



F
Tesis
3179
C.2

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**ATMÓSFERAS MODIFICADAS EN DOS ESPECIES DE
AROMÁTICAS: ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L. var
Pupurascens) Y TOMILLO (*Thymus vulgaris*, L.)**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



PRESENTA:

MIRSSA LORENA CHÁVEZ RIVERA

CHAPINGO, MÉXICO, MARZO DE 2010



BIBLIOTECA

La presente tesis titulada "Atmosferas modificadas en dos especies de aromáticas: Albahaca (*Ocimum basilicum* L. var *Pupurascens*) y Tomillo (*Thymus vulgaris*, L.)" realizada por la alumna Biol. Mirssa Lorena Chávez Rivera, bajo la supervisión del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS.

ESPECIALISTA EN HORTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

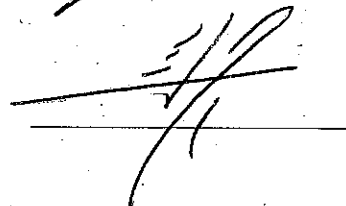
Consejero

Dra. María Teresa Martínez Damián



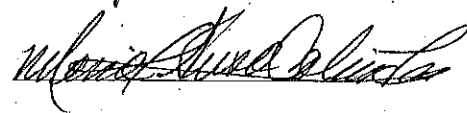
Asesor

Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez



Asesor

Dra. María Teresa Colinas León



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo por permitirme formar parte de una Institución de excelencia académica y noble tradición. Siempre me trataste con cariño y fuiste un hogar estos dos años, ahora puedo considerarme orgullosamente "Chapinguera".

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado durante mi formación académica.

A la Dra. Ma. Teresa Martínez Damián por presidir mi Consejo Asesor y en todo momento contar con su consejo, paciencia y dedicación para concluir exitosamente esta tesis.

Al Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez por su invaluable apoyo en la realización de este trabajo, disponibilidad y paciencia en todo momento a lo largo de estos dos años.

A la Dra. María Teresa Colinas León por formar parte del Consejo Asesor y por su colaboración académica en la realización de la tesis.

A mi madre Dolores Rivera Portocarrero por todo su amor y confianza, por enseñarme que debo aferrarme a mis sueños y no abandonarlos jamás aún cuando el camino se torne difícil. Nunca perdiste la fe y lo logramos.

A mis abuelos María de la Luz y Agustín, así como a mi familia que siempre me brindaron su apoyo, consejo y en los momentos más difíciles me alentaron a seguir adelante.

A Gabriel Cortes, el amigo que me enseñó que el éxito solo se logra con el esfuerzo constante, que las soluciones no llegan por si solas hay que salir a buscarlas y a escribir las fallas del otro a lápiz para poder borrarlas y empezar de nuevo.

A mis amigos de la UAM-I Andrea, Evelyn, Reyes y David por estar a mi lado en cada triunfo y en los momentos difíciles. A todos mis compañeros del Posgrado y de Chapingo que me ofrecieron su amistad sincera en especial a Eduardo, Lidia y Lizbeth, me llevo un grato recuerdo de esta etapa en mi vida.

DATOS BIOGRÁFICOS

La autora del presente trabajo, Bióloga Mirssa Lorena Chávez Rivera, nació en la Ciudad de México. Realizó estudios de Educación Superior en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, donde cursó la carrera de Licenciatura en Biología de 2001 a 2006. Realizó la Maestría en Ciencias en Horticultura en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo durante el periodo 2008 – 2009.

**ATMOSFERAS MODIFICADAS EN DOS ESPECIES DE AROMÁTICAS: ALBAHACA
(*Ocimum basilicum* L. var *Pupurascens*) Y TOMILLO (*Thymus vulgaris*, L.)**

**MODIFIED ATMOSPHERES OF TWO AROMATIC HERBS: BASIL (*Ocimum basilicum* L. var
Pupurascens) AND TIMUS (*Thymus vulgaris*, L.)**

Mirssa Lorena Chávez Rivera¹ y Ma. Teresa Martínez Damián²

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito evaluar el efecto de empaques o atmósfera modificada (bolsa plástica de cierre hermética, bolsa plástica convencional y Charola de poliestireno con cubierta de pliofilm; y de 2 temperaturas (6° C y ambiente 20° C), sobre la calidad poscosecha, de albahaca (*Ocimum basilicum*, L. var. *Pupurascens*) y tomillo (*Thymus vulgaris*, L.) en un período de almacenamiento de 15 días. Para ello se realizó un ensayo bajo un diseño experimental completamente al azar con 3 repeticiones. Los resultados mostraron que en términos de porcentaje de sólidos solubles totales, acidez titulable y pérdida de peso, concentración de carotenos, clorofila total, amonio, así como la evaluación hedónica para color, olor y calidad visual, la temperatura de 6° C tuvo la mejor capacidad de conservación ya que mostró un efecto benéfico en el alargamiento de la vida poscosecha en las dos hierbas aromáticas durante los 15 días de evaluación. Con respecto a empaques, la bolsa hermética y bolsa plástica tuvieron el mejor comportamiento al favorecer su apariencia visual y conservar sus características fisicoquímicas por más tiempo. No se presentaron diferencias entre especies, para ambas estas fueron las mejores condiciones. Por lo que se recomienda emplear temperaturas bajas de refrigeración (6° C) y empaques de bolsa hermética o plástica los cuales conservaron mejor sus características y prolongaron su vida útil.

Palabras clave: temperatura, vida poscosecha, empaque, apariencia visual, calidad

ABSTRACT

This study was conducted in order to evaluate the effect of two temperatures (6°C and 20 °C) and three modified atmospheres (MA) specifically, that of a ziploc bag, a standard plastic bag, and a polystyrene tray with a pliofilm cover – for 15 days on the postharvest quality of two species of aromatic herbs: Basil (*Ocimum basilicum*, L. var. *Pupurascens*) and Thyme (*Thymus vulgaris*, L.). A factorial experiment was carried out in a completely random arrangement with three repetitions. For each species, the following factors were evaluated: percentage of total soluble solids, titled acidity and weight loss, carotenes, total chlorophyll, and ammonia content. In addition, a hedonic evaluation was performed for color, smell and visual appearance after 15 days in modified atmospheres. Storage within the modified atmospheres showed a beneficial effect by lengthening the postharvest life of the 2 aromatic herbs that were evaluated for 15 days. The best preservation treatment for Basil took place at 6° C; the Ziploc bag preserved the visual appearance better, whereas the pliofilm cover reduced the quality but showed the best percentage of weight loss. For Thyme, the sample stored at 6° C proved to have a longer post harvest lifespan, while the one kept at 20° C showed reduced quality in addition to showing physiological disorders. The ziploc bags and the standard plastic bags better preserved their characteristics and lengthened their useful life.

Key words: temperature, postharvest lifespan, visual appearance, quality.

