual quedo bastante dañado por las condiciones y tiempo de almacenamiento, como lo menciona (Nuez y Gil, 1996).

Cuadro 9. Relación sólidos solubles totales (°Brix) – ácido cítrico en frutos de pimiento morrón, almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de cinco evaluaciones en el tiempo (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días).

Tratamiento	Media	Prueba de Tukey
F60 ^{x3}	48.91 ^w	A ^z
F50 ^{x2}	45.18	B
Testigo ^y	44.23	BC
F30 ^{x1}	43.60	C
r ²	0.98	
CV	3.22	
DMS	1.12	

^z Valores con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales a una P 0.05; r²= Coeficiente de correlación; DMS= Diferencia mínima significativa; CV= Coeficiente de variación; ^{x1} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.030 mm); ^{x2} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.050 mm); ^{x3} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.060 mm); ^y Sin películas plásticas; ^w Datos promedio de la relación azúcar-ácido.

4.1.6. Pérdida de peso

Ben-Yehoshua *et al.* (1983), mencionaron que durante el manejo postcosecha, las pérdidas de peso por deshidratación constituyen uno de los factores que más afectan la calidad, ya que causan pérdidas por marchitamiento, manchado de tejido y pérdida de textura; por lo que estas pérdidas hacen que los frutos no sean aptos para ser comercializados. El análisis de varianza ($\alpha=0.05$) y la comparación de medias, mostraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos; en donde el testigo presentó el grado mayor de pérdidas de peso en los frutos con respecto a los demás tratamientos, por lo que F30, F60 y F50 fueron estadísticamente iguales y presentaron las pérdidas menores de peso (Cuadro 10).

Al término de las evaluaciones de los pimientos, el testigo presentó una calidad comercial deplorable, ya que los frutos se encontraban deformados totalmente, decolorados y marchitos, esto se debió a la deshidratación alta en la que se encontraban, ocasionada principalmente por la transpiración alta de los frutos. Dicho comportamiento coincidió con Mercado *et al.* (1996), Lurie *et al.* (1991 y 1987) y Powell (1995), quienes mencionaron que las causas que provocan la pérdida de calidad varían con la temperatura. A 15 y 10°C es fundamentalmente por la pérdida de agua, lo cual produce un ablandamiento (firmeza) del fruto y una disminución del peso importante, esto quizás se deba principalmente a la pérdida de la pectina soluble e insoluble de la pared celular de los frutos. Sin embargo, los frutos almacenados en películas plásticas, a lo largo de todo el experimento, no presentaron los síntomas de deshidratación, ya que su apariencia fue óptima para ser comercializados.

Morris (1979), mencionó que las películas plásticas y la refrigeración empleados en este tipo de estudios mostraron varias ventajas, virtudes y propósitos; entre ellas: que las películas plásticas de polietileno modifican la atmósfera para alargar la vida postcosecha de los frutos, como una consecuencia de suprimir el ritmo de respiración de ellos. Por otra parte, Anandaswamy (1959), determinó que los pimientos dulces empacados entre 7 y 10°C en bolsas plásticas de polietileno, tienen

una vida de almacenamiento más prolongada con respecto a los que se almacenan sin películas plásticas.

Cuadro 10. Pérdida de peso en frutos de pimiento morrón, almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de cinco evaluaciones en el tiempo (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días).

Tratamientos	Media	Prueba de Tukey
Testigo ^Y	13.70 ^W	A ^Z
F30 ^{X1}	0.54	B
F60 ^{X3}	0.45	B
F50 ^{X2}	0.25	B
r^2	0.99	
CV	10.43	
DMS	0.348	

^Z Valores con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales a una $P \leq 0.05$; r^2 = Coeficiente de correlación; DMS= Diferencia mínima significativa; CV= Coeficiente de variación; ^{X1} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.030 mm); ^{X2} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.050 mm); ^{X3} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.060 mm); ^Y Sin películas plásticas; Datos promedio de la pérdida de peso en porcentaje.

4.1.7. Incidencia y severidad de enfermedades

Los frutos de pimientos morrón almacenados en las películas plásticas de polietileno (F30, F50 y F60) y el testigo, no mostraron síntomas de enfermedades a través de todas las fechas de evaluación. Esto quizás, se pudo deber a que los frutos fueron almacenados a una temperatura de $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, la cual inhibió el desarrollo de las enfermedades; tal y como lo mencionó Namesny, (1999) y Kader, (1986). Además en el caso de las películas plásticas, también se pudo deber a que estas, absorbieron el etileno producido por los frutos, ya que dicha hormona favorece el desarrollo de los hongos.

4.2. Análisis por fecha de evaluación

4.2.1. Evaluación a los 20 días después de establecido el experimento

El análisis de varianza ($\alpha=0.05$) y la comparación de medias de Tukey, mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. Para los valores de L (brillo), se observó que la película plástica F50 y el testigo fueron los que presentaron los

valores más altos, seguidos de F60, el cual fue estadísticamente igual a los dos tratamientos anteriores y a el tratamiento F30, quien fue el que obtuvo el valor de L mas bajo (Cuadro 11). Los valores de L fueron buenos para las películas F50 y F60. El testigo presento un valor muy alto, esto quizás se debió a que ya empezaba a sufrir los estragos del frío y deshidratación, por lo que la epidermis de los frutos se empezó a levantar y tornarse más brillosos. En la variable **índice de saturación** se observaron diferencias significativas entre los tratamientos; F50 y F60 fueron los que presentaron los valores más altos, además fueron iguales estadísticamente, después le siguieron F30 y el testigo (Cuadro 11). Las películas plásticas F50 y F60 mantuvieron la mejor pureza del color, mientras que los frutos testigos sufrieron cambios fisiológicos, debido a las condiciones de almacenamiento a las que se expusieron. En el parámetro **ángulo de tono**, el tratamiento F60 fue el mejor y estadísticamente diferente a los demás; le siguieron F30, F50 y el testigo, estos dos últimos fueron estadísticamente iguales (Cuadro 11). Lo anterior indico, que los pimientos almacenados en las películas plásticas F60 fueron los que mantuvieron una mayor coloración verde de la cáscara, con respecto a los demás tratamientos. El testigo fue el que más perdió el color verde. El color puede ser afectado en condiciones de almacén, como lo indicaron Saltveit (1977), Lin y Saltveit (1993), quienes mencionaron que los frutos afectados por frío pierden el color. Por esta razón, los frutos testigo fueron menos homogéneos en su coloración, ya que al carecer de protección, sus cambios fisiológicos y morfológicos no fueron uniformes. En el parámetro **firmeza** hubo diferencias entre las películas plásticas y el testigo; F60, F30 y F50 fueron los que mostraron una firmeza mayor en los frutos, mientras que el testigo fue estadísticamente diferente a los tratamientos anteriores, a excepción de F50, quien fue igual al testigo (Cuadro 11). En este caso, el testigo presentó una diferencia marcada en la firmeza de los frutos en comparación con los otros tratamientos, esto quizás se debió principalmente, a la protección que brindaron las bolsas, las cuales evitaron la deshidratación de los frutos; esto coincidió con Otman (1989), quien comprobó que la envoltura en películas plásticas disminuyen fuertemente la pérdida de agua, por lo que la firmeza se mantuvo constante durante más tiempo. Por lo que el testigo, por no contar con esta protección empezó a sufrir

una deshidratación más rápida, y por consiguiente una disminución en la firmeza de los frutos. **Sólidos solubles totales (°Brix):** el testigo presento el contenido de azúcares más alto, y le siguieron F60, F50 y F30 (Cuadro 11). Las películas plásticas presentaron una homogeneidad mejor en el contenido de azúcares, aun cuando la F60 fue estadísticamente igual al testigo. Por otra parte, el testigo mostró más azúcares, esto quizás por que su senescencia y deshidratación fue más rápida que los frutos que se almacenaron en las películas. Dicho comportamiento en el contenido de azúcares se puede deber a la deshidratación y pérdida de agua, por lo que se reflejo en una acumulación de azúcares. **Ácido cítrico:** el testigo mostró la concentración más alta, y a este le prosiguieron los tratamientos F30, F50 y F60, en donde F30 fue estadísticamente igual al testigo y a los otros tratamientos (Cuadro 11). Para esta variable una vez más las películas plásticas presentaron una uniformidad mejor en los valores de acidez en comparación con el testigo, este último presentó el contenido de acidez más alto, y esto quizás se debió principalmente a que los frutos empezaron a envejecer más rápidamente, por lo que la concentración de acidez aumento, dicho comportamiento coincidió con lo dicho por Kader (1980, 1985 y 1986). En la relación de **sólidos solubles totales (°Brix) – ácido cítrico** el tratamiento con la película plástica F60 fue la más alta, seguido del testigo, F50 y F30, además, todos los tratamientos fueron estadísticamente diferentes (Cuadro 11). Hasta esta evaluación se observo que la película F60 fue el tratamiento mejor en la relación azúcar – ácido; por otra parte, el testigo también presento una relación buena de esta variable evaluada. Sin embargo, los frutos se encontraron en condiciones bastante decadentes, por lo que no fueron aptos para ser comercializados. En cuanto a los tratamientos F50 y F30 se pudo observar que las condiciones de los frutos fueron excelentes, a pesar de tener la relación menor de azúcar – ácido. El contenido de azúcares y acidez se pudo haber alterado por varios factores, como lo indicaron Nuez y Gil, (1996) y Lurie, (1987), quienes mencionaron que daños en los frutos afectan su aspecto exterior, y además aceleran la producción de etileno, el ritmo respiratorio, la pérdida de humedad y la aparición de pudriciones, e incluso provocar sabores no deseados. Por las razones antes mencionadas, los pimientos testigo se vieron mas perjudicados que los pimientos almacenados en las

bolsas, lo cual coincide con lo mencionado por Shapiro *et al.* (1987). Una de las variables más importantes es la **pérdida de peso**, en donde se observaron contrastes mayores entre las películas plásticas y el testigo, por lo que fueron estadísticamente diferentes. Los tratamientos mejores fueron F50, F60 y F30 respectivamente, mientras que el testigo presentó la pérdida de peso mayor (Cuadro 11). Por razones obvias era de esperarse que las películas plásticas presentaran una pérdida de peso menor, ya que la deshidratación fue menor en comparación con el testigo, donde este último se encontró expuesto a las condiciones de almacenaje en forma más directa, por lo que la pérdida de agua fue más acelerada que los frutos que estaban protegidos por las películas plásticas, lo anterior coincide con lo mencionado por Lurie *et al.*, (1986 y 1991).

Cuadro 11. Evaluación de las variables de calidad en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de la evaluación a los 20 días después de establecido el experimento.

Tratamientos	L	IS	AT	Firmeza	SST	Ac.Cítrico	SST/Ac	P. de Peso
Testigo ^Y	28 A ^Z	13.14 B	134.5 C	0.36 B	5.75 A	0.10 A	57.29 B	8.49 A
F30 ^{X1}	23 B	15.16 B	142.2 B	0.64 A	3.68 B	0.09 AB	40.9 D	0.34 B
F50 ^{X2}	28.2 A	18.31 A	135.6 C	0.55 AB	4.17 B	0.086 AB	50.14 C	0.10 B
F60 ^{X3}	25.8 AB	17.36 A	148.6 A	0.65 A	5.62 A	0.083 B	67.82 A	0.12 B
DMS	4	2.11	5.94	0.25	1.35	0.016	3.39	1.51
r ²	0.56	0.84	0.84	0.53	0.72	0.54	0.98	0.98
CV	7.21	6.28	2.01	22.13	13.38	8.60	2.99	25.61

^Z Valores con la misma letra dentro de la misma columna, son estadísticamente iguales a una $P > 0.05$; r^2 = Coeficiente de correlación; DMS= Diferencia mínima significativa; CV= Coeficiente de variación; ^{X1} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.030 mm); ^{X2} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.050 mm); ^{X3} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.060 mm); ^Y Sin películas plásticas. L= color (brillo; valor de L) de la epidermis de los frutos; IS= color (pureza; índice de saturación) de la epidermis de los frutos; AT= color (tono de la coloración; ángulo de tono) de la epidermis de los frutos; Firmeza= firmeza de la epidermis de los frutos ($\text{Kg}\cdot\text{f}\cdot\text{cm}^{-2}$); SST= °Brix (sólidos solubles totales); Ac. Cítrico= concentración de ácido cítrico; SST/Ac= relación azúcar-ácido; P. de Peso= pérdida de peso en porcentaje.