¹ Tesista

² Director de tesis

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
1. INTRODUCCION	1
1.1 OBJETIVO	3
1.2 HIPOTESIS	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Importancia de las hierbas aromáticas	4
2.2. Mercado de las hierbas aromáticas	5
2.3. Cultivo de plantas aromáticas	6
2.4. Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i> , L.) var. <i>Pupurascens</i>	7
2.4.1. Descripción botánica	7
2.5. Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> , L.)	7
2.5.1. Descripción botánica	7
2.6. FISILOGIA Y FACTORES POSCOSECHA DE LAS HIERBAS AROMATICAS	8
2.6.1. Factores ambientales	9
2.6.1.1. Temperatura	9
2.6.1.2. Humedad relativa	10
2.6.1.3. Pérdida de Peso	11
2.6.2. Factores fisiológicos y bioquímicos	12
2.6.2.1. Respiración	12
2.6.2.2. Etileno	13
2.7. Valoración y criterios de calidad	14
2.7.1. Madurez	15

2.7.2. Aspecto tamaño y forma	16
2.7.3. Contenido de azúcares y composición de ácidos orgánicos	16
2.7.4. Color	17
2.7.5. Sabor y olor	19
2.8. Alternativas de almacenamiento para productos frescos	19
2.9. Utilización de Atmósferas de almacenamiento	20
2.10. Preparación para el mercado e Importancia del empaque	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Ubicación	24
3.2. Especies vegetales	24
3.3. Factores de estudio y diseño de tratamientos	25
3.4. Unidad experimental	25
3.5.1. Sólidos solubles totales (° Brix)	26
3.5.2. Porcentaje de acidez titulable	26
3.5.3. Concentración de clorofila y carotenos (mg·100 g de materia seca) ...	27
3.5.4. Contenido de amonio (mg·100 g de materia seca)	27
3.5.5. Porcentaje de pérdida de peso fresco	28
3.5.6. Evaluación Hedónica	28
3.5.7 Análisis estadístico	29
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Albahaca	30
4.1.1. Análisis de varianza	30
4.2. Comparación de medias	31
4.2.1. Factor Temperatura	31
4.2.2. Factor Atmósferas modificadas (Empaque)	32
4.2.3. Factor tiempo de almacenamiento	33
4.2.4. Interacción temperatura x empaque	34
4.2.5. Interacción temperatura x días de almacenamiento	35
4.2.7. Interacción empaque x días de almacenamiento	36
4.2.8. Correlación de Kendall para escala hedónica	38
4.3. Tomillo	39

4.3.1 Análisis de varianza	39
4.3.2. Factor temperatura	40
4.3.3. Factor atmósferas modificadas (empaque)	41
4.3.4. Factor días de almacenamiento.....	43
4.3.5. Interacción temperatura x empaque	44
4.3.6. Interacción temperatura x días de almacenamiento	45
4.3.7. Interacción empaque x días de almacenamiento.....	46
4.3.8. Correlación de Kendal para escala Hedónica.....	48
5. CONCLUSIONES.....	50
6. LITERATURA CITADA.....	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de varianza. Cuadrados medios para cada una de las variables en estudio de Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i> L. var <i>Pupurascens</i>) en Chapingo, Méx.....	31
Cuadro 2. Comparación de medias de seis variables en dos temperaturas en Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i> L. var <i>Pupurascens</i>) en Chapingo, Méx.....	32
Cuadro 3. Comparación de medias de seis variables en tres empaques en Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i> L. var <i>Pupurascens</i>) en Chapingo, Méx.....	33
Cuadro 4. Comparación de medias de seis variables en seis fechas de evaluación en Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i> L. var <i>Pupurascens</i>) en Chapingo, Méx.	34
Cuadro 5. Comparación de medias de la interaccion entre temperaturas y empaques evaluados en Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i> L. var <i>Pupurascens</i>) en Chapingo, Méx.....	35
Cuadro 6. Comparación de medias de la interacción temperatura x días de almacenamiento evaluados en Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i> L. Var. <i>Pupurascens</i>) en Chapingo, Méx.....	36
Cuadro 7. Comparación de medias de la interacción entre empaque x días de almacenamiento evaluados en Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i> L. Var. <i>Pupurascens</i>) en Chapingo, Méx.....	37
Cuadro 8. Correlación de Kendal (prueba no paramétrica) de las variables evaluadas en Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i> L. var <i>Pupurascens</i>) en Chapingo, Méx.	38

Cuadro 9. Análisis de varianza. Cuadrados medios para cada una de las variables en estudio de Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> , l) en Chapingo, Méx.	40
Cuadro 10. Comparación de medias de seis variables en dos temperaturas en Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> , l) en Chapingo, Méx.....	41
Cuadro 11. Comparación de medias de tres empaques en Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> , l) en Chapingo, Méx.....	42
Cuadro 12. Comparación de medias de seis días de almacenamiento en Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> , l) en Chapingo, Méx.....	43
Cuadro 13. Comparación de medias de la interacción temperatura x empaque evaluados en Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> ,l) en Chapingo, Méx.....	45
Cuadro 14. Comparación de medias de la interacción temperatura x días de almacenamiento evaluados en Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> , l.) en Chapingo, Méx.....	46
Cuadro 15. Comparación de medias de la interacción entre empaque x días de almacenamiento evaluados en Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> , l.) en Chapingo, Méx.....	47
Cuadro 16. Correlación de Kendall (prueba no paramétrica) de las variables evaluadas en Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> , l) en Chapingo, Méx.....	48

1. INTRODUCCION

El consumo doméstico e industrial de condimentos y hierbas aromáticas se ha incrementado en los últimos años, como consecuencia del cambio de las pautas culturales en el consumo de alimentos, sustituyendo el consumo de alimentos procesados por alimentos frescos e inocuos.

Durante el 2006, se comercializaron en el mundo 2, 616,974 toneladas de hierbas aromáticas y se ha seguido incrementando de 7 a 12% la superficie destinada a su cultivo. El comercio internacional comprende aproximadamente 450,000 toneladas anuales y crece con tasa anual sostenida superior al 2 %, destacando China como el principal país exportador y como principales importadores Japón, Alemania, Reino Unido, Estados Unidos y Canadá, con una derrama económica de 5,000 millones de dólares.

En América Latina, la demanda en el mercado de hierbas frescas ha incrementado su producción y exportación, consolidándose México como proveedor destacado de plantas aromáticas, debido a las relaciones comerciales con los principales importadores de estos productos: E.U.A y Canadá. La producción de Albahaca en México en el 2008 fue de 2, 150, 160 toneladas generando una derrama económica de 30, 837, 440 millones de

pesos y para Tomillo la producción fue de 73, 350 toneladas, generando divisas por 22, 750 millones de pesos.

La calidad de las hierbas frescas consiste en conservar la turgencia, textura, color, concentración de aceites y la amplia variedad de compuestos aromáticos. La manera principal en que se comercializan es como producto seco ya que su transporte es más fácil, sin embargo, debido a su sabor recién cosechadas son cada vez más demandadas en fresco. Aunque su comercialización no ha sido exitosa debido a que son altamente perecederas, factor que puede reducirse realizando algunas prácticas poscosecha como manipulación de la temperatura, humedad relativa y control de la atmósfera. La vida poscosecha de las hierbas se ha observado que se alarga si se modifica el ambiente durante el almacenaje, así la vida de los productos hortícolas puede extenderse si se reduce la concentración de oxígeno y se aumenta la concentración de CO₂, por tal razón se han desarrollado sistemas de almacenamiento en atmósferas controladas o atmósferas modificadas.

El uso de las Atmósferas modificadas o controladas es un complemento del manejo de temperatura y humedad relativa apropiadas. El desarrollo de estas tecnologías se ha incrementado durante el transporte, almacenamiento temporal o a largo plazo de los productos hortofrutícolas a fin de asegurar la frescura e inocuidad de los alimentos perecederos destinados al mercado en fresco y obteniendo beneficios en la reducción cuantitativa y cualitativa de pérdidas durante el manejo poscosecha. Como una aportación al manejo poscosecha de especies aromáticas, se propuso evaluar dos temperaturas de

almacenamiento con atmósfera modificada de dos especies de hierbas aromáticas: albahaca (*Ocimum basilicum* L. Var. *Pupurascens*) y tomillo (*Thymus vulgaris* L.).