4.2.2. Evaluación a los 25 días después de establecer el experimento

El análisis de varianza ($\alpha=0.05$) indicó diferencias significativas entre los tratamientos. Lo cual se corroboró mediante la prueba de comparación de medias de Tukey. En donde se observó que los pimiento testigo, fueron los que mostraron los valores de L más altos y estos fueron diferentes significativamente a las películas

plásticas, las cuales fueron estadísticamente iguales, por lo que presentaron una similitud ligera en los valores de L (Cuadro 12). Como ya se ha comentando, el testigo ya llevaba bastante tiempo expuesto a temperaturas altas, por lo que la epidermis del fruto se fue desprendiendo un poco más, y al momento de tomar la lectura, tendió a reflejar la luz, alcanzando valores mayores. En cuanto a las películas plásticas, el tratamiento mejor hasta los 25 días fue F50, acompañado de F30 y F60. Sin embargo, los tres tratamientos presentaron una calidad excelente, a diferencia del testigo; la cual fue bastante demeritoria a medida que trascurrieron los días de almacenamiento. **Índice de saturación:** el tratamiento que resulto ser mejor fue F50, seguido de F30 y F60. El testigo presentó el índice de saturación menor, por lo que hubo diferencias entre el testigo y los tratamientos con películas plásticas (Cuadro 12). A pesar de que los valores entre las películas plásticas distan un poco, la apariencia de los frutos fue excelente, manteniendo una muy buena calidad en la tonalidad de su color; por otra parte, los chiles testigo empezaron a mostrar los primeros cambios en tonalidad del color. **Ángulo de tono (AT):** el testigo presentó AT mayor, seguido de F60 y F30, que a su vez fueron estadísticamente iguales al testigo, a excepción de F50, quien fue estadísticamente igual a F30 y F60, pero diferente al testigo (Cuadro 12). La razón por la que los pimientos testigo mostraron un ángulo de tono mejor más alto, se pudo deber a que los frutos sufrieron cambios en la coloración, debido a las condiciones desfavorables en las que se encontraban, por lo que la calidad de estos frutos ya no fue buena, por otra parte los pimientos que estaban en películas plásticas, siempre conservaron una apariencia muy buena, debido a la protección que brindaron las películas (humedad relativa mayor al 95% y atmósferas modificadas) y por la temperatura de almacenamiento ($7\pm1^{\circ}\text{C}$). Lo anterior coincide con Cantwell (1999), quien mencionó que la temperatura es el factor más importante en los cambios de color (pigmentos) en los pimientos, por lo que si se desea mantener a los pimientos sin cambios de color, estos se deben almacenar a 7.5°C y humedades relativas de 90-95%. Los frutos testigo al carecer de películas plásticas, su ambiente en el que permanecieron no fue equilibrado, por lo que no poseyeron una humedad relativa similar, provocando que estos frutos se deshidrataran. **Firmeza** el mejor tratamiento fue F30, seguido de F60, F50 y el

testigo, este último tratamiento fue diferente estadísticamente a los anteriores (Cuadro 12). Como era de esperarse los frutos contenidos en las películas plásticas no presentaron una deshidratación en comparación con el testigo, debido a esto, la firmeza se disminuyó drásticamente a medida que se perdió agua, por lo que los frutos fueron menos turgentes y más blandos, y esto hace obviamente que la calidad de los frutos se pierda por completo y no puedan ser aprovechados comercialmente. Pero esto no sucedió con los pimientos almacenados en las películas plásticas, ya que estos mantuvieron una firmeza excelente. El polietileno de densidad alta inhibió la pérdida de peso, retrasa el ablandamiento, así como la desintegración de las membranas (Ben-Yehoshua, 1987). En el contenido de **sólidos solubles totales (°Brix)**, no existieron diferencias significativas en los tratamientos, ya que todos fueron estadísticamente iguales, y los valores en el contenido de azúcares no fueron muy dispares entre los tratamientos (Cuadro 12). El contenido mayor de **ácido cítrico** lo presentó el testigo, seguido de F30, quien fue estadísticamente igual al testigo y a los tratamientos F50 y F60, estos dos últimos presentaron diferencias estadísticas con el testigo (Cuadro 12). La cantidad mayor de ácido cítrico presentada por el testigo, quizás se debió a que a medida que los frutos fueron envejeciendo su cantidad de acidez fue aumentando, cosa que no sucedió tan drásticamente con el resto de los tratamientos, ya que las bolsas de plástico retardaron la senescencia de los frutos, y esto es debido a que las películas plásticas de densidad baja, tienen la propiedad de absorber el gas etileno que despiden los frutos. Relación **sólidos solubles totales (°Brix) – ácido cítrico**: los tratamientos con películas plásticas fueron bastante similares, por lo que fueron estadísticamente iguales y las diferencias fueron mínimas; en cuanto al testigo se refiere, este fue el que presentó la relación menor y fue estadísticamente diferente al resto de los tratamientos (Cuadro 12). Para mantener una calidad mejor de los frutos en almacén Kader (1986), mencionó que la modificación de las atmósferas, reducen las tasas de respiración, producción de etileno y la sensibilidad de los tejidos al mismo, lo que permite retrasar la maduración y el ablandamiento de los frutos y moderar los cambios bioquímicos asociados con la maduración. Por esta razón el contenido de azúcar y acidez, son más parecidos en las películas plásticas que en los pimientos

que carecen de ellas. La diferencia en la **pérdida de peso** fue muy marcada entre las películas plásticas y el testigo, ya que este último fue diferente estadísticamente al resto de los tratamientos, mientras que las películas plásticas fueron estadísticamente iguales (Cuadro 12). El tratamiento mejor fue F60 y le siguió F50, F30 y por último el testigo; este último sufrió una pérdida de peso excesiva, debido principalmente a la deshidratación alta de los pimientos, por lo que los frutos perdieron totalmente su valor comercial. Dicho comportamiento coincide con Artes Calero y Escriche (1998), quienes mencionaron que las pérdidas de agua es uno de los principales problemas en la postcosecha de los pimientos, debido a su actividad transpiratoria alta. Esta pérdida de agua es favorecida por la gran superficie que tienen estos frutos, así como la migración que tiene lugar a través del cáliz y pedúnculo. Su consecuencia, además de una reducción del peso, es el arrugamiento de la superficie y el ablandamiento de la cáscara. Por otra parte, los pimientos almacenados en películas plásticas, presentaron deshidratación muy baja y por consiguiente una pérdida de peso muy escasa, lo cual fue comprobado por Otman (1989).

Cuadro 12. Evaluación de las variables de calidad en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de la evaluación a los 25 días después de establecido el experimento.

Tratamientos	L	IS	AT	Firmeza	SST	Ac. Cítrico	SST/Ac	P. de Peso
Testigo ^Y	29.15 A ²	11.59 C	131.7 A	0.45 C	4.28 A	0.11 A	40.19 B	12.81 A
F30 ^{X1}	23.7 B	13.7 AB	129.7 AB	0.73 A	4.52 A	0.09 AB	47.59 A	0.51 B
F50 ^{X2}	25.3 B	14.45 A	128.5 B	0.55 BC	4.13 A	0.086 B	48.08 A	0.185 B
F60 ^{X3}	23.2 B	12.39 BC	130.42 AB	0.67 AB	4.02 A	0.084 B	48.03 A	0.182 B
DMS	3.25	2	2.26	0.15	0.60	0.01	3.06	1.69
r ²	0.74	0.64	0.59	0.74	0.35	0.70	0.87	0.99
CV	6.11	7.31	0.82	11.97	6.83	8.40	3.17	18.91

² Valores con la misma letra dentro de la misma columna, son estadísticamente iguales a una P > 0.05; r²= Coeficiente de correlación; DMS= Diferencia mínima significativa; CV= Coeficiente de variación; ^{X1} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.030 mm); ^{X2} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.050 mm); ^{X3} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.060 mm); ^Y Sin películas plásticas. L= color (brillo; valor de L) de la epidermis de los frutos; IS= color (pureza; índice de saturación) de la epidermis de los frutos; AT= color (tono de la coloración; ángulo de tono) de la epidermis de los frutos; Firmeza= firmeza de la epidermis de los frutos (Kg-f.cm⁻²); SST= °Brix (sólidos solubles totales); Ac. Cítrico= concentración de ácido cítrico; SST/Ac= relación azúcar-ácido; P. de Peso= pérdida de peso en porcentaje.

4.2.3. Evaluación a los 30 días después de establecido el experimento

El análisis de varianza ($\alpha=0.05$) realizado, mostró diferencias significativas entre los tratamientos, lo cual se corroboró mediante la prueba de comparación de medias de Tukey, en la cual se observó que los pimientos testigo fueron los que mostraron los **valores de L** más altos y estos fueron diferentes estadísticamente a los pimientos almacenados en bolsas de polietileno (F50, F60 y F30). Estos tres últimos tratamientos fueron estadísticamente iguales (Cuadro 13). Este comportamiento quizás se debe al mismo fenómeno que presentaron los pimientos testigo en la evaluación general, en la que la epidermis de los pimientos se empezó a arrugar y a levantarse (deshidratarse) a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento, por lo que la epidermis de los frutos corrugados no se adhirió perfectamente a la superficie del equipo de medición, lo que hace suponer que al momento de realizar dicha evaluación se reflejó una cantidad de luz mayor y por tanto los valores de L tendieron a ser más altos. Sin embargo, los pimientos que se almacenaron en bolsas plásticas mostraron una apariencia excelente, que indican que los chiles estaban con calidad comercial (Cuadro 2). La variable **índice de saturación** no mostró diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento que registró el valor más alto fue F50, seguidos del testigo, F30 y F60, los cuales fueron estadísticamente iguales y sin diferencias entre ellos (Cuadro 13). **Ángulo de tono:** se observaron diferencias significativas entre los tratamientos; de los cuales F60 mantuvo el ángulo de tono mejor durante el experimento, seguido de F50, testigo y al final la película plástica F30, siendo este último estadísticamente diferente a los tres tratamientos anteriores (Cuadro 13). A pesar de que existieron diferencias estadísticas entre las películas plásticas, estas no fueron muy marcadas, ya que mantuvieron una presentación excelente en cuanto al color y su calidad comercial. El testigo a pesar de ser estadísticamente igual a dos de las películas plásticas, este no mantuvo una calidad comercial buena. En la variable color, Kader (1980 y 1986), Risse (1989) y Saltveit (1989), reportaron que los pimientos almacenados en bolsas de polietileno, desarrollaron menos cambios de color. **Firmeza:** los tratamientos F30 y F60 manifestaron el grado mayor de firmeza, seguido de F50 y el testigo, este último presentó el grado menor de firmeza, sin embargo fueron todos los tratamientos

estadísticamente iguales (Cuadro 13). Durante los 30 días en el que los frutos de pimienta estuvieron en las películas plásticas y en condiciones de almacenaje, no perdieron su firmeza comercial, ya que presentaron una calidad excelente, esto fue similar con lo citado por Kader (1980) y Lurie (1986 y 1987). En cuanto al testigo, debido a la deshidratación alta de los frutos de pimienta, estos no mantuvieron la misma turgencia y calidad de los tratamientos con películas plásticas, por lo que no fueron aptos para ser comercializados. En los **sólidos solubles totales (°Brix)** se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos; en donde el testigo mostró la concentración mayor de SST, por lo que fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos. Los tratamientos F30, F50 y F60 fueron estadísticamente iguales, ya que no hubo diferencias significativas entre ellos (Cuadro 13). La razón por la que el testigo aumentó ligeramente sus SST en comparación con las películas plásticas; quizás se debió a que los frutos fueron incrementando sus °Brix a medida que se fueron madurando y se acercaron a su senescencia, ya que al estar a la intemperie durante treinta días, estos envejecieron más rápido, que los tratamientos con películas plásticas. Dichas películas plásticas mantuvieron una concentración de azúcares semejante durante este proceso de evaluación, ya que estas absorbieron el etileno producido por los frutos y por tanto su maduración fue más lenta. **Ácido cítrico:** se determinaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos; el testigo fue diferente estadísticamente a los demás tratamientos, ya que presentó el porcentaje más alto de acidez. Las películas plásticas F30, F60 y F50 fueron estadísticamente iguales y mantuvieron un porcentaje muy similar (Cuadro 13). Durante la maduración y senescencia la acidez se incrementó, es por esta razón que el testigo fue quien presentó la cantidad más alta de ácido, ya que debido a una deshidratación alta de los frutos, el ácido se concentró en una cantidad mayor. F50 mantuvo la cantidad menor de ácido cítrico, seguido de F60 y F30; esto quizás se explique debido a que, los frutos que contaban con películas plásticas redujeron drásticamente el proceso de senescencia durante la postcosecha, lo cual se reflejó en una homogeneidad entre los tratamientos. La **relación mayor sólidos solubles totales (°Brix) – ácido cítrico**, la presentó la película plástica F30, que además fue estadísticamente igual a F50 y F60; este último tratamiento fue estadísticamente

igual al testigo (Cuadro 13). Los tratamientos F30, F50 y F60 fueron quienes mantuvieron la relación azúcar-ácido mayor a los 30 días de almacenamiento; mientras que el testigo a pesar de que fue estadísticamente igual a F60, este no conservó una proporción buena, ya que la apariencia de F60 fue excelente en comparación con el testigo; además esta relación no fue constante, debido a que fluctuó a lo largo del proceso de almacenamiento. Lo anterior coincidió con lo mencionado por Saltveit (1977 y 1989), quien mencionó que la utilización de atmósferas modificadas, reduce la respiración, maduración y producción de etileno, por lo que al retardarse la maduración, no hay un incremento en el contenido de ácido cítrico y en la pérdida de azúcares; esto explica porque los tratamientos con películas plásticas, fueron mejores que el testigo. En lo que a **pérdida de peso** se refiere, se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos; el testigo presentó el grado mayor de pérdidas de peso en los frutos con respecto a los demás tratamientos (F30, F60 y F50), por lo que estos últimos fueron estadísticamente iguales, la pérdida menor de peso la presentó la película plástica F30, seguida de F60 y F50 (Cuadro 13). Al término de esta evaluación de los pimientos, el testigo presentó una calidad muy mala y no comercial (valores de 3 y 4; Cuadro 2), ya que los frutos se encontraban totalmente dañados en su morfología, esto se puede deber a la deshidratación alta en la que se encontraban. Por otra parte los frutos que se almacenaron en películas plásticas a lo largo de este tiempo, en ningún momento presentaron los síntomas de deshidratación, sino lo contrario, ya que la apariencia que presentaron fue óptima para ser comercializados (valores de 1 y 2 de la escala de apariencia visual); esto coincide con lo mencionado por Otman (1989), Ben-Yehoshua (1987) y Curie (1987 y 1991).