1.1 OBJETIVO

Evaluar el efecto de dos temperaturas de almacenamiento y tres atmósferas modificadas en dos especies de hierbas aromáticas; albahaca (*Ocimum basilicum*, L. var. *Pupurascens*) y Tomillo (*Thymus vulgaris*, L.), con el fin de prolongar la vida poscosecha.

1.2 HIPOTESIS

La utilización de Atmósferas Modificadas (AM) y bajas temperaturas aumentan la vida poscosecha, al disminuir daños fisiológicos, y conservar sus propiedades fisicoquímicas en mayor tiempo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia de las hierbas aromáticas

El consumo de hierbas aromáticas se ha incrementado en los últimos años, en países como Japón, Estados Unidos de Norteamérica, Canadá, Alemania, Francia, España e Italia donde se utilizan especias e ingredientes de la más alta calidad en la elaboración de platillos gourmet. En México, los principales estados productores son Morelos, Baja California Sur y estado de México, los cuales obtuvieron en 2005 más de 135 millones de pesos por la venta de 3, 245 toneladas de albahaca, albahaca orgánica, romero, romero orgánico, y menta orgánica (SAGARPA, 2009). Dentro de estas especies destaca la producción de albahaca y tomillo; en México se siembran 472 hectáreas de albahaca, con un rendimiento de $5.16 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ y una producción de 2, 232 toneladas, lo que representan un valor de \$28,000.00 por tonelada.

En tanto, el tomillo, es un cultivo que va ganando terreno en el mercado de las plantas aromáticas; en el año 2000 sólo se sembraban en el país 5 hectáreas, para el año 2008 se sembraron 22.75 hectáreas, esto es, un incremento del 460% en cuanto superficie sembrada, el rendimiento medio de tomillo es de $3.33 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ con un valor de la producción de \$23,000.00 por tonelada (SIAP, 2009).

Ante la creciente demanda de hierbas aromáticas en el mercado externo, la Coordinación General de Promoción Comercial y Fomento a las Exportaciones de ASERCA apoya a los productores de este ramo y de otras cadenas agroalimentarias a participar en ferias y exposiciones internacionales para promover más su consumo y, de esta manera, fortalecer las ventas en el mercado externo (SAGARPA, 2009).

En años recientes estas especies se han visto favorecidas por la publicidad y una corriente de interés por comidas exóticas, de la más alta gastronomía, que requieren de salsas, granos, semillas, pastas, mezclas de hierbas y condimentos; donde la utilización de estas últimas, como antioxidantes o conservadores, es para reemplazar sabores artificiales ocasionando el resurgimiento e interés en su utilización (Berzins, 2004).

2.2. Mercado de las hierbas aromáticas

El principal mercado para las plantas aromáticas lo constituyen los países de la Comunidad Económica Europea, donde existe la tradición de consumo y por lo tanto es un mercado relativamente estable. En cuanto a los precios, estos fluctúan de acuerdo a la variedad, origen, calidad del producto y cantidad adquirida (Boreño, 1999). En México se tiene estimado que existen cerca de 30, 000 especies de plantas que se comercializan frescas o deshidratadas, de las cuales, 250 especies provienen de la zona centro y sur del país (Betancourt y Gutiérrez, 1999). Las exportaciones de hierbas aromáticas mostraron un

crecimiento del 488%, al exportarse en el 2007, 1,315 toneladas con un valor de 24 millones 440 mil pesos. Siendo las más cotizadas la salvia, la menta, el orégano, la albahaca y el tomillo. Actualmente, ninguna de las empresas mayoristas del país maneja el total de estas especies, algunas incluso, se dedican principalmente a comercializar plantas nacionales y otras tienen preferencia por las especies extranjeras (Hersch, 1996).

2.3. Cultivo de plantas aromáticas

El cultivo de hierbas aromáticas y medicinales es hacedero, estas plantas tienen la capacidad de crecer en una amplia variedad de climas y zonas edáficas, ya que utilizan poca cantidad de nutrimentos del suelo, crecen bien en suelos con buen drenaje, arenosos y poca pendiente, además de tolerar la acidez del suelo más que otras plantas (De Baggio, 1988; Scheldeman., *et al.* 2002).

En México no hay tradición para el cultivo de estas plantas, no obstante, esta situación ha comenzado a revertirse en la actualidad, ya que el cultivo de estas plantas genera recursos económicos y empleos directos al agro, países de medio oriente, Asia e incluso, países europeos han desarrollado el cultivo de estas plantas, de los cuales extraen productos y subproductos aplicables en la industria alimenticia, químico-farmacéutica y cosmetológica (Boreño, 1999).

2.4. Albahaca (*Ocimum basilicum*, L.) var. *Pupurascens*

2.4.1. Descripción botánica

La albahaca es una planta herbácea anual, de tallos erectos y ramificados con una altura promedio de 30 cm. Sus hojas son alargadas de 2 a 7 cm, lanceoladas, ligeramente dentadas y opuestas. Sus flores son blancas, rosadas o púrpuras como en el caso de la albahaca morada, esta variedad es similar a la italiana de hojas completamente moradas, como característica presenta una inflorescencia originalmente blanca, a medida que va avanzando su madurez, se torna lila, hasta alcanzar una tonalidad morada.(Ibar, 1981). Es originaria de Persia y Asia menor, se ha extendido su cultivo por las regiones templadas, sobre todo por los países de la cuenca mediterránea. Se puede cultivar a altitudes que van desde 0 a 1000 m.s.n.m en un clima templado y templado-cálido, no resiste temperaturas inferiores a -2° C, por tanto heladas. Requiere de suelos francos, ricos en materia orgánica y (Muñoz, 1987).

2.5. Tomillo (*Thymus vulgaris*, L.)

2.5.1. Descripción botánica

Pequeño arbusto perenne perteneciente a la familia de las labiadas, originario del Sur de Europa. Es una planta que alcanza 30 cm de altura con numerosas ramas erectas de color marrón claro. Las hojas son lineales de 4 a 8 mm,

pediceladas oblongas, opuestas y ligeramente blancas por el envés. Sus flores son axilares y agrupadas en la extremidad de las ramas de color blanco o rosado. Su fruto es un tetraquenio de color marrón. Se adapta a gran cantidad de suelos ligeramente ácidos y alcalinos. El tomillo se desarrolla muy bien en climas secos, cálidos y templados, es resistente a la sequía y a las heladas, no tolera el exceso de humedad. Florece desde marzo en adelante. (Muñoz, 1987).

2.6. Fisiología y factores poscosecha de las hierbas aromáticas

Las hierbas frescas se deterioran después de la cosecha, debido a la producción de etileno, la degradación de enzimas y proteínas que causan el incremento en la tasa respiratoria, así como la pérdida de agua durante su manejo (Forney., *et al*, 1999). Las condiciones ambientales y culturales a las cuales fueron expuestas durante el período de almacenamiento afectan la respiración, transpiración, composición química, apariencia externa, madurez, deterioro, sabor, calidad y otras características pos cosecha (Yahia e Higuera, 1992).

2.6.1. Factores ambientales

2.6.1.1. Temperatura

La temperatura es uno de los factores que más afectan el mantenimiento de la calidad poscosecha de los productos hortofrutícolas y ornamentales (Guadarrama, 2001). Tras su recolección, los productos se transportan y almacenan a temperaturas reducidas, para prolongar su vida. En el almacenamiento a temperatura ambiente se debe evitar la exposición del producto a la radiación solar directa, para que no se eleve la temperatura y se alteren sus procesos fisiológicos. No obstante, aunque se proteja de los incrementos de temperatura, existe el riesgo de pérdida de agua, que confluente en un detrimento en su apariencia. La máxima reducción de los procesos implicados en el deterioro y eficacia en el mantenimiento de la calidad, debería lograrse a temperaturas ligeramente por encima del punto de congelación, o por encima de aquellas a las que los productos sensibles al frío comienzan a deteriorarse (Hardenburg, 1988; Willis, 1998). La actividad enzimática de las frutas y hortalizas disminuye a 30° C o se inactivan a 40° C. La exposición continua de algunos frutos a temperaturas en torno a 30° C facilita la maduración de su porción comestible, pero inhibe su pigmentación. Cuando un producto se mantiene a temperaturas superiores a 35° C, su metabolismo transcurre anómalamente y la integridad de sus membranas se degrada, alterándose su organización celular y degradándose con rapidez. Las modificaciones producidas se caracterizan, con frecuencia, por la

despigmentación y es frecuente que los tejidos se tornen acuosos y translúcidos (Charley, 1991).

Según Namesney (1993), el almacenamiento a bajas temperaturas de algunas hortalizas, altera el equilibrio de azúcares ya que cierta cantidad de estos se degrada a dióxido de carbono por vía la respiratoria. Para la mayoría de las hierbas, la temperatura óptima de almacenamiento es de 0 a 7° C y una humedad relativa de 95 a 98%. Bajo estas condiciones, se mantiene una calidad aceptable durante 10 días a una temperatura de 10° C o bien, de 3 semanas a 0° C, ya que se reduce la velocidad de respiración, la producción de etileno, el proceso de maduración, senescencia y otros cambios que conducen al deterioro (Cantwell y Reid, 2006).

2.6.1.2. Humedad relativa

La humedad relativa (HR) expresa el contenido en agua del aire húmedo y se define como el cociente de la presión de vapor de agua en el aire y la presión de vapor de agua a saturación, a la misma temperatura expresado en porcentaje. Cuando se colocan en una atmósfera confinada productos hortofrutícolas que contienen agua, el contenido de agua del aire aumenta o disminuye hasta alcanzar la humedad relativa en equilibrio (HRE), esta es una propiedad característica del producto y su contenido en agua, es especialmente importante porque pequeñas reducciones de la actividad del agua y del potencial del agua equivalentes a una reducción de la HRE alrededor del 95%

inhiben el crecimiento de la mayor parte de bacterias y hongos que causan deterioro del producto. Una alta humedad relativa durante el almacenamiento minimiza la transpiración y la pérdida de agua de los productos, también ayuda a mantener su turgencia y retardar la senescencia. La humedad del aire en las cámaras de almacenamiento incide sobre la calidad de los productos sometidos a él. Una humedad demasiado baja estimula el marchitamiento o el encogimiento de la mayoría de los productos hortofrutícolas (Brady, 1993; Namesney, 1993; Willis., *et al*, 1998).

2.6.1.3. Pérdida de Peso

La mayoría de las frutas y hortalizas contienen entre el 80 y el 95% de agua por peso, parte de la cual se pierde por evaporación, de ahí que las pérdidas de agua equivalen a pérdidas de peso comercial y, por lo tanto, de su valor en el mercado, las cuales pueden ser significativas. La importancia de las medidas tendientes a minimizar la pérdida de agua en poscosecha reside en que los frutos continúan transpirando después de la cosecha (Kader, 2002). En numerosos productos hortícolas, pérdidas de peso de sólo 5% producen en pocas horas marchitamiento y pérdida del aspecto fresco deseable, si se presenta una temperatura relativamente alta y una humedad relativa baja, las pérdidas de agua disminuyen la tendencia de los frutos a crujir al ser masticados y aceleran la maduración, también producen cambios indeseables en el color y la calidad nutritiva (Cameron, 1995). Las hierbas frescas pierden agua rápidamente a través de las hojas después de la cosecha, es necesario

protegerles del sol y colocados en condiciones de almacenamiento adecuado (Guadarrama, 2001).

2.6.2. Factores fisiológicos y bioquímicos

2.6.2.1. Respiración

Existe una relación inversa entre la vida útil poscosecha y las tasas de los procesos de la respiración y transpiración. A medida que las tasas son mayores, más corta será la vida poscosecha, de ahí la necesidad de utilizar técnicas adecuadas de almacenamiento que garanticen una comercialización eficiente del producto, en términos de mercado. Todos los procesos relacionados con la maduración de los frutos, incluyendo variaciones químicas y bioquímicas, requieren de la utilización de la energía metabólica, la cual es suministrada por la actividad respiratoria durante la poscosecha, cuya magnitud va a estar correlacionada con la vida útil, comercializable o de consumo de los frutos y hortalizas después de ser cosechados (Fonseca., *et al*, 2000).

Una vez alcanzada la madurez fisiológica los procesos de respiración y transpiración continúan. La velocidad de estos procesos va a ser variable dependiendo de las características específicas de cada rubro en particular y de las condiciones ambientales donde permanecerán almacenados (Namesny, 1993).

La senescencia de las hierbas frescas es un proceso metabólico activo muy relacionado a la tasa de respiración, la medición de esta puede ser usada para determinar que tan perecedero es un producto (Cantwell y Reid, 1993). Para reducir pérdidas poscosecha como consecuencia de estos procesos de deterioro naturales como la respiración y la transpiración, los frutos deben ser almacenados en condiciones adecuadas. Una de las técnicas para preservar la vida útil de los productos es la refrigeración, mediante la cual la tasa respiratoria es disminuida por los efectos de las bajas temperaturas afectando su actividad metabólica (Yahia e Higuera, 1992).

2.6.2.2. Etileno

En la atmósfera controlada durante el almacenamiento, se pueden acumular compuestos volátiles, desprendidos por el producto vegetal o procedente de otras fuentes. El más importante de estos compuestos es el etileno, su acumulación por encima de ciertos niveles críticos, puede reducir la vida útil del producto almacenado. Dentro del grupo de hormonas relacionadas con la maduración de frutas y hortalizas, el etileno constituye una de las más determinantes en el proceso. El etileno es activo fisiológicamente a concentraciones muy bajas y sus efectos pueden ser benéficos o indeseables, ya que pueden acelerar la senectud de los mismos a consecuencia de su producción autocatalítica ya que es capaz de estimular su propia síntesis. Cuando frutos y hortalizas se someten a daños mecánicos, aumentos de temperatura ambiental, reducción de la humedad relativa o hay incidencia de

enfermedades, durante la poscosecha, se incrementa la producción de etileno. Por otro lado cuando los productos hortofrutícolas son colocados a temperaturas adecuadas de refrigeración o en atmósferas modificadas o controladas, disminuyen las tasas de producción de etileno (Salisbury y Ross, 1994; Yahia e Higuera, 1992).

Aunque el etileno puede ser necesario para que algunas frutas y hortalizas maduren adecuadamente después de su almacenamiento, casi siempre se trata de minimizar la exposición al etileno en productos almacenados. También hay que considerar que el etileno puede afectar negativamente a las hierbas aromáticas presentando síntomas como decoloración o amarillamiento en hojas, caída de hojas, reblandecimiento, desarrollo de compuestos amargos y epinastia (Kenneth., *et al*, 1989).

El etileno parece actuar estimulando la síntesis de enzimas como las hidrolasas de la pared celular, incluyendo pectinasas, celulasas, clorofilasas, proteasas, enzimas degradativas del almidón y las enzimas para la síntesis del etileno, y puede actuar alterando la permeabilidad de la membrana y los procesos de transporte (Forney., *et al*, 1999).