Cuadro 13. Evaluación de las variables de calidad en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de la evaluación a los 30 días después de establecido el experimento.

Tratamientos	L	IS	AT	Firmeza	SST	Ac.Cítrico	SST/Ac	P. de Peso
Testigo ^Y	28.02 A ^Z	12.19 A	133.16 A	0.41 A	4.30 A	0.12 A	34.12 C	17.91 A
F30 ^{X1}	21.97 B	11.45 A	128.33 B	0.60 A	3.80 B	0.10 B	39 A	0.67 B
F50 ^{X2}	23.10 B	12.20 A	133.85 A	0.58 A	3.70 B	0.096 B	38.3 AB	0.25 B
F60 ^{X2}	22.40 B	11.37 A	134.36 A	0.60 A	3.43 B	0.097 B	36.18 BC	0.26 B
DMS	4.22	1.73	2.67	0.22	0.44	0.014	2.80	1.43
r ²	0.66	0.22	0.82	0.44	0.74	0.81	0.73	0.99
CV	8.42	7.01	0.96	19.11	5.57	6.39	3.62	11.49

^Z Valores con la misma letra dentro de la misma columna, son estadísticamente iguales a una $P > 0.05$; r^2 = Coeficiente de correlación; DMS= Diferencia mínima significativa; CV= Coeficiente de variación; ^{X1} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.030 mm); ^{X2} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.050 mm); ^{X3} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.060 mm); ^Y Sin películas plásticas. L= color (brillo; valor de L) de la epidermis de los frutos; IS= color (pureza; índice de saturación) de la epidermis de los frutos; AT= color (tono de la coloración; ángulo de tono) de la epidermis de los frutos; Firmeza= firmeza de la epidermis de los frutos ($\text{Kg}\cdot\text{f}\cdot\text{cm}^{-2}$); SST= °Brix (sólidos solubles totales); Ac. Cítrico= concentración de ácido cítrico; SST/Ac= relación azúcar-ácido; P. de Peso= pérdida de peso en porcentaje.

4.2.4. Evaluación a los 35 días después de establecido el experimento.

El análisis de varianza ($\alpha=0.05$) y la comparación de medias de Tukey, indicaron diferencias significativas en algunas variables de los tratamientos. Para los **valores de L**, se observó que el testigo y la película plástica F50, fueron los que presentaron los valores más altos, seguidos de F30 y F60, los cuales fueron estadísticamente iguales a los dos primeros tratamientos (Cuadro 14). Los valores de L entre las películas plásticas fueron buenos y hasta cierto punto parecidos, ya que sus valores son similares; la razón por la que el testigo presentó un valor alto quizás se debió a que ya habían sufrido los estragos del frío, por lo que su morfología se vio afectada debido a las condiciones de almacén, por lo que los frutos se tornaron más brillosos, amarillos y rugosos, lo cual alteró la medición en esta variable. En el **índice de saturación** se observaron diferencias significativas entre los tratamientos; F50 y F30 presentaron los valores más altos, además de ser estadísticamente iguales, a estos le siguieron F60 y el testigo (Cuadro 14). Las películas plásticas mantuvieron la pureza mayor del color, mientras que los frutos testigo ya empezaban a sufrir cambios fisiológicos, debido a las condiciones de almacenamiento a los que estaban

expuestos. **Ángulo de tono (AT):** el tratamiento F60 fue el que mostró el AT mayor y estadísticamente igual a F30, F50 y el testigo, este último presentó el ángulo de tono menor (Cuadro 14). Las ventajas de utilizar recubrimientos plásticos para mantener el color de los pimientos, lo constató Risee (1989), quien mencionó que los pimientos almacenados con películas plásticas a una temperatura de 7°C mantienen su color. Por otro lado, Gorini y Uncini (1981), informaron que los pimientos almacenados en polietileno mantuvieron una coloración más intensa. **Firmeza:** se observaron diferencias entre las películas plásticas y el testigo. Las películas F30, F60 y F50 mostraron la firmeza mayor en los frutos, mientras que el testigo fue estadísticamente diferente a los tratamientos anteriores (Cuadro 14). En este caso el testigo presentó una diferencia amplia en la firmeza de los frutos, en comparación con las películas plásticas; esto quizás se debió principalmente a la protección que brindan las bolsas para evitar la pérdida de agua de los frutos; así que el testigo por no contar con esta protección empezó a sufrir una rápida deshidratación, maduración y senescencia, mientras que los pimientos almacenados en películas plásticas, su deshidratación fue menor, motivo por el cual su epidermis se mantuvo turgente. Aunado a lo mencionado anteriormente, Otman (1989), comprobó que la envoltura en películas de plástico disminuye la pérdida de agua; por otro lado Ben-Yehoshua (1987), comprobó que el polietileno de densidad alta, inhibe la pérdida de peso y retrasa el ablandamiento de los pimientos. **Sólidos solubles totales (°Brix):** el tratamiento F30 presentó el contenido de azúcares más alto, seguido de F50, F60 y el testigo, los cuales no mostraron diferencias significativas entre ellos (Cuadro 14). **Ácido cítrico:** el testigo presentó la concentración más alta, y a este le siguieron los tratamientos F50 y F30, cuyos tratamientos fueron estadísticamente iguales al testigo; F60 fue estadísticamente diferente al testigo e igual a los otros tratamientos (Cuadro 12). Para esta variable una vez más las películas plásticas presentaron una uniformidad mejor en los valores de acidez en comparación con el testigo, este último presentó el contenido de acidez más alto, y esto se pudo deber principalmente a que los frutos empezaron a envejecer más rápido, por lo que la concentración de acidez aumentó. **sólidos solubles totales (°Brix) – ácido cítrico:** el tratamiento con la película plástica F60 presentó la mejor relación, seguido de F30, F50 y el testigo,

todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales, excepto el testigo (Cuadro 14). Hasta esta evaluación se observó que la F60 fue el tratamiento mejor en la relación azúcar – ácido; por otra parte el testigo también presentó una relación buena de la variable evaluada, sin embargo, estos frutos se encontraron en condiciones decadentes, por lo que no fueron aptos para ser comercializados (valores de 4; Cuadro 2). En cuanto a los tratamientos F50 y F30 se pudo observar que las condiciones de los frutos fueron excelentes, pues la relación de azúcar – ácido fue muy similar a la película F60. Herrero (1992) y Reid (1980), mencionaron que la acción de la atmósfera sobre la respiración del fruto es importante, ya que retarda las reacciones bioquímicas, y provoca una lentitud en la respiración y retrasa la maduración, por lo que el estado del fruto estará en condiciones latentes. Como ya se había mencionado antes, el retardar la senescencia de los frutos mediante la modificación de las atmósferas, contribuye a que no aumenten considerablemente los cambios bioquímicos en los frutos, por lo que esto conlleva a que no haya aumento considerable en el contenido de acidez y azúcares, existiendo un equilibrio mayor entre ambos. **Pérdida de peso:** esta fue la variable donde existieron contrastes mayores entre las películas plásticas y el testigo, por lo que fueron estadísticamente diferentes. Los mejores tratamientos fueron F50, F30 y F60 respectivamente, mientras que el testigo presentó la pérdida de peso mayor (Cuadro 14). Por razones obvias era de esperarse que las películas plásticas presentaran una pérdida de peso menor, ya que la deshidratación fue menor en comparación con el testigo, donde este último se encontraba expuesto a las condiciones de almacén en forma directa a una humedad relativa de $75 \pm 5\%$, por lo que la pérdida de agua fue más acelerada que los frutos que estaban protegidos por las películas plásticas. El comportamiento coincide con lo indicado por Ben-Yehoshua (1987), quien mencionó que las películas de polietileno de densidad alta, inhiben la pérdida de peso. Por otra parte Shapiro *et al.* (1987), mencionó que al utilizar películas plásticas y modificar la atmósfera, se disminuye la pérdida de agua y peso, por lo que la calidad de los pimientos se mantiene alta o constante.

Cuadro 14. Evaluación de las variables de calidad en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm 1^\circ\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de la evaluación a los 35 días después de establecido el experimento.

Tratamientos	L	IS	AT	Firmeza	SST	Ac.Cítrico	SST/Ac	P. de Peso
Testigo ^Y	28.60 A ^Z	12.12 B	130.3 A	0.31 B	3.91 A	0.12 A	29.6 B	19.72 A
F30 ^{X1}	24.70 A	12.87 AB	130.8 A	0.68 A	4.47 A	0.10 AB	41.56 A	0.84 B
F50 ^{X2}	24.90 A	14.34 A	130.6 A	0.62 A	4.38 A	0.11 AB	39.9 A	0.44 B
F60 ^{X3}	23.37 A	12.23 B	130.7 A	0.64 A	4.01 A	0.09 B	43.10 A	1.02 B
DMS	7.61	1.69	3.47	0.18	0.91	0.024	4.18	2.09
R ²	0.27	0.61	0.01	0.78	0.28	0.60	0.90	0.99
CV	14.28	6.27	1.26	15.61	10.43	10.50	5.17	14.51

^Z Valores con la misma letra dentro de la misma columna, son estadísticamente iguales a una P > 0.05; ^R²= Coeficiente de correlación; DMS= Diferencia mínima significativa; CV= Coeficiente de variación; ^{X1} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.030 mm); ^{X2} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.050 mm); ^{X3} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.060 mm); ^Y Sin películas plásticas. L= color (brillo; valor de L) de la epidermis de los frutos; IS= color (pureza; índice de saturación) de la epidermis de los frutos; AT= color (tono de la coloración; ángulo de tono) de la epidermis de los frutos; Firmeza= firmeza de la epidermis de los frutos (Kg-f.cm⁻²); SST= °Brix (sólidos solubles totales); Ac. Cítrico= concentración de ácido cítrico; SST/Ac= relación azúcar-ácido; P. de Peso= pérdida de peso en porcentaje.

4.2.5. Evaluación a los 40 días después de establecido el experimento

El análisis de varianza ($\alpha=0.05$) y la prueba de Tukey mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. En esta última evaluación del color, se encontró que en el **valor de L**, los tratamientos mejores fueron: F50, F30 y F60, todos ellos estadísticamente iguales; por otra parte, el testigo fue el tratamiento que presentó el valor menor de L, además de ser estadísticamente diferente a los otros tratamientos (Cuadro 15). Hasta esta fecha, los pimientos que tenían las películas plásticas, lucían de una forma magnífica, por lo que aun poseían valor comercial aceptable, mientras que los pimientos testigo estaban totalmente dañados y sin una apariencia buena.