2.7. Valoración y criterios de calidad

La calidad debe definirse, en función del uso a que el producto va a ser destinado. Las normas de calidad deben, por consiguiente, establecerse con carácter diferenciado para el mercado, para el almacenamiento, para el

transporte, para el consumo y para el procesado. Los criterios de calidad pueden dividirse en factores internos y externos. En lo que se refiere al producto para la venta, los criterios externos adquieren primordial importancia. En hierbas aromáticas la calidad consiste en conservar la turgencia, textura, color, concentración de aceites y compuestos aromáticos, estos componentes son principalmente visuales: frescura, uniformidad en tamaño y libre de defectos como hojas dañadas (Cantwell y Reid, 2006).

2.7.1. Madurez

La maduración de los productos hortofrutícolas está acompañada de un conjunto de cambios físicos, químicos y fisiológicos, en este conjunto de cambios, se incluyen la transformación de sustancias de la pared celular produciéndose el ablandamiento, cambios en la pigmentación incluyendo desaparición de pigmentos como la clorofila y aparición visual de otros pigmentos como carotenoides y antocianinas; cambios en el olor y sabor de los frutos como consecuencia de la producción de compuestos volátiles y transformación de materiales de reserva como el almidón para acumularse en forma de azúcares en el fruto maduro; cambios en la permeabilidad de membranas celulares y cambios en la actividad respiratoria durante la maduración (Guadarrama, 2001). Las determinaciones del grado de madurez deben ser simples y de fácil aplicación en el campo, en hierbas aromáticas se ha utilizado conocer el tiempo transcurrido desde la floración o desde la siembra ya que está relacionada con la concentración de constituyentes químicos como

contenido de compuestos aromáticos, que se encuentran en su máxima concentración justo antes de la floración (Muñoz, 1987).

2.7.2. Aspecto tamaño y forma

El tamaño constituye un importante criterio de calidad que puede apreciarse mediante la determinación de la longitud, la anchura y en el caso de hortalizas de hoja el peso o volumen del producto. La forma es un criterio que con frecuencia permite distinguir entre diversas variedades o cultivares, el consumidor exige que el producto tenga determinada forma y rechaza los ejemplares que no la presenten, así como aquellas que presentan defectos como marchitez, daños mecánicos recibidos e incidencia de enfermedades. Así pues el aspecto externo es un determinante fundamental de la calidad por ser con frecuencia el único criterio de que el consumidor se sirve para juzgarla (Watada., *et al*, 1996; Yahia e Higuera, 1992).

2.7.3. Contenido de azúcares y composición de ácidos orgánicos

Los azúcares juegan un papel importante en la aceptación del sabor para el consumo en fresco de frutos y hortalizas e incluso para su procesamiento industrial. La cantidad de sólidos solubles totales que refleja principalmente el contenido de azúcares, se utiliza como indicador de la calidad y la madurez fisiológica de los productos hortofrutícolas. La mayoría de las frutas y hortalizas son ricos en ácidos orgánicos, siendo los más comunes y abundantes cítrico,

tartárico y málico para especies de hierbas aromáticas. Desde el punto de vista de la calidad, se utiliza mucho el valor de la acidez titulable como indicador del contenido de ácidos orgánicos totales presentes (Guadarrama, 2001). Durante la maduración fisiológica, con frecuencia, decae la acidez muy rápidamente, (Willis., *et al*, 1998). La acidez titulable, se incrementa durante el desarrollo, para alcanzar un valor máximo aproximadamente en la madurez fisiológica, para luego empezar a disminuir hasta ser utilizados como sustratos para la respiración (Greengras, 1995).

2.7.4. Color

Una de las características distintivas de las frutas y hortalizas es la de presentar una gran variedad de colores, las modificaciones de color durante su maduración han sido relacionadas con la transformación del almidón en azúcar, que le proporciona un sabor dulce y con el desarrollo de otros atributos deseables. Para una valoración visual del grado de madurez de numerosos frutos y hortalizas se utilizan cartas con patrones de pigmentación (Azevedo, 2005). Según Gonzalez-Aguilar., *et al*, (2005), el cambio más evidente de color se debe a la degradación de la clorofila, la síntesis o aparición visual de carotenos y antocianinas. Esta modificación en la pigmentación, es acompañada por la transformación de cloroplastos en cromoplastos, organelos donde se acumulan básicamente los carotenoides.

La degradación de la clorofila durante la maduración puede realizarse como consecuencia de incrementos en la actividad de enzimas específicas, modificando la estructura del pigmento y otra es por la degradación de la clorofila por la acción de los ácidos del medio, ambas vías dan como resultado que se pierda el color verde de la clorofila (Lichtenthaler, 1987).

Los carotenos son compuestos liposolubles y son bastante estables como pigmentos, pueden conservar su estructura química, aun en estados avanzados de maduración. Los carotenos le confieren a los frutos colores amarillos, anaranjados, rojos y sus combinaciones, característicos para cada fruto en particular. Se puede observar la variación en la composición de los diferentes tipos de carotenos, lo que sugiere que el color particular de un fruto maduro, se debe a las combinaciones particulares de diferentes carotenos (Azevedo, 2005), los patrones de síntesis o aparición visual de carotenos durante la maduración de los frutos, pueden seguir diferentes rutas según la especie hortofrútica (Scheldeman, 2002). Los cambios de color durante la maduración y senescencia son influenciados por las condiciones de almacenamiento, particularmente los cambios de verde a amarillo. En almacenamientos de alto CO_2 y bajo O_2 se reduce la pérdida de clorofila y otros pigmentos, incluidos antocianinas, xantofilas y carotenos (Mattheis y Fellman, 2000).

2.7.5. Sabor y olor

La degradación de los compuestos fenólicos incluyendo los taninos contribuye a que la astringencia de hortalizas y frutos vaya disminuyendo, lo cual le confiere las características organolépticas deseadas por el consumidor (Shafiur, 2002). Es importante considerar que la presencia de altos contenidos de compuestos fenólicos, sobre todo en estado inmaduro les confiere una astringencia indeseable lo cual se atribuye a que los compuestos fenólicos forman complejos con las proteínas de la saliva haciendo que esta pierda su capacidades lubricantes dando la sensación desagradable que sentimos en el gusto cuando se consumen algunos vegetales verdes (Forney., *et al*, 1999).

El sabor puede ser alterado por el almacenamiento en atmósferas modificadas, cuando el CO₂ y O₂ se mantienen en un nivel de tolerancia, el deterioro del sabor, esta dado por la combinación de la reducción de azúcares, acidez y cambios en otros componentes. Los malos sabores resultan de la acumulación de etanol y acetaldehído (Mattheis y Fellman, 2000), un rasgo característico, es la producción de compuestos volátiles, como aldehídos, alcoholes y esterres (Guadarrama, 2001).

2.8. Alternativas de almacenamiento para productos frescos

Para algunos vegetales y frutas lo mejor es mantenerlos a temperatura ambiente y se debe evitar la exposición del producto a la radiación solar directa, para que no se eleve su temperatura y se alteren sus procesos fisiológicos, no

obstante existe el riesgo de pérdida de agua, que desemboca en deterioro de la apariencia (Brosnan.,*et al*, 2001). La refrigeración en poscosecha permite almacenar por un periodo mayor y un adecuado enfriamiento conduce a la reducción de la respiración, transpiración, crecimiento de organismos patógenos y producción de etileno. Además ayuda a mantener la calidad brindando flexibilidad de mercado (López.,*et al*, 2003).

2.9. Utilización de Atmósferas de almacenamiento

El impacto de las atmósferas sobre el sabor y aroma dependen de la composición de la atmósfera, tiempo de almacenamiento y el uso de tecnologías poscosecha en el producto (Cameron.,*et al*, 1995).

El uso comercial del almacenamiento en atmósferas controladas provee un retraso en el metabolismo de la planta, evitando así la senescencia durante el transporte y comercialización de muchas frutas y vegetales frescos (Thompson.,*et al*, 2002). La composición de la atmósfera de almacenamiento influye sobre la vida útil del producto mientras permanece en él. El almacenamiento bajo atmósfera controlada (AC) es una técnica que permite mantener la calidad del producto, gracias a su conservación en una atmósfera que difiere del aire con respecto a las proporciones de oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno. Modificando la concentración de oxígeno y dióxido de carbono, se puede obtener un período de almacenamiento máximo (Hardenburg, 1988). Se debe mantener un movimiento de dióxido de carbono y

niveles de oxígeno adecuados. Atmósferas con bajos niveles de oxígeno (2 a 3%) favorecen el incremento de vida en anaquel de la mayoría de los productos (Silva, 1997).

El término almacenamiento en atmósfera controlada se refiere generalmente a una atmósfera en la que se ha disminuido la concentración de oxígeno y se ha aumentado la de dióxido de carbono e implica un control preciso en los valores de estos gases (Thompson, 1998).

Es común recurrir a esta técnica como complemento de las bajas temperaturas, pero las atmósferas pueden, en algunos casos sustituir la refrigeración. El almacenamiento en atmósfera controlada y en atmósfera modificada implica la adición o eliminación de gases, lo que da como resultado una composición atmosférica distinta a la normal. Pueden manipularse las concentraciones de dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno y etileno. Además de incrementar la longevidad a bajas temperaturas, el almacenamiento en atmósferas, especialmente bajo elevadas concentraciones de dióxido de carbono, frena el desarrollo de agentes patógenos, inhibe la degradación de las sustancias pécticas, de manera que permiten una retención más prolongada de una textura firme. También mejora la retención de sustancias aromáticas. En hortalizas verdes se observa una mejor retención del color en atmósferas con bajo oxígeno, lo que se atribuye al descenso del ritmo de destrucción de la clorofila. Una ventaja para la vida en anaquel se puede obtener con atmósferas de concentración bajas de O_2 y alta de CO_2 en temperaturas entre 5-10° C. Las atmósferas bajas en O_2 reducirán la tasa de respiración y los efectos

perjudiciales del etileno. Las atmósferas altas en CO₂ mantienen el color verde y reducen la pudrición en muchas hierbas aromáticas (Cantwell y Reid, 2006).

El almacenamiento en atmósferas modificadas (AM) se refiere al acopio de un producto dentro de una atmósfera distinta a la del aire, pero no precisamente controlada, la composición está determinada por varios factores como la velocidad de respiración del producto, cualquier mezcla de gases agregada al empaque, la permeabilidad de la envoltura, la temperatura de la cámara y la hermeticidad del contenedor o recipiente (Romajaro *et al.*, 1996), como ocurre en envases constituidos por películas de plástico, cuya atmósfera interior puede o no haberse modificado intencionalmente (Kasmire y Cantwell, 1992).

2.10. Preparación para el mercado e Importancia del empaque

Los productos hortícolas son los alimentos que presentan un mayor grado de dificultad para su empaque ya que ocupan un volumen más grande, no son uniformes cuando se someten a una selección y clasificación. Son frágiles y su apariencia se altera con ligeros daños físicos, se deshidratan fácilmente perdiendo su turgencia y el exceso de agua acelera su pudrición y aparición de microorganismos patógenos (Kader, 2002). Por ello, las operaciones de empaque no pueden estar separadas de las labores de campo, pues algunos problemas pueden ser controlados o completamente resueltos cuando se llevan a cabo buenas prácticas agrícolas en la cosecha (López, *et al.*, 2003). El empaque suele reducir las pérdidas de peso y marchitamiento de los productos

durante la comercialización, (Bureau, 1995). El tamaño y la forma deben facilitar el manejo del producto. Deben ofrecer resistencia física adecuada y permitir la fácil manipulación, carga y estibado (Willis., *et al*, 1998).

El empaque debe considerar primeramente los requerimientos básicos del producto. Esto es especialmente importante en el caso de los productos hortícolas debido a su complejidad (Mattheis y Fellman, 2000). Según Yahia e Higuera (1996), los requerimientos en cuanto al empaque en productos hortícolas son el de proteger en contra de daño mecánico, debe disipar los subproductos de la respiración, particularmente el dióxido de carbono y el calor, debe ajustarse a las normas de manejo, tamaño, peso y mercadeo para cada producto en particular. El empackado en unidades de consumo, también llamado pre-empacado es aquel en que el producto pesado llega al consumidor, los materiales que normalmente se usan son bandejas o charolas de cartón o poli-estireno expandido envueltas con películas plásticas termo-contráíbles, bolsas plásticas o de papel selladas o perforadas o de plástico termo-formados (Shafiur, 2002).

El empaque en películas plásticas no solo sirve para reducir la pérdida de agua sino también provee una atmósfera benéfica donde las hierbas frescas responden favorablemente a la reducción de O_2 e incremento en las concentraciones de CO_2 (Gonzalez-Aguilar, 2005).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Fisiología de frutales, del Departamento de Fitotecnia, de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en Texcoco, Edo de México, durante los meses de mayo y junio del 2009.

3.2. Especies vegetales

El material vegetal fue proporcionado por la empresa Glezte S.P.R. de R.L., localizada en Axochiapan, Morelos; México, el cual consistió de dos especies de plantas aromáticas: Albahaca morada (*Occimum basilicum* L., var *Pupurascens*) y tomillo (*Tymus vulgaris* L.). Ambas especies se cosecharon el 27 de abril del año 2009; para cada especie, se formaron paquetes de 500 g en bolsas de polietileno transparente perforado (dimensiones: 40x60 cm), los cuales se almacenaron a 10°C durante 24 horas, una vez concluido este periodo de frío, se enviaron al laboratorio de fisiología de frutales en cajas de cartón.

3.3. Factores de estudio y diseño de tratamientos

Para ambas especies aromáticas se trabajo con dos **temperaturas de almacenamiento**: 6 °C y 20° C (temperatura ambiente) y **tres empaques**: Bolsa plástica de cierre hermético, Bolsa plástica convencional, y charola de poli-estireno con cubierta de pliofilm.

El diseño de tratamientos fue un factorial completamente al azar, con lo que se generaron 12 tratamientos (Cuadro 1.)

Cuadro 1. Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Empaque	Temperatura (C °)
1	Bolsa hermética	6°
2	Bolsa hermética	20°
3	Bolsa plástica	6°
4	Bolsa plástica	20°
5	Charola con cubierta de pliofilm	6°
6	Charola con cubierta de pliofilm	20°

3.4. Unidad experimental

La unidad experimental consistió en empaques de acuerdo con los tratamientos evaluados, que contenían 30 g de material vegetal fresco.

3.5. Caracteres evaluados

A partir de muestreos destructivos fueron registrados desde el día 3 hasta el 15 en intervalos de 3 días los siguientes caracteres:

3.5.1. Sólidos solubles totales (° Brix)

Se licuaron diez gramos de material vegetal en 50 ml de agua destilada. La solución se filtro y se colocó una gota en un refractómetro digital PAL-1(ATAGO USA).