Índice de saturación (IS): todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales incluyendo al testigo; los tratamientos mejores en orden descendente fueron: F30, F50, testigo y F60 (Cuadro 15). Sin embargo, los frutos testigo no poseían una uniformidad en cuanto a su tonalidad de color en comparación con los pimientos almacenados en películas plásticas, los cuales mantuvieron una tonalidad de color excelente durante todo el experimento. En el caso del **ángulo de tono (AT)**; existieron diferencias entre los tratamientos, en donde las películas plásticas F50 y

F60 resultaron ser los tratamientos más adecuados, además de ser estadísticamente iguales, mientras que F30 y el testigo fueron los que presentaron los valores del AT más bajos (Cuadro 15). En forma general, los pimientos que se evaluaron con películas plásticas, presentaron una calidad de color mayor y por ende una presentación mejor de los frutos, mientras que los frutos testigo, el color no fue uniforme, por dicha razón los pimientos alcanzaron tonalidades de color muy diferente unos con otros; esto lo corroboró Saltveit (1977), Lin y Saltveit (1993), quienes mencionaron que los frutos afectados por frío pierden el aroma, firmeza, sabor y color. Por otra parte Kader, (1980 y 1986) y Cantwell, (1999), mencionaron que debido a las temperaturas bajas a las que se almacenan los pimientos, estos tienden a sufrir cambios de color (pigmentos). Por las razones antes mencionadas, los frutos que sufrieron altibajas en la coloración, fueron los pimientos que no contaron con recubrimientos plásticos. **Firmeza:** todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales, sin embargo los tratamientos mejores fueron las películas plásticas F30, F50 y F60; mientras que el testigo fue el tratamiento que presentó el grado menor de firmeza (Cuadro 15). La razón por la que el testigo y los tratamientos con las películas plásticas fueron similares, quizás se debió principalmente a que los pimientos testigo, se encontraban muy deshidratados, que su epidermis se tornó bastante dura, por lo que si se hubiese prolongado el experimento, los pimientos testigo se hubieran tornado más y más duros a medida que se incrementara el tiempo de almacenamiento. Por otra parte, los pimientos que estaban almacenados en las películas plásticas, seguían manteniendo una consistencia muy buena de la epidermis, por lo que conservaron su valor comercial; lo anterior coincidió con Lurie y Ben-Yehoshua (1987), Otman (1989) y Namesny (1999), quienes mencionaron que al almacenar los pimientos en películas de plástico, disminuyeron fuertemente la pérdida de agua, por lo que la firmeza se mantuvo durante más tiempo. A diferencia de estos, el testigo perdió por completo su apariencia física y por ende su valor comercial. **Sólidos solubles totales (°Brix):** el testigo fue el tratamiento con la concentración mayor de azúcares, por lo que fue estadísticamente diferente a los tratamientos F50, F60 y F30, siendo estos últimos estadísticamente iguales (Cuadro 15). Los pimientos testigo presentaron un contenido alto de azúcares, lo cual

posiblemente se debió a que los frutos estaban muy senescentes, por lo que acumularon una gran cantidad de azúcares por una deshidratación excesiva, cosa que no sucedió con los pimientos que estaban empacados en películas plásticas; estos pimientos mostraron una presentación muy buena y no se detectaron daños físicos severos en ellos y síntomas de enfermedades, lo cual coincidió con lo dicho por Ttripathi y Gangwar (1971) y Orr (1953). **Ácido cítrico:** el testigo fue el tratamiento que presentó la concentración mayor de acidez, por lo que fue estadísticamente diferente a los otros tratamientos. Por otra parte, los tratamientos con películas plásticas F30 y F50 fueron estadísticamente iguales, y la concentración de ácido menor se observó en la película plástica F60, además de ser estadísticamente diferente a todos los demás tratamientos (Cuadro 15). Durante todas las evaluaciones, el testigo presentó el porcentaje de acidez más altos. Mientras que los pimientos con películas plásticas, mantuvieron concentraciones similares a lo largo del experimento, por lo que la acidez fue mejor en los tratamientos con películas plásticas. La relación mejor de **sólidos solubles totales (°Brix) – ácido cítrico** la presentó el tratamiento el tratamiento testigo, y fue diferente estadísticamente al resto de los tratamientos; el tratamiento F60 fue el segundo tratamiento con la relación mayor de azúcar – ácido, mientras que los tratamientos F50 y F30 fueron los que mantuvieron la relación menor, además de ser estadísticamente iguales y diferentes a los demás tratamientos (Cuadro 15). A pesar de que el testigo presentó la relación mejor azúcar – ácido, los frutos carecieron de valor aprovechable, y por consiguiente de valor comercial. Por otra parte, a pesar de que la película plástica F60, fue ligeramente mejor a las otras dos películas, no existieron diferencias en cuanto a la calidad comercial de los chiles, ya que todos los frutos lucían físicamente excelentes. La razón posible, por la que los frutos almacenados en películas plásticas se mantuvieron más homogéneos en el contenido de azúcares y acidez, se pudo deber a que las películas plásticas retardaron su maduración y senescencia, ya que los frutos incrementaron sus °Brix y acidez a medida que se incrementó la maduración y entraron en la senescencia, esto coincide con lo dicho por Ttripathi y Gangwar, (1971); Orr, (1953) y Cano *et al.*, (1993). Por esta razón, los frutos sin películas plásticas tendieron a envejecer más

rápido y aumentar sus ácidos y azúcares. En cuanto a la **pérdida de peso** se refiere, todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales, excepto el testigo (Cuadro 15). Los mejores tratamientos fueron F50, F30 y F60; el testigo fue el tratamiento que perdió la cantidad mayor de peso, ya que los frutos quedaron totalmente deshidratados, por lo que su pérdida de peso fue excesiva, dejando los frutos totalmente irreconocibles e inservibles para cualquier uso comercial en fresco. Lo antes mencionado coincide con lo mencionado con Mercado *et al.* (1996), Lurie *et al.*, (1986 y 1991) y Powell, (1995), quienes mencionaron que la causas que provocan la pérdida de calidad varían con la temperatura, y fundamentalmente por la pérdida de agua, que produce un ablandamiento (firmeza) del fruto y una disminución del peso importante. Por otra parte, los chiles que se almacenaron en películas plásticas, su pérdida de peso fue muy baja, de tal manera que en esta variable, los pimientos no sufrieron pérdidas considerables, por lo que los chiles no perdieron su valor comercial, ya que siempre mantuvieron el color verde brillante, firmes y atractivos a la vista (Cuadro 15).

Cuadro 15. Evaluación de las variables de calidad en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días. Datos promedio de la evaluación a los 40 días después de establecido el experimento.

Tratamientos	L	IS	AT	Firmeza	SST	Ac.Cítrico	SST/Ac	P. de Peso
Testigo ^Y	13.17 B ^Z	12.32 A	128.31 B	0.53 A	5.80 A	0.12 A	48.10 A	23.27 A
F30 ^{X1}	25.32 A	13.29 A	129.47 B	0.71 A	3.25 B	0.094 B	35.98 C	0.89 B
F50 ^{X2}	25.42 A	13.05 A	133.70 A	0.67 A	3.63 B	0.093 B	37.96 C	0.52 B
F60 ^{X3}	24.12 A	12.21 A	133.43 A	0.55 A	3.51 B	0.084 C	41.79 B	1.12 B
DMS	2.95	1.86	3.73	0.24	0.70	0.0085	2.52	1.95
R ²	0.83	0.26	0.70	0.35	0.92	0.94	0.95	0.99
CV	5.31	6.98	1.35	18.60	8.33	4.07	2.93	11.60

^Z Valores con la misma letra dentro de la misma columna, son estadísticamente iguales a una $P > 0.05$; r^2 = Coeficiente de correlación; DMS= Diferencia mínima significativa; CV= Coeficiente de variación; ^{X1} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.030 mm); ^{X2} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.050 mm); ^{X3} Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.060 mm); ^Y Sin películas plásticas. L= color (brillo; valor de L) de la epidermis de los frutos; IS= color (pureza; índice de saturación) de la epidermis de los frutos; AT= color (tono de la coloración; ángulo de tono) de la epidermis de los frutos; Firmeza= firmeza de la epidermis de los frutos ($\text{Kg}\cdot\text{f}\cdot\text{cm}^{-2}$); SST= °Brix (sólidos solubles totales); Ac. Cítrico= concentración de ácido cítrico; SST/Ac= relación azúcar-ácido; P. de Peso= pérdida de peso en porcentaje.

4.3. Evaluaciones en el tiempo de las variables de calidad de 0 a los 40 días después de establecido el experimento

El análisis de varianza ($\alpha=0.05$) y la comparación de medias de Tukey, mostraron diferencias significativas en las evaluaciones en el tiempo entre los tratamientos. Para los **valores de L**, se observó que las películas plásticas F50, F60 y F30 mostraron los cambios menores en el tiempo en comparación con el testigo (Cuadro 16), Además se observó que el valor inicial de L de los frutos fue muy similar con los datos obtenidos con la última evaluación, excepto en la evaluación a los 30 días, donde se observó que todos los tratamientos con películas plásticas disminuyeron sus valores de L, en relación con el resto de las evaluaciones. Los frutos del tratamiento testigo fueron los que mostraron los cambios mayores en el tiempo del valor de L, en cada una de las evaluaciones realizadas.

Índice de saturación (IS): en el comportamiento de esta variable fue muy similar con la obtenida con el valor de L, excepto a que en esta variable los comportamientos mejores de los valores en el tiempo fueron las películas plásticas F50, F30 y F60 (Cuadro 16); el testigo mostró los cambios mayores en los frutos en cada una de las evaluaciones.

En el **ángulo de tono (AT)**, los tratamientos mejores de las evaluaciones en el tiempo fueron las películas plásticas F60, F50 y F30, ya que mostraron poca variación en el AT en cada una de las evaluaciones, a diferencia de los frutos testigo, quienes presentaron valores de AT muy dispares, tanto en las evaluaciones en el tiempo, como en la primera y la última evaluación (Cuadro 16). En general las películas de polietileno de densidad baja, mostraron el comportamiento mejor en la variable color en comparación con los frutos testigo, los cuales durante todo el experimento mostraron valores muy dispares, reflejando en los frutos una calidad menor en relación a los almacenados en películas plásticas; lo anterior coincide con lo dicho por Risee (1989); Gorini y Uncini (1981) y Kader (1980).

Firmeza: los tratamientos que mostraron la firmeza mayor en las evaluaciones en el tiempo, fueron los frutos almacenados en las películas plásticas F60, F30 y F50, mientras que los pimientos testigo mostraron la firmeza menor durante todas las evaluaciones (Cuadro 16). Los pimientos de las películas plásticas mostraron una deshidratación menor desde el inicio hasta la última evaluación; esto quizás se debió, a la protección que brindaron las películas plásticas en los frutos, fenómeno que no sucedió en los pimientos testigo, los cuales al no contar con ningún cubrimiento que evitara su deshidratación, perdieron su valor comercial a partir de la evaluación realizada a los 20 días después de establecido el experimento. Lo antes mencionado, fue también indicado por Otman (1989), Ben-Yehoshua (1987) y Kader (1980).

Sólidos solubles totales (°Brix): los pimientos testigo presentaron el contenido de azúcares más alto en las evaluaciones en el tiempo, a este le siguieron los frutos almacenados en las películas plásticas F60, F50 y F30 (Cuadro 16). Estas presentaron una homogeneidad mejor en el contenido de azúcares. Por otra parte, el testigo mostró un contenido de azúcares mayor, ya que su senescencia y deshidratación fue más rápida que los frutos que se almacenaron en las películas; dicho comportamiento lo indicaron Tripathi y Gangwar (1971) y Orr (1953).

Concentración de ácido cítrico: Los frutos testigo presentaron el porcentaje de acidez más alto en las evaluaciones a través del tiempo. Los tratamientos con películas plásticas F60, F50 y F30 fueron quienes mostraron el porcentaje mejor de acidez respectivamente (Cuadro 16). Durante la maduración y senescencia, la acidez se incrementa, es por esta razón que el testigo fue quien presentó la cantidad de ácido mayor, lo que indicó una senescencia más rápida y por consiguiente una deshidratación mayor de los frutos, por lo que el ácido se concentró en una cantidad mayor, mientras que los frutos almacenados en películas plásticas, quizás redujeron el proceso de senescencia durante la poscosecha, manteniendo una concentración similar de acidez entre la primera y última evaluación; lo anterior fue determinado también por Cano *et al.* (1993), Herrero, (1992) y Hulme, (1983).

Relación sólidos solubles totales (°Brix) – ácido cítrico: Las películas plásticas F60, F50 y F30 mantuvieron la relación mejor azúcar-ácido a través del tiempo en comparación con el testigo, quien manifestó la relación menor (Cuadro 16). Sin embargo, los frutos testigo presentaron la relación mejor de azúcar-ácido a los 40 días después de establecido el experimento, pero los valores obtenidos en cada una de las evaluaciones fueron muy desiguales; sin embargo, los frutos almacenados en películas plásticas mostraron una uniformidad mayor durante las evaluaciones, por lo que se podría aseverar que estos frutos mostraron un periodo de conservación muy homogéneo. Por otra parte, los frutos testigo manifestaron desordenes fisiológicos (daños por frío y marchitamiento) en los frutos, los cuales tuvieron sus altas y sus bajas durante cada evaluación, debido quizás a las condiciones de almacenamiento en el que se encontraron; dicho comportamiento coincide con lo mencionado por Herrero (1992); Nuez y Gil (1996) y Reid (1980).