3.5.2. Porcentaje de acidez titulable

Se licuaron diez gramos de muestra fresca en 50 ml de agua destilada, se midió el volumen total, se filtro y se adicionaron dos gotas de fenolftaleína al 1 % a la cual se le agrego de manera constante gotas de NaOH 0.01 N, hasta que la solución cambió ligeramente a un color rosa. Se registro el volumen de NaOH 0.01 N adicionado (AOAC, 1990). En el caso particular de la albahaca morada, se utilizó un potenciómetro para ajustar a un pH de 8, debido a que el extracto obtenido no permitió observar el cambio de color, por tratarse de un color más sutil. Del mismo modo, se registro el volumen adicionado de NaOH 0.01 N. El porcentaje de acidez se calculó con base en el ácido málico.

3.5.3. Concentración de clorofila y carotenos (mg·100 g de materia seca)

Se determinaron conforme a la técnica de Lichtenthaler (1987) la cual consistió en agregar 20 ml de acetona al 80 % más carbonato de sodio a una muestra picada de cinco gramos para albahaca y un gramo para tomillo. Las muestras se dejaron reposar durante 48 horas en oscuridad y refrigeración a 7°C, a continuación se filtró y aforó a 25 ml con acetona al 80 % y se tomaron lecturas en espectrofotómetro (marca Perkin Elmer modelo Lamda 2) a 663 nm para *clorofila a*, 646 para *clorofila b* y 476 nm para *carotenos*.

3.5.4. Contenido de amonio (mg·100 g de materia seca)

Se evaluó mediante la reacción fenolhipoclorito (Wealtherbum, 1976). Se pesaron 0.5 g de muestra molida y homogeneizada con 10 ml de agua, se filtro y centrifugó durante 15 minutos. Se obtuvo del sobrenadante una muestra de 0.1 ml, a la que se le adicionaron 0.4 ml de agua, 2.5 ml de fenol-nitropusiato y 2.5 ml de hipoclorito alcalino. Se agitaron los reactivos y se incubaron a 30 ° C durante 15 minutos. La absorbancia de las muestras se leyó en el espectrofotómetro a 635 nm, se utilizó como blanco un tubo con 0.5 ml de agua más los reactivos. A partir de lecturas con concentraciones conocidas de amonio, se realizó una regresión lineal con el propósito de predecir con base en la absorbancia la concentración de amonio ($r^2=0.999$):

Concentración de amonio/ 100 gr de materia fresca= 1.1389 absorbancia – 0.0018

3.5.5. Porcentaje de pérdida de peso fresco

Se registró el peso fresco antes de almacenar a las temperaturas correspondientes cada especie y posteriormente en cada evaluación. Se consideró como peso final el obtenido durante las seis evaluaciones. Los datos se expresaron en porcentaje de pérdida de peso de acuerdo a la fórmula:

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = \left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso inicial}} \right) 100$$

3.5.6. Evaluación Hedónica

Consistió en evaluar las características de color, calidad visual y olor con la siguiente escala:

Escala	Color	Calidad visual	Olor
1	<i>Muy malo</i>	<i>No comercializable</i>	<i>Muy malo</i>
2	<i>Malo</i>	<i>Malo</i>	<i>Malo</i>
3	<i>Regular</i>	<i>Regular</i>	<i>Regular</i>
4	<i>Buen estado</i>	<i>Buen estado</i>	<i>Buen estado</i>
5	<i>Excelente</i>	<i>Excelente</i>	<i>Excelente</i>

Donde muy malo o no comercializable corresponde a las hierbas aromáticas que presentaron marchitez, amarillamiento, olor desagradable y alto porcentaje de pudrición. Malo o regular al presentarse cambio de color y turgencia en

hojas; buen estado o excelente al presentar frescura, olor agradable y color brillante.

3.5.7 Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza y comparaciones de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados de la evaluación hedónica se analizaron mediante correlaciones no paramétricas de Kendall. Se utilizó el programa estadístico SAS.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Albahaca

4.1.1. Análisis de varianza

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para el factor temperatura en todas las variables, excepto para carotenos y clorofilas. El contenido de sólidos solubles totales, clorofila total, amonio y pérdida de peso fueron modificados por el factor empaque. En cuanto al tiempo de almacenamiento, se detectaron diferencias en todos los caracteres evaluados. Las interacciones temperatura x empaque tuvo efectos significativos en el contenido de clorofila total y pérdida de peso, y temperatura x tiempo de almacenamiento mostró diferencias en todos los caracteres a excepción de la concentración de amonio, por último empaque x tiempo afecto a todas las variables (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza. Cuadrados medios para cada una de las variables en estudio de Albahaca (*Ocimum basilicum* L. var *Pupurascens*) en Chapingo, Méx.

Fuente de variación	GL	SST	AT	CA	CT	A	PP
Temperatura (T)	1	2.52*	0.07**	446.28	120.91	361.01**	151.03**
Empaque (E)	2	3.61*	0.03	317.86	401.88**	154.77*	184.12**
Tiempo de Almacenamiento (TAL)	5	0.09**	0.03**	168.19**	113.26**	729.92**	102.36**
T x E	2	17.34	0.06	435.87	449.89*	313.19	632.73**
T x TAL	5	1.59*	0.01**	414.06*	429.73**	780.04**	164.22**
E x TAL	10	4.79**	0.01**	440.01*	242.94**	587.60	261.72**
T x E x TAL	10	0.51	0.02	212.20	116.07**	358.90	146.57**
Error	72						
Total	107						
CV		18.10	11.32	23.39	25.30	45.65	49.78
Media		3.50	0.12	1588.46	602.09	42.68	7.01

* Diferencia significativa, $\alpha = 0.05$ ** Diferencia altamente significativa, $\alpha = 0.01$. CV = Coeficiente de variación, GL = Grados de libertad. SST: Sólidos solubles totales (%); AT: Acidez titulable (%); CA: Carotenos ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$); CT: Clorofila total ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$); A amonio ($\text{mg}100\text{g}^{-1}$); PP: Pérdida de peso (%).

4.2. Comparación de medias

4.2.1. Factor Temperatura

La temperatura de 6° C con respecto a la de 20° C, mostró mayor cantidad de sólidos solubles totales y acidez titulable pero menor expresión en cuanto a carotenos, clorofilas totales, amonio y pérdida de peso. Así, la temperatura de 6° C representa el mejor ambiente de conservación, ya que reduce la velocidad de respiración retardando la senescencia y la producción de etileno, lo que evita

que materiales orgánicos como carbohidratos, ácidos orgánicos y fenólicos se reduzcan y aumenten sustancias volátiles que producen olores desagradables (Thompson, 2002; Cantwell y Reid, 2006). La transpiración causada por la disminución de humedad relativa, se puede disminuir a bajas temperaturas evitando la pérdida de peso, por otra parte es necesario mantener temperaturas constantes para reducir la condensación dentro de la bolsa (Shafiur, 2002) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias de seis variables en dos temperaturas en Albahaca (*Ocimum basilicum* L. Var. *Pupurascens*) en Chapingo, Méx

T (° C)	SST (%)	AT (%)	² CA (µm·100g)	² CT (µm·100g)	A (mg100g ¹)	PP (%)
6 °	3.65 a	0.12 a	1590.50 a	591.55 a	24.37 b	3.27 b
20°	3.35 b	0.11 b	1686.44 a	612.64 a	60.99 a	10.75 a
DMSH	0.2435	0.0052	142.58	58.443	7.4759	1.3401

²Medias con la misma letra, no presentan diferencias significativas (Tukey $\alpha=0.05$).
DMSH: Diferencia Mínima Significativa. T: Temperatura (° C); SST: Sólidos solubles totales (%); AT: Acidez titulable (%); CA: Carotenos (µm·100g); CT: Clorofila total (µm·100g); A amonio (mg100g¹); PP: Pérdida de peso (%).