Pérdida de peso: durante las evaluaciones a través del tiempo, el testigo presentó el grado mayor de pérdidas de peso en los frutos con respecto a los demás tratamientos, por lo que las películas plásticas F30, F60 y F50 presentaron las pérdidas menores de peso en el tiempo (Cuadro 16). Los pimientos testigo en cada una de las evaluaciones mostraron disminuciones abruptas de pérdidas de peso, esto debido quizás a la deshidratación alta en la que se encontraban y que fue ocasionada principalmente por la transpiración alta de los frutos. Por otro lado, los frutos almacenados en películas plásticas, mostraron pérdidas pequeñas de peso durante las evaluaciones, ya que en ningún momento presentaron síntomas de pérdida de agua (deshidratación); esto coincidió con lo dicho por Mercado *et al.* (1996), Lurie, *et al.* (1991); Powell (1995); Otman (1989) y Ben-Yehoshua (1987).

Cuadro 16. Evaluación en el tiempo para cada una de las variables de calidad (color, firmeza, sólidos solubles totales, acidez, relación sólidos solubles totales-acidez y pérdida de peso), en frutos de pimiento morrón *Capsicum annuum* L. almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y al refrigerados a $7\pm1^{\circ}\text{C}$, durante 40 días.

Tratamientos	EVA	L	IS	AT	F	SST	Ac	SST/Ac	PP
F30 ^x	0	25	14	134	1.07	4.6	0.083	56.4	0
	20	24	14	131	0.73	4	0.091	40	0.20
	25	24	14	129	0.64	4.5	0.095	48	0.30
	30	22.5	12	128	0.60	4	0.099	39	0.40
	35	25	13	129	0.66	4.5	0.10	41	0.50
	40	25.5	13	129	0.66	4	0.10	36	0.53
F50 ^y	0	25	14	134	1.07	4.6	0.083	56.4	0
	20	24.5	14	134.4	0.61	4.2	0.085	50	0.06
	25	25	14	130	0.58	4	0.084	48	0.11
	30	23.5	12	134	0.55	3.7	0.09	40	0.15
	35	25	14.3	131	0.63	4.4	0.11	39	0.26
	40	25	13	133	0.66	4	0.09	38	0.31
F60 ^z	0	25	14	134	1.07	4.6	0.083	56.4	0
	20	25	14.4	134	0.63	4.4	0.08	68	0.07
	25	23.5	12.5	130.2	0.66	4.15	0.08	49	0.10
	30	23	11.4	134	0.58	3.8	0.09	38	0.16
	35	23	12.2	130.6	1.01	4.07	0.09	43.3	0.61
	40	24.6	12	133	0.60	4	0.08	41	0.67
Testigo ^w	0	25	14	134	1.07	4.6	0.083	56.4	0
	20	28	13	134	0.34	5.7	0.10	57	5
	25	29	11.3	131.8	0.42	4.3	0.10	40	7.6
	30	28	12	133.3	0.41	4.3	0.12	34.5	10.7
	35	28.3	12.2	130.5	0.32	4	0.13	29.2	11.8
	40	30	12	128	0.52	5.9	0.123	48	13.9

^x Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.030 mm); ^y Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.050 mm); ^z Película plástica (polietileno de densidad baja de 0.060 mm); ^w Sin películas plásticas; EVA= fecha de evaluación (días); L= color (brillo; valor de L) de la epidermis de los frutos; IS= color (pureza; Índice de saturación) de la epidermis de los frutos; AT= color (tono de la coloración; ángulo de tono) de la epidermis de los frutos; F= firmeza de la epidermis de los frutos ($\text{kg}\cdot\text{f}\cdot\text{cm}^{-2}$); SST= °Brix (sólidos solubles totales); Ac= acidez (concentración de ácido cítrico); SST/Ac= relación sólidos solubles totales (°Brix)-ácido cítrico; PP= pérdida de peso en porcentaje.

5. CONCLUSIONES

1. Las películas plásticas de polietileno de densidad baja F50 (0.050 mm), F30 (0.030 mm) y F60 (0.060 mm), mostraron valores constantes del **valor L** (brillo) y los **índices de saturación** mayores (pureza del color verde) con respecto al testigo. La película plástica F60 mostró el **ángulo de tono** mayor; lo que indico, que dichos frutos no mostraron cambios significativos en su color verde durante los 40 días de almacenamiento a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$.

2. Los frutos almacenados en las películas plásticas de densidad baja F60, F30 y F50 presentaron la **firmeza** mayor, y fueron significativamente superiores al testigo. Dichos pimientos mantuvieron siempre una consistencia y apariencia física excelente a lo largo de los 40 días.

3. Los pimientos almacenados en las películas plásticas de densidad baja (F60, F50 y F30), mantuvieron durante todo el experimento una concentración constante de **sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$)**, en comparación con el testigo, el cual aumentó sus $^{\circ}\text{Brix}$ durante 40 días de almacenamiento a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$.

4. Las películas plásticas de densidad baja F60 (0.060 mm), F50 (0.050 mm) y F30 (0.030 mm), conservaron una concentración constante de **ácido cítrico** en los pimientos, en comparación con el testigo; quien fluctuó sus concentraciones durante los 40 días de almacenamiento a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$.

5. Los pimientos empacados en las películas plásticas de densidad baja F60 y F50 presentaron la relación mayor de **sólidos solubles totales (°Brix) - ácido cítrico** en comparación con el testigo, durante 40 días a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$.

6. Los frutos almacenados en las películas plásticas de polietileno de densidad baja F50 (0.050 mm), F60 (0.060 mm) y F30 (0.030 mm) presentaron las **pérdidas de peso** menores con respecto al testigo. Los pimientos empacados en las películas plásticas no rebasaron el 1% durante 40 días de almacenamiento, ya que sus pérdidas fueron 0.25, 0.45 y 0.54% respectivamente; mientras que para el testigo fue de 13.70% a los 40 días después del almacenamiento.

7. Los frutos almacenados en las películas plásticas de polietileno de densidad baja (F30, F50 y F60) y el testigo, no mostraron síntomas de enfermedades durante todas las fechas de evaluación (0, 20, 25, 30, 35 y 40 días después del almacenamiento).

8. A los 40 días de almacenamiento a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, se observó que los frutos de pimiento morrón empacados en las películas plásticas F60 y F50, mostraron una apariencia física y calidad organoléptica muy buena, por lo que mantuvieron su valor comercial. Por tanto, se recomienda su uso, debido a que las variables de calidad tales como: color, sólidos solubles totales y porcentaje de ácido cítrico, no expresaron cambios significativos durante dicho período de almacenamiento. Además, mantuvieron a los pimientos con una firmeza mayor y evitaron las pérdidas de peso.

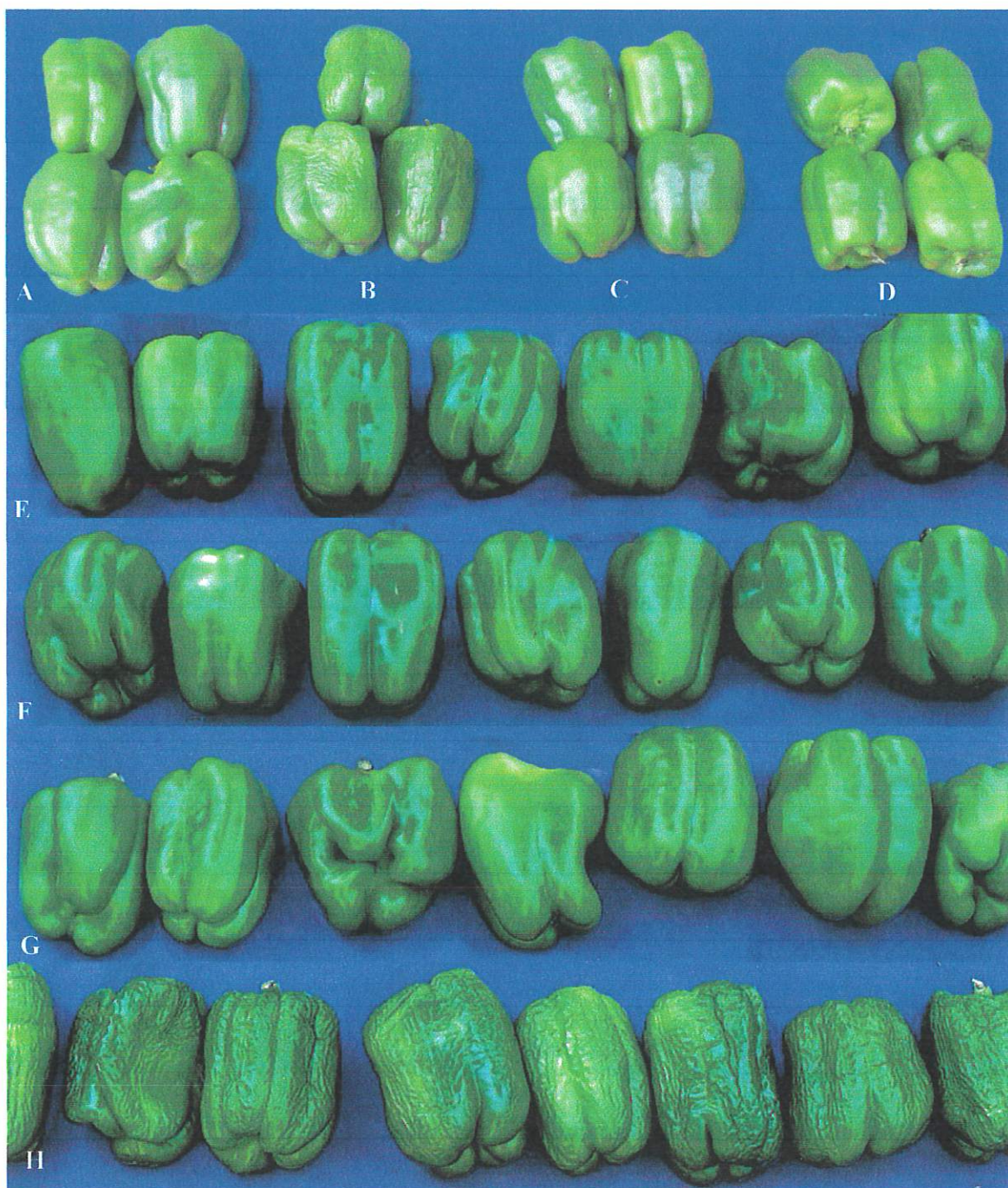


Figura 1. Apariencia visual de frutos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), almacenados en películas plásticas de polietileno de densidad baja y refrigerados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, a los 30 y 40 días después del almacenamiento (DDA). **A).** Película plástica de densidad baja de 0.060 mm (F60) a los 30 DDA; **B).** Frutos testigo a los 30 DDA; **C).** Película plástica de densidad baja de 0.050 mm (F50) a los 30 DDA; **D).** Película plástica de densidad baja de 0.030 mm (F30) a los 30 DDA; **E).** Película plástica de densidad baja de 0.060 mm (F60) a los 40 DDA; **F).** Película plástica de densidad baja de 0.050 mm (F50) a los 40 DDA; **G).** Película plástica de densidad baja de 0.030 mm (F30) a los 40 DDA; **H).** Frutos testigo a los 40 DDA.

6. LITERATURA CITADA

- Acosta R; M. 1997. Calidad de tres cultivares de papaya (*Carica papaya* L.) Cera, Maradol y Sunet, y la susceptibilidad a la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) en postcosecha. Tesis de Licenciatura del Departamento de Agroindustrias, UACH. Chapingo, México. pp. 49-75.
- Acosta R; M; D. Nieto A. 2002. Comportamiento de la Pulpa Negra y su Efecto en la Calidad de Frutos de Mango (*Mangifera indica* L) cv. Haden a Diferentes Temperaturas Postcosecha. Revista Mexicana de Fitopatología. 20: 31-39.
- Anandaswamy, B. 1959. Prepackaging studies on fresh produce: *Capsicum grossum* Sendt. (sweet peppers). Jour. Sci. And indus. Res. 18A(6):274-278.
- A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis. 14th ed. Association of Official Analytical Chemist. Arlington, Virginia. USA. 1200p.
- Artes Calero, F; S. Escriche .1998. Quality and shelf life of tomatoes improved by intermitent warming. Lebens. Wiss. Technol. 31.
- Arzate L; I. 2002. Virulencia y control de (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.), en frutos de papaya cv. Maradol. Tesis de Licenciatura en Agroindustrias. Facultad de Agronomía, UAEM, México. pp. 20-21.
- Ben-Yehoshua, S. 1985. Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film. A new postharvest technique. HortScience. 20(1): 32-37.
- Ben-Yehoshua, S.; B. Lurie; L. Shapiro; W. Risse. 1987. Relative importance of ethylene and water stress in the postharvest behavior of climateric tomato and nonclimacteric lemon and bell peppers fruit. Institute for Technology and Storage of Agricultural Products, The Volcani Center, Bet Dagan. Special Publication # 239: 145 (abstract).
- Ben- Yehoshua, S; B. Shapiro; Z. Even-Chen; S. Lurie. 1983. Mode of action of plastic film in extending life of lemon and bell peppers fruits by alleviation of water stress. Plant Physiol. 73: 87-93.
- Cano L; C. Fuster. 1993. Actividades enzimaticas de peroxidasa y polifenoloxidasa en frutos de papaya, cambios durante la maduración y procesado.

- Congelación de productos vegetales. Instituto del frío. Madrid, España. pp. 696-701.
- Cantwell, M. 1999. Optimum procedures for ripening peppers. UC Davis. Postharvest Technology Research and information center. Perishables Handling Quarterly # 87 aug 1996, March 1999. pp. 26-27.
- FAO. 2002. Faostat Agriculture Data (En línea). Disponible en <http://www.faostat.fao.org/abcda.htmx>. (Revisado el día 14 de octubre de 2003)
- Gorini, F. L.; L. Uncini. 1981. Influenza del confezionamento sulla qualita dei peperoni piccanti. Actas Instituto Sperimentale per la Valorizzazione Tecnologica dei Prodotti Agricoli, Vol. IV: 127-131. Citado por Namesny, 1999.
- Herrero A.; J. Guardia. 1992. Conservación de frutos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 161-217.
- Hulme, A.C. 1983. The Biochemistry of fruits and their products. Vol.2. Academic Press, London.
- Kader, A. A. 1980. Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres. Food Tecnohnology, march: 51-54.
- Kader, A. A. 1985. Ethylene-induced senescent and physiological disorders in harvested horticultural crops. HortScience 20: 54-57.
- Kader, A. A. 1986. Biochemical and biophysical basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technol. 40: 99-104.
- Lin, W. C; M. E. Saltveit. 1993. Ripening stage affects the chilling sensitivity of greenhouse grown peppers. J. Amer.Soc.Hort. Sci. 118(6): 791-795.
- Little, A. C. 1976. Physical measurements as predictor of visual appereance. Food Tech. 30(10): 76-82
- Lurie, S; B. Shapiro; S. Ben-Yehoshua. 1986. Effects of water stress and degree of ripeness on rate of senescence of harvested bell pepper fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. III. (6): 880-885.
- Lurie, S. y S. Ben-Yehoshua. 1987. Changes in membrana properties and abscissic acid during senescent of harvested bell pepper fruti. Institute for Technology

- and Storage of Agricultural Products, The Volcani Center, Bet Dagan. Special Publication 239:174-175 (abstract).
- Lurie, S; J. D. Klein. 1991. Acquisition of low temperatura tolerante in tomatoes by exposure to high temperaturas stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116 (6): 1007-1012.
- Mercado J; A.; M. Quesada A.; V. Valpuesta. 1996. Posrecolección del pimiento. HF-Hortoinformación 73: 30-34.
- Morris, L. L. 1979. Manejo postcosecha y fisiología de las cosechas hortícolas. Series 169. Numeros. 409-425. Universidad, Davis. USA.
- Namesny V; A. 1999. Post-Recolección de Hortalizas. Vol.III-Hortalizas de fruto. Compendio de horticultura No. 11. pp. 17-217.
- Namesny V; A. 1996. Pimientos, compendio de horticultura. Ediciones de Horticultura.S.L. pp. 81-93.
- Nuez V; F; O.Gil R. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajies. Ediciones mundiprensa. Madrid España. p. 607.
- Orr, K. J. 1953. The sugar and ascorbic acid content of papayas in relation to fruit quality. Food Res.18.pp.532.
- Otma, E. C.1989. Controlled atmosphere storage and filmwrapping of red bell peppers (*Capsicum annuum* L.) Acta Hortoculturae 258: 515-521.
- Powell, C. A. 1995. Culling tomatoes wiht external sytoms of irregular ripening is of limited Benedit. HortScience 30(2): 316-317.
- Reid, M. S. 1980. Uso del etileno en la biología y tecnología postcosecha. Universidad de California, Davis. USA. pp 51-54.
- Risse, L. A. 1989. Individual film wrapping of Florida fresh fruit and vegetables. Acta Hortoculturae 258: 263-270.
- Saltveit, M. E. 1977. Carbon dioxide, ethylene, and color development in ripening mature green bell peppers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(5): 523-525.
- Saltveit, M. E. 1989. Summary of CA requirements for vegetables. In: Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference. E. Kopferman and M. Patterson Eds. June 14-16, Wenatchee, Washington. Vol. 2: 329-352.

- SAS Institute, Inc. 1996. SAS Use's Guide. Statistics. Release 6.12 ed. SAS Institute, Inc. Cary, NC. 1028 p.
- Shapiro, B; N. G. Temkin-Gorodeiski; I. Gur. 1987. Extending the life of bell peppers by a combined application of individual seal-packaging and various fungicides. Institute for Technology and Storage of Agricultural Products, The Volcani Center, Bet Dagan. Special Publication # 239: 90-91 (abstract).
- Sobrino I; E; V. Sobrino E. 1989. Tratado de horticultura herbácea. Editorial AEDOS. Barcelona España. pp.229-231.
- Tripathi, R. S. And B. M. Gangwar. 1971. Biochemical changes as indices of maturity in Guavas (*Psidium guajava* L.) Progressive Horticulture. 3:17-22.

CAPITULO 3

CONTROL QUÍMICO DE LAS ENFERMEDADES PRINCIPALES DEL PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum* L) EN POSTCOSECHA.

RESUMEN

Se determinó la eficacia de los fungicidas azoxystrobin, trifloxystrobin y procloraz, en el control de las enfermedades inducidas por *Colletotrichum nigrum*, *Alternaria alternata* y *Phytophthora capsici* en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en postcosecha. Se realizaron incisiones de 1 mm de diámetro sobre la epidermis de los frutos, y se colocó una solución conidial de 0.1 mL^{-1} de cada hongo. *A. alternata* se inoculó en tres heridas; dos en la zona aledaña al pedúnculo, y la otra en una de las caras del fruto y se depositaron 2×10^5 conidios·mL⁻¹ en cada lesión; por otra parte *C. nigrum* y *P. capsici* se inocularon en una de las caras del fruto con una solución de 1×10^5 conidios·mL⁻¹ y 2×10^5 zoosporangiosporas·mL⁻¹ respectivamente; posteriormente, los pimientos se almacenaron a temperatura ambiente ($22 \pm 2^\circ\text{C}$) con humedad relativa entre 90 y 95%. Después de 24 horas, los pimientos inoculados se trataron con fungicidas; a dosis alta (500 ppm) y baja (300 ppm). Se determinó la severidad inducida por los hongos a los 2, 4, 6, 8, 10, y 12 días, y la eficacia de control de los fungicidas a los 12 días. La severidad inducida por *C. nigrum* se controló eficazmente con procloraz, azoxystrobin y trifloxystrobin en ambas dosis (500 y 300 ppm), con una efectividad del 100%. procloraz a 500 y 300 ppm, y azoxystrobin a 500 ppm, mostraron lesiones causadas por *A. alternata* de 0.6 , 0.9 y 1cm de diámetro respectivamente; y controlaron a este patógeno con una efectividad de 89, 74 y 72% respectivamente. *P. capsici* indujo lesiones en los frutos de 0.9 y 1.3 cm de diámetro en los pimientos tratados con azoxystrobin y procloraz a 500 ppm, estos fungicidas mostraron una efectividad de control de 82 y 72% respectivamente.

Palabras clave: *Colletotrichum nigrum*, *Alternaria alternata*, *Phytophthora capsici*, fungicidas.

CHEMICAL CONTROL OF MAIN DISEASES OF BELL PEPPER (*Capsicum annuum* L.) IN POSTHARVEST

SUMMARY

The effectiveness of the fungicides azoxystrobin, trifloxystrobin and procloraz on the control of diseases induced by *Colletotrichum nigrum*, *Alternaria alternata* and *Phytophthora capsici* on bell pepper (*Capsicum annuum* L) in postharvest was determined. Incisions of 1mm of diameter were done on the epidermis of fruits and a conidial solution of 0.1 mL^{-1} of each fungi was put on them. *A. alternata* was inoculated in three cuts; two in an area close to the peduncle and the other on one of the faces of the fruit and 2×10^5 conidia $\cdot \text{mL}^{-1}$ were deposited in each injury. On the other hand, *C. nigrum* and *P. capsici* were inoculated on one of the faces of the fruit with a solution of 1×10^5 conidia $\cdot \text{mL}^{-1}$ and 2×10^5 zoosporangiosporas $\cdot \text{mL}^{-1}$ respectively; later, the peppers were stored at environmental temperature ($22 \pm 2^\circ \text{C}$) with relative humidity between 90 and 95%. After 24 hours, the inoculated peppers were treated with fungicides under high (500 ppm) and low doses (300 ppm). The severity induced by fungi at 2, 4, 6, 8, 10 and 12 days was determined, and the effectiveness of the control of fungicides at 12 days was also determined. The severity induced by *C. nigrum* was effectively controlled by procloraz, azoxystrobin and trifloxystrobin in both doses (500 and 300 ppm) with a 100% effectiveness. rocloraz at 500 and 300 ppm and azoxystrobin at 500 ppm showed injures of 0.6, 0.9 and 1 cm of diameter caused by *A. alternata* and this pathogen was controlled with an effectiveness of 89, 74, and 72% respectively. *P. capsici* induced injuries of 0.9 and 1.3 cm of diameter in the peppers treated with azoxystrobin and procloraz at 500 ppm, these fungicides showed a control effectiveness of 82 and 72% respectively.

Key words: *Colletotrichum nigrum*, *Alternaria alternata*, *Phytophthora capsici*, fungicides

1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la postcosecha de los vegetales hay que tener muy presente que los frutos, unas veces cosechados, continúan siendo organismos vivos a los que, de alguna manera, se intenta preservar con las condiciones organolépticas mejores, el mayor tiempo posible. Sin embargo, en el proceso de frigoconservación, se observan cifras de pérdidas muy elevadas, esto debido a las enfermedades de postcosecha principalmente, por lo que el riesgo económico puede ser muy elevado; es decir, cuando por una circunstancia determinada, como es el caso de aislamientos de hongos resistentes en centrales de almacenes, la fruta se pudre en 30, 40, 50% o hasta 83%, lo cual supone una catástrofe al ser millones de kilos de fruta los que pueden ser afectados (Palazon, 1984).

Una característica general de los patógenos responsables de las pudriciones en cámaras frigoríficas, es su facilidad de aislamiento y de fructificación en medios de cultivo artificial. Por ello, al actuar con rigor, la identificación de las especies patogénicas se puede basar en la sintomatología en los frutos, características del medio de cultivo, características morfológicas e inoculaciones en frutos. Sin embargo, es raro que en una central hortofrutícola dispongan de laboratorio. Por ello, se debe presentar una atención especial a los caracteres sintomatológicos principales de la enfermedad, específicamente en las especies de importancia mayor. Las diferencias entre enfermedades con alteraciones fisiológicas, permitirá establecer los métodos de control más eficaces; las enfermedades pueden sufrir variaciones según se trate de una u otra especie de patógenos. Por tal motivo, hay que considerar los aspectos epidemiológicos, tales como la fuente de inóculo, es decir, lugar donde inverna el patógeno de un año a otro; modo de diseminación del inóculo, considerar las vías por donde penetra a los frutos y la influencia de las condiciones ambientales en la infección (Llácer y López, 2000). Las pérdidas de productos hortícolas por enfermedades en postcosecha varían en el mundo, y en los países subdesarrollados son mayores. Los frutos de pimiento morrón son atacados por una gran gama de patógenos, los cuales ocasionan pérdidas del producto en magnitudes diferentes, según sea el organismo involucrado (hongo o bacteria); sin

embargo, en México son escasos los trabajos que mencionan cuales son los organismos principales causantes de enfermedades del pimiento en postcosecha, pero que dentro de las que ocasionan pérdidas mayores se encuentran los hongos: *Alternaria alternata*, *Colletotrichum nigrum*, *Phytophthora capsici*, *Rhizopus* sp. y la bacteria *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (Vallejo, 2003). Los métodos disponibles para el manejo de enfermedades en la actualidad, se basan principalmente en medidas profilácticas (evitar heridas en los frutos), desinfección de cámaras y embalajes, así como los tratamientos de precosecha y postcosecha; en estos dos últimos se hace uso de productos químicos, por lo que se debe tener en cuenta el no superar los límites máximos de residuos, así como el evitar la resistencia, por lo que se debe hacer uso de la rotación de los fungicidas y productos autorizados en postcosecha (Dekker, 1983).

Debido a que los frutos de pimiento morrón en postcosecha son atacados por una gama de patógenos, estos contribuyen en gran medida a aumentar las pérdidas durante esta etapa; lo anterior se puede deber entre otras cosas, a los fungicidas que se han venido utilizando para el control de estas enfermedades, ya que han generado resistencia o ya no son eficaces. En México no se ha estudiado a fondo el uso de productos químicos para el control de enfermedades del pimiento morrón en postcosecha, por tal motivo es necesario probar productos nuevos que brinden un control más eficiente y que no rebasen los límites máximos de residuos; y así brindar alternativas nuevas y mejores que ayuden a resolver estos problemas. En base a lo anterior se realizó la presente investigación con los objetivos siguientes:

2. OBJETIVOS

- Determinar la eficacia de los fungicidas: azoxystrobin, trifloxystrobin y procloraz, en el control de las enfermedades inducidas por *Colletotrichum nigrum*, *Alternaria alternata* y *Phytophthora capsici* del pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en postcosecha.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Hongos utilizados

Los hongos usados en el experimento fueron: *Alternaria alternata*, *Colletotrichum nigrum* (antracnosis) y *Phytophthora capsici*. Los cuales fueron aislados de pimienta morrón, y purificados e identificados por Vallejo (2003), quien además les determinó su patogenicidad en el mismo hospedante. Dichos aislamientos monosporicos y monozoosporangiosporicos, se incrementaron en cinco cajas de petri con medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA).

3.2. Inoculación de los aislamientos y fungicidas probados

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de Hongos Fitopatógenos de la Maestría en Protección Vegetal del departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. Para realizar el experimento se utilizaron frutos visiblemente sanos de pimienta morrón; posteriormente, estos se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 3% durante 3 minutos, y finalmente se sumergieron en agua caliente a $52 \pm 1^\circ\text{C}$ por 3 minutos.

Se realizaron incisiones pequeñas (0.1 mm) sobre la epidermis de los frutos de pimienta. El hongo *A. alternata* se inoculó en tres heridas; dos en la zona aledaña al pedúnculo (hombros), y la otra en una de las caras del fruto, en cada una de las lesiones se colocó 0.1 mL de una solución conidial de 2×10^5 conidios $\cdot \text{mL}^{-1}$ de dicho hongo. *C. nigrum* se inoculó en una herida llevada a cabo en una de las caras del fruto y se colocó una solución conidial que contenía 1×10^5 conidios $\cdot \text{mL}^{-1}$. Para *P. capsici* se depositó 0.1 mL de una suspensión de 2×10^5 zoosporangiosporas $\cdot \text{mL}^{-1}$ en una sola herida realizada en una de las caras del fruto (Vallejo, 2003). Una vez inoculados los frutos, estos se colocaron en charolas de plástico que contenía en su interior papel esterilizado absorbente, el cual se humedeció con agua destilada esterilizada, con el fin de mantener la humedad relativa entre 90 y 95%, para el desarrollo óptimo de las enfermedades. Una vez colocados los frutos en las charolas, estos se cubrieron con una bolsa de plástico, a la cual se le hicieron unas

perforaciones, para que los frutos mantuvieran una aeración adecuada y no hubiera acumulación de gases que afectaran la expresión de los síntomas. Los frutos de pimiento permanecieron en estas condiciones durante 24 horas, posteriormente, se sacaron y sumergieron en agua con fungicidas; dosis alta (500 ppm) y baja (300 ppm) durante cinco minutos. Posteriormente, se colocaron nuevamente en cámaras húmedas durante 12 días. La severidad de las enfermedades se determinaron a los 2, 4, 6, 8, 10 y 12 días; mientras que la eficacia de los fungicidas se evaluó a los 12 días (Bello, 2003). Los fungicidas (tratamientos) evaluados, hongos probados y número frutos empleados en esta investigación se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Fungicidas y dosis evaluadas para determinar la severidad y eficacia de control en postcosecha de *Colletotricum nigrum*, *Alternaria alternata* y *Phytophthora capsici*, en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) a temperatura ambiente ($23 \pm 2^\circ\text{C}$), durante 12 días.

Tratamientos	Patógenos utilizados en el ensayo y número de frutos			Frutos Totales
	<i>C. nigrum</i>	<i>A. alternata</i>	<i>P. capsici</i>	
Azoxystrobin 500ppm ^x	4 ^y	4	4	12
Azoxystrobin 300ppm	4	4	4	12
Trifloxystrobin 500 ppm	4	4	4	12
Trifloxystrobin 300 ppm	4	4	4	12
Prochloraz 500 ppm	4	4	4	12
Prochloraz 300 ppm	4	4	4	12
Testigo	4	4	4	12
Frutos Totales	28	28	28	84

^xConcentración en partes por millón (ppm); ^yNúmero de frutos en cada tratamiento.

3.3. Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron la severidad de cada uno de los tratamientos, inducida por cada patógeno y la eficacia de control de cada uno de los fungicidas.

3.4. Efectividad biológica de los fungicidas

Para conocer la efectividad de los fungicidas en el control de los patógenos del pimiento, se usó la variable severidad de la enfermedad; la cual se determinó a través del diámetro de la lesión en los frutos (severidad de la enfermedad), inducido por los hongos utilizadas en el experimento; el diámetro de la lesión se expresó en

centímetros. Para conocer la eficacia de cada uno de los fungicidas evaluados, se utilizó la fórmula de Abbott (1925).

$$ET = \frac{ST - st}{ST} \times 100$$

Donde:

ET = Eficacia del control del fungicida

ST = Porcentaje de severidad (centímetros del diámetro de la lesión) en el testigo

St = Porcentaje de severidad (centímetros del diámetro de la lesión) en cada tratamiento (fungicidas evaluados)

3.5. Diseño experimental

La unidad experimental estuvo compuesto por un fruto con cuatro repeticiones, y se empleó un diseño completamente al azar.

3.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos del experimento, se procesaron y analizaron a través de un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación de medias de Tukey ($\alpha \geq 0.05$), con la ayuda del programa estadístico SAS (SAS Institute, Inc., 1996).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Severidad de las enfermedades inducidas por *C. nigrum*, *A. alternata* y *P. capsici*

4.1.1. *Colletotrichum nigrum*

El análisis de varianza ($\alpha=0.05$) y la prueba de Tukey señalaron diferencias significativas entre los fungicidas evaluados, en lo que se refiere a la severidad de las enfermedades inducida por *C. nigrum*, *A. alternata* y *P. capsici* en frutos de pimiento morrón. En la severidad inducida por *C. nigrum*, los fungicidas trifloxystrobin, azoxystrobin y procloraz, fueron los tratamientos mejores, ya que no permitieron el desarrollo de la severidad de la antracnosis (*C. nigrum*) menor y además, fueron estadísticamente iguales; por otra parte el testigo fue el tratamiento que presentó la severidad mayor de dicha enfermedad (Cuadro 2). Los pimientos que fueron tratados con los fungicidas tanto en dosis bajas y altas, no presentaron síntomas de la enfermedad en ninguno de los frutos, por lo que se pudo aseverar que los tres fungicidas utilizados son efectivos contra este patógeno. Lo anterior coincide con Gutierrez (2001), quien mencionó que la inmersión de frutos de mango en azoxystrobin y trifloxystrobin tuvieron una severidad muy baja de la antracnosis; por su parte, Acosta *et al.* (2002 a), reportaron que el fungicida trifloxystrobin en dosis de 200, 500 y 1000 ppm mostró una severidad de la antracnosis (*C. gloeosporioides*) muy baja en frutos de papaya; y baja con azoxystrobin ocho días después del tratamiento con frutos inoculados. Así mismo, Muirhead (1981), evaluó soluciones de procloraz, en enfermedades de papaya en postcosecha, y determinó que el procloraz dio un control excelente de la antracnosis (*Colletotrichum* sp.). Por otra parte, la BCPC (1995), mencionó que el procloraz está registrado en diferentes países para el control de enfermedades postcosecha de aguacate, cítricos, mango y papaya, y que para el control de la antracnosis en estos cultivos ofrece resultados muy buenos.

4.1.2. *Alternaria alternata*

Los tratamientos que mostraron la severidad menor de la enfermedad inducida por el hongo *A. alternata*, fueron el procloraz en su dosis alta y baja; ambas fueron estadísticamente iguales, seguidos por azoxystrobin en su dosis alta, quien fue estadísticamente igual al procloraz en su dosis baja, y trifloxystrobin en su dosis baja. Los fungicidas que permitieron una severidad mayor fueron azoxystrobin y trifloxystrobin en sus dosis baja y alta respectivamente. Sin embargo, el testigo fue el tratamiento que presentó la severidad mayor de la enfermedad en los frutos de pimiento morrón (Cuadro 2). De los tratamientos que se probaron, sin duda alguna el fungicida que protegió mejor a los frutos y las lesiones en estos no alcanzaron el centímetro de diámetro; fue en primera instancia el procloraz en su dosis alta y en segundo lugar la dosis baja; y esto coincide con Zauberman *et al.*, (1975), quienes señalaron que los patógenos postcosecha más importantes de los frutos de aguacate: (*Colletotrichum* sp., *Dothiorella* sp., *Lasiodiplodia* sp., y *Alternaria* sp.) fueron controlados excelentemente con procloraz. A su vez, Yacer López (2000), mencionó que el procloraz es uno de los ingredientes activos más utilizados para el control de *Alternaria* spp. en postcosecha. Por otro lado, la BCPC (1995), señaló al procloraz como un fungicida bastante bueno para el control de *Alternaria* spp. en postcosecha. De el resto de los fungicidas, el azoxystrobin en dosis alta permitió el crecimiento de un centímetro en el diámetro de la lesión en los frutos de pimiento, por lo que se puede decir que la severidad de la enfermedad fue moderada, sin embargo, la producción de micelio en las lesiones fue abundante; esto se puede corroborar con lo dicho por Felix (2002), quien mencionó que “*In vitro*”, el fungicida azoxystrobin a dosis de 7 y 10 ppm inhibió en un 98 y 99% la germinación de los conidios de *Alternaria alternata*, pero no redujo el desarrollo micelial del mismo, en frutos maduros de tomate para la industria. Así mismo, Reuveni y Sheslov (2002), inocularon frutos maduros de manzano, con una suspensión conidial de *Alternaria alternata*, y los trató con el fungicida Azoxystrobin, el cual controló bien a la enfermedad, pero no evitó el crecimiento micelial y el desarrollo conidial del mismo. El fungicida Trifloxystrobin en sus ambas dosis no ofreció un control bueno de la enfermedad, ya que la severidad inducida por *Alternaria* sp. fue muy notoria, en los

frutos tratados con este producto, así como una producción abundante de micelio en los frutos afectados. Los pimientos testigo fueron los afectados más severamente por el hongo, dando como resultado, frutos totalmente inservibles y cubiertos con una producción abundante de micelio.

4.1.3. *Phytophthora capsici*

La severidad de la enfermedad inducida por *P. capsici* en frutos de pimiento, fue bastante notoria, ya que los fungicidas que ofrecieron un control moderado fueron el azoxystrobin a dosis alta y el procloraz a dosis alta y baja respectivamente; aun cuando todos los fungicidas en sus dosis diferentes fueron estadísticamente iguales, a excepción del azoxystrobin en su dosis baja, ya que este no aminoró la severidad causada por *P. capsici* en los pimientos tratados. El testigo fue el tratamiento más dañado por la enfermedad, aun cuando fue estadísticamente igual a todos los tratamientos, a excepción del azoxystrobin en su dosis alta (Cuadro 2). Dentro los fungicidas utilizados, era de esperarse que no aminoraran eficazmente la severidad de *P. capsici* en los frutos de pimiento, ya que estos no son específicos contra este tipo de patógenos, como lo son otros fungicidas, sin embargo los resultados obtenidos con el fungicida azoxystrobin en la severidad de *P. capsici*, son muy parecidos con lo obtenido por Pérez (2003), quien probó los fungicidas TCMTB (2-tiocianometil), azoxystrobin, metalaxyl y propamocarb contra aislamientos de *P. capsici*, y encontró que los fungicidas TCMTB (2 tiocianometil) y metalaxyl presentaron el control mejor de la enfermedad, mientras que el azoxystrobin tubo un control bueno. Además, cabe señalar que en este experimento, el azoxystrobin inhibió la producción de micelio de *P. capsici* en los frutos de pimiento morrón a diferencia del resto de los fungicidas, donde el micelio siempre se mantuvo activo. El procloraz protegió ligeramente a los frutos de los daños provocados por la enfermedad, y esto es hasta cierto punto razonable, ya que este fungicida es bastante bueno en postcosecha (BCPC, 1995), pero no se encontraron reportes de que tenga un efecto muy bueno contra *P. capsici*. Por otro lado, el resto de los tratamientos (fungicidas a sus diferentes dosis y el testigo), no disminuyeron

significativamente la severidad de la enfermedad, por lo que los frutos quedaron inservibles para algún uso alimenticio o comercial.

Cuadro 2. Severidad de enfermedades inducidas por *Colletotrichum nigrum*, *Alternaria alternata* y *Phytophthora capsici*, en frutos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) tratados con los fungicidas trifloxystrobin, azoxystrobin y procloraz en postcosecha. Datos promedio de seis evaluaciones realizadas durante 12 días.

Tratamientos	Severidad de las enfermedades causadas por ^y		
	<i>C. nigrum</i>	<i>A. alternata</i>	<i>P. capsici</i>
Testigo	1.0 A ^z	2.6 A	2.6 A
Trifloxystrobin(Db)	0.0 B	1.7 C	1.9 ABC
Trifloxystrobin(Da)	0.0 B	2.3 A	1.7 ABC
Azoxystrobin (Db)	0.0 B	1.9 BC	2.1 AB
Azoxystrobin (Da)	0.0 B	1.0 D	0.9 C
Procloraz (Db)	0.0 B	0.9 DE	1.6 ABC
Procloraz (Da)	0.0 B	0.6 E	1.3 BC
DMS	0.3514	0.3985	1.1783
r ²	0.702633	0.928660	0.564182
CV	226.4141	22.60310	60.26557

CV= Coeficiente de Variación; r² = Coeficiente de correlación; DMS= Diferencia mínima significativa; (Db)= Dosis baja, (Da)= Dosis alta; ^yLa severidad se evaluó a través del diámetro de la lesión (cm); ^z Las medias con letras iguales dentro de columnas son estadísticamente iguales, de acuerdo con la prueba de Tukey (P≥0.05).

4.2. Eficacia de los fungicidas azoxystrobin, trifloxystrobin y procloraz

4.2.1. *Colletotrichum nigrum*

El análisis de varianza ($\alpha=0.05$) y la prueba de Tukey mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, excepto en la eficacia de los fungicidas en el control de *C. nigrum*, en donde la eficiencia de todos los productos fue igual estadísticamente (Cuadro 3). Los fungicidas trifloxystrobin, azoxystrobin y procloraz en sus dosis alta y baja, mostraron una eficacia de 100% en el control de la antracnosis; es decir, *C. nigrum*, no indujo ningún síntoma de daño sobre los frutos de pimiento morrón, 12 días después del tratamiento, por lo que se puede concluir que estos productos son altamente eficientes para el control de este patógeno (Cuadro 3); lo antes mencionado ha sido corroborado por Acosta *et al.*, (2002 b); De los Santos (2002); Gutiérrez y Romero (2001); Llácer y López (2000) y Muirhead (1981).

4.2.2. *Alternaria alternata*

La eficacia de los fungicidas en el control de *A. alternata* fue muy dispar. Los tratamientos mejores para el control de *A. alternata* fue el fungicida procloraz en su dosis alta y baja respectivamente, y le siguió el azoxystrobin en su dosis alta; sin embargo, los tratamientos antes mencionados fueron estadísticamente iguales. El azoxystrobin en su dosis baja y trifloxystrobin en sus dos dosis, fueron estadísticamente iguales, y fueron los fungicidas menos eficaces en controlar a la enfermedad inducida por *A. alternata* (Cuadro 3). Sin duda alguna, el tratamiento mejor fue el procloraz en su dosis alta, ya que los frutos tratados con este fungicida presentaron una eficacia de 89%, y manifestaron una apariencia excelente, además el micelio del hongo quedó inhibido totalmente; esto mismo sucedió con el mismo fungicida, pero en su dosis baja, con una eficacia de 74%, solo que a diferencia del primero, los daños en los frutos fueron ligeramente mayores. El azoxystrobin en su dosis alta fue muy similar al procloraz en su dosis baja, ya que mostró una eficacia de 72%, pero a diferencia del segundo fungicida, el azoxystrobin no inhibió el desarrollo del micelio del hongo, por lo que *A. alternata* siempre estuvo latente; dichos resultados coinciden con lo mencionado por Felix (2002) y Reuveni y Sheglov (2002); por otra parte Solel y Oren (1997), menciona que uno de los fungicidas mejores para el control de *A. alternata* pv. *citri* en cítricos (*Citrus reticulada* y *C. paradisi*), fue el procloraz. En cuanto a los tratamientos con azoxystrobin en dosis baja y el trifloxystrobin en ambas dosis, manifestaron un control muy bajo sobre la enfermedad, ya que el patógeno siempre estuvo activo en los frutos, y las lesiones sobre los pimientos fueron las de tamaño mayor (Cuadro 3).

4.2.3. *Phytophthora capsici*

En la enfermedad inducida por *P. capsici*, a pesar de que todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales; el grado de eficacia de cada uno de los fungicidas, fue muy diferente para el control de *P. capsici*. El tratamiento que ofreció el control mejor de la enfermedad fue el azoxystrobin en su dosis alta, seguido del procloraz en su dosis alta; mientras que el trifloxystrobin en sus dos dosis, procloraz y azoxystrobin en sus dosis bajas, presentaron las eficacias más bajas y además

fueron muy similares (Cuadro 3). El fungicida azoxystrobin mostró una eficacia de 82% sobre la enfermedad inducida por *P. capsici* e inhibió el desarrollo micelial del mismo, a pesar de que este fungicida no es específico contra este hongo; sin embargo, se ha reportado que puede tener buena acción contra Oomycetes (Terralia, 1998 y Zeneca, 1996); por otra parte Pérez (2003), mencionó que este fungicida ejerció una buena eficacia de control contra este patógeno, sin ser mejor que los fungicidas específicos para Oomycetes. Por otra parte el procloraz presentó una eficacia moderada (71%), sin llegar a ser buena; a pesar de que no es un fungicida que este reportado para controlar a hongos del género *Phytophthora*, sí es un fungicida muy utilizado en hongos postcosecha y que además presenta un espectro amplio en el control de patógenos, como lo menciona la BCPC (1995); quizás esta sea la razón por la que tubo cierto efecto sobre *P. capsici*. En cuanto al resto de los fungicidas (tratamientos), solo se puede decir que su eficacia sobre *P. capsici* no fue tan buena, ya que el tipo de control que ofrecieron sobre este patógeno en frutos de pimiento morrón en postcosecha fue muy bajo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Eficacia de los fungicidas trifloxystrobin, azoxystrobin y procloraz en el control de las enfermedades del pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) inducidas por *Colletotrichum nigrum*, *Alternaria alternata* y *Phytophthora capsici* en postcosecha. Datos usados a los 12 días después del tratamiento.

Tratamientos	Eficacia de los fungicidas en las enfermedades provocadas por ^y		
	<i>C. nigrum</i>	<i>A. alternata</i>	<i>P. capsici</i>
Trifloxystrobin(Db)	100.0 D ^z	35 B	36 A
Trifloxystrobin(Da)	100.0 C	21 B	47 A
Azoxystrobin (Db)	100.0 B	39 B	41 A
Azoxystrobin (Da)	100.0 A	72 A	82 A
Procloraz (Db)	100.0 F	74 A	56 A
Procloraz (Da)	100.0 E	89 A	71 A
DMS	0	27.448	75.542
R ²	0	0.936399	0.501753
CV	0	16.07449	44.92217

CV= Coeficiente de variación; R² = Coeficiente de correlación; DMS= Diferencia mínima significativa; (Db)= Dosis baja; (Da)= Dosis alta; ^yLa eficacia de los fungicidas esta dada en porcentaje; ^z Las medias con letras iguales dentro de columnas son estadísticamente iguales, de acuerdo con la prueba de Tukey (P≥0.05).

5. CONCLUSIONES

1. Los pimientos tratados con procloraz, azoxystrobin y trifloxystrobin en dosis de 500 y 300 ppm, no manifestaron síntomas de antracnosis (*Colletotrichum nigrum*).
2. El procloraz a 500 ppm permitió una severidad inducida por *Alternaria alternata*, en los frutos de pimiento morrón de 0.6 cm (diámetro de las lesiones); mientras que procloraz a 300 ppm mostró un daño de 0.9 cm y azoxystrobin (500 ppm) dio lugar a lesiones de 1 cm de diámetro sobre los frutos de pimiento. El resto de los tratamientos presentaron heridas en los frutos, con más de 1 cm de diámetro.
3. El diámetro de las lesiones inducidas por *Phytophthora capsici* en los frutos tratados con azoxystrobin fue de 0.9 cm; mientras que el procloraz de 1.3 cm; los demás tratamientos presentaron lesiones mayores a 1.5 cm de diámetro en los pimientos.
4. *C. nigrum* fue controlada eficazmente con los fungicidas procloraz, azoxystrobin y trifloxystrobin a dosis de 300 y 500 ppm; con una efectividad del 100% en los frutos de pimiento, 12 días después del tratamiento.
5. Los fungicidas mejores para el control de *A. alternata* fueron el procloraz a dosis de 300 y 500 ppm, con una efectividad de 74 y 89% respectivamente. Mientras que el azoxystrobin (500 ppm) tuvo una eficacia de control de *A. alternata* de 72% en los pimientos tratados.
6. *P. capsici* se controló con azoxystrobin a 500 ppm con una efectividad de 82%; mientras que el procloraz (500 ppm) presentó una efectividad de control de 72% en frutos de pimiento morrón, 12 días después del tratamiento.

6. LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
- Acosta R; M; D. Nieto A. 2002a. Enfermedades postcosecha de frutos de papaya. *Memorias del XXVIII Simposio Nacional de Parasitología Agrícola*. Acapulco, Guerrero, México. pp.105-109.
- Acosta R; M; D. Nieto A. 2002b. Control químico de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) en frutos de papaya cv. Maradol. En: *Memorias del Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*. Monterrey, Nvo. León, México. F27.
- Acosta R; M; D. Nieto A. 2002. Comportamiento de la Pulpa Negra y su Efecto en la Calidad de Frutos de Mango (*Mangifera indica* L) cv. Haden a Diferentes Temperaturas Postcosecha. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 20: 31-39.
- A.O.A.C. 1984. *Official Methods of Analysis*. 14th ed. Association of Official Analytical Chemist. Arlington, Virginia. USA. 1200p.
- Arzate L; I. 2002. Virulencia y control de (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.), en frutos de papaya cv. Maradol. Tesis de Licenciatura en Agroindustrias. Facultad de Agronomía, UAEM, México. pp. 20-21.
- BCPC. 1995. *Crop Protection Publications*. British Crop Protection Council. p. 436.
- Bello R; A. 2002. Patogenicidad y control de aislamientos de la antracnosis y pudrición del pedicelo en frutos de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en postcosecha. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola, UACH. Chapingo, México. pp. 40-45.
- Dekker, J. 1983. The fungicide-resistance problem. *Neth. J. Plant Pathol. Suppl.* 1: 159-167.
- De los Santos, G; B. F, Romero. 2002. Effect of different fungicides in the control of *Colletotrichum acutatum*, causal agent of anthracnose crown rot in strawberry plants. *Crop Protection* 21: 11-15.

- Felix G; R. 2002. Control del moho negro, *Alternaria alternata* en frutos de tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill), considerando unidades calor y variables ambientales para la aplicación de Azoxystrobin. Revista Mexicana de Fitopatología 20: 72-76.
- Gutiérrez A; J. 2001. Manejo integrado de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) del mango en postcosecha. Tesis Doctoral en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. p. 104.
- Llácer G y M. López M. 2000. Patología vegetal. Sociedad Española de Fitopatología. Grupo Mundi Prensa. pp. 967-964.
- Muirhead, I. F. 1981. Postharvest diseases of tropical and subtropical fruits. Proc. Postharvest Hortic. Worksshop, Brisbane, Queensl. pp. 125-30.
- Palazon, I. J. 1984. Estudio de los problemas patológicos de la conservación de peras y manzanas en la provincia de Zaragoza. Diputación Provincial de Zaragoza Publ. 990: 149 pp.
- Pérez M; L. 2003. Compatibilidad fisiológica y sensibilidad a funguicidas de aislamientos de *Phytophthora capsici* Leo. Revista Mexicana de Fitopatología. Volumen 21 Numero 1, 2003.
- Reuveni, M; D, Sheglov. 2002. Effects of azoxystrobin, difenoconazole, polyoxin B (polar) and trifloxystrobin on germination and growth of *Alternaria alternata* and decay in red delicious apple fruit. Crop Protection 21: 951-955.
- SAS Institute, Inc. 1996. SAS Use's Guide. Statistics. Release 6.12 ed. SAS Institute, Inc. Cary, NC. 1028 p.
- Solel, Z. and Y. Oren. 1997. Control of *Alternaria alternata* brown spot of mineola tangelo with fungicides. Crop Protection. 16(7): 659-664.
- Terralia. 1998. Azoxystrobin (en línea) Disponible en <http://www.terralia.com>. Revista 4. Febrero de 1998. (Revisado el 17 de octubre de 2003).
- Vallejo P; M. R. 2003. Enfermedades del pimiento morrón (*Capsicum annuum* L), en Postcosecha. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola, UACH. Chapingo, México. pp. 40-45.

Zauberman, G. 1975. La lutte contre les pucerons de l'avocat et Son effect sur l'2
changement de la teneur des champignons pathogènes des fruits. Fruits 30 :503-
04.

Zeneca Professional Products. 1996. Boletín técnico del fungicida (Azoxystrobin),
Wilmington. 4p.