4.2.2. Factor Atmosferas modificadas (Empaque)

La bolsa hermética y bolsa plástica resultaron los mejores empaques de conservación, mostraron mayor cantidad de sólidos solubles totales y menor concentración de clorofilas totales, amonio y pérdida de peso, con respecto a la charola con cubierta pliofilm, esto se debe a que las atmósferas modificadas, principalmente aquellas que logran mantener altas concentraciones de CO₂,

retrasan la degradación de clorofilas, biosíntesis de carotenos y retrasa el metabolismo de compuestos fenólicos (Mathooko, 1996) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias de seis variables en tres empaques en Albahaca (*Ocimum basilicum* L. Var. *Pupurascens*) en Chapingo, Méx.

Empaques	SST (%)	²AT (%)	CA (µm·100g)	CT (µm·100g)	A (mg100g¹)	PP (%)
Hermética	3.68 a	0.12 a	1484.12 a	508.14 b	36.65 b	2.66 a
Bolsa	3.69 a	0.12 a	1666.29 a	581.81 b	41.74 ab	3.10 ab
Charola	3.13 b	0.12 a	1615.00 a	716.32 a	49.65 a	15.27 b
DMSH	0.35	0.07	209.63	85.92	10.99	1.97

²Medias con la misma letra, no presentan diferencias significativas (Tukey $\alpha=0.05$). DMSH: Diferencia Mínima Significativa. SST: Sólidos solubles totales (%); AT: Acidez titulable (%); CA: Carotenos (µm·100g); CT: Clorofila total (µm·100g); A amonio (mg100g¹); PP: Pérdida de peso (%).

4.2.3. Factor tiempo de almacenamiento

El contenido de ácidos solubles totales y la cantidad de ácido málico disminuyeron a medida que aumento el periodo de almacenamiento, sin embargo la concentración de carotenos, clorofilas totales, amonio y pérdida de peso aumentaron a partir del tercer día de evaluación. Esto se debe a que niveles bajos de O₂ y altos de CO₂ afectan de forma negativa los olores y sabores, al provocar la fermentación cuando se almacenan durante un periodo de tiempo prolongado (Mattheis y Fellman, 2000). Durante los días de almacenamiento, temperaturas mayores de 10 °C, provocaron incrementos en las concentraciones de nitrito en los vegetales, así como la exposición del producto a una baja humedad relativa favorece la deshidratación y favorece la

condensación del vapor de agua dentro del empaque causantes de la pérdida de peso del producto (Gonzalez-Aguilar *et al.*, 2005) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias de seis variables en seis días de almacenamiento en Albahaca (*Ocimum basilicum* L. Var. *Purpurascens*) en Chapingo, Méx.

Días de almacenamiento	SST (%)	AT (%)	CA ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$)	CT ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$)	A ($\text{mg}100\text{g}^{-1}$)	PP (%)
0	5.33 a	0.22 a	1411.3 b	36.43 e	6.98 d	0.00 d
3	2.77 c	0.14 b	1505.5 b	249.64 d	7.17 d	1.12 d
6	3.55 b	0.12 c	1301.0 b	525.85 c	19.11 d	5.96 c
9	3.61 b	0.11 c	1334.2 b	545.07 c	41.36 c	8.36 cb
12	3.13 b	0.07 d	1396.6 b	789.58 b	68.37 b	11.13 b
15	2.61 c	0.04 d	2582.1 a	1465.97 a	113.09 a	15.50 a
DMSH	0.61	0.013	362.70	148.67	19.01	3.409

²Medias con la misma letra, no presentan diferencias significativas (Tukey $\alpha=0.05$). DMSH: Diferencia Mínima Significativa. SST: Sólidos solubles totales (%); AT: Acidez titulable (%); CA: Carotenos ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$); CT: Clorofila total ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$); A: amonio ($\text{mg}100\text{g}^{-1}$); PP: Pérdida de peso (%).

4.2.4. Interacción temperatura x empaque

El empaque de bolsa hermética a 6° C presentó mayor reducción de clorofilas con respecto a la de 20° C que tuvo menor reducción del contenido de clorofilas, sin embargo en estas condiciones se presentaron las mayores pérdidas de peso, ya que hubo una mayor tasa de respiración y un posible agotamiento del oxígeno induciendo la producción de metabolitos anaeróbicos y aumento de la pérdida de agua (Fonseca, *et al.* 2000) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias de la interacción entre temperaturas y empaques evaluados en Albahaca (*Ocimum basilicum* L. Var *Pupurascens*) en Chapingo, Méx.

Temperatura	Empaques	CT ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$)	PP (%)
6	B. H	516.20 b	3.02 bc
6	B. P	615.65 b	1.31 c
6	C	642.77 ab	5.48 b
20	B. H	500.07 b	2.31 bc
20	B. P	547.97 b	4.90 b
20	C	789.86 a	25.05 a
DMSH		148.36	3.42

²Medias con la misma letra, no presentan diferencias significativas (Tukey $\alpha=0.05$).
DMSH: Diferencia Mínima Significativa. BH: Bolsa hermética; BP: Bolsa Plástica; C: Charola; CT: Clorofila total ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$; PP: Pérdida de peso (%).

4.2.5. Interacción temperatura x días de almacenamiento

Ambas temperaturas mostraron diferencias en todos los caracteres evaluados con relación al tiempo en que permanecieron almacenadas, fue la de 6° C la que mostró mayor contenido de sólidos solubles totales y acidez titulable en los primeros días de almacenamiento, lo cual puede atribuirse a la disminución del proceso respiratorio que utiliza como sustratos principales a los azúcares (Chang, 2007). Los carotenos, clorofilas totales, amonio y pérdida de peso fueron aumentando a partir del día 6, este comportamiento se asocia a una mayor tasa de degradación de clorofila; provocada por cambios físicos y químicos implicados en el proceso de maduración donde la alteración de las temperaturas involucra la síntesis de pigmentos y en vegetales almacenados durante un tiempo se comienzan a producir componentes nitrogenados por lo

que almacenar las hierbas a bajas temperaturas puede reducir la pérdida de agua y aspecto deseable (Namesney, 1993). (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación de medias de la interacción temperatura x días de almacenamiento evaluados en Albahaca (*Ocimum basilicum* L. Var. *Pupurascens*) en Chapingo, Méx.

T °	Días	SST (%)	AT (%)	CA ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$)	CT ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$)	A ($\text{mg}100\text{g}^{-1}$)	PP (%)
6	0	5.33 a	0.22 a	1361.33 de	133.63 f	6.86 e	0.00 f
6	3	3.05 bcde	0.14 b	1371.81 de	446.26 e	6.98 e	0.24 f
6	6	3.16 bcde	0.08 bc	411.32 cde	593.89 d	12.01 e	2.69 ef
6	9	4.00 b	0.11 b	1510.40 cd	597.02 d	27.35 de	4.18 def
6	12	3.44 bcd	0.11 b	1575.83 c	624.46 d	27.58 de	4.79 def
6	15	2.94 cde	0.08 bcd	2312.29 b	1249.99 b	65.46 c	7.72cde
20	0	5.33 a	0.22 a	1158.07 f	135.22 f	6.98 e	0.00 f
20	3	3.05 bcde	0.13 b	1230.27 ef	253.01 f	7.49 e	2.00 f
20	6	3.16 bcde	0.14 b	1411.32cde	457.80 e	26.20 de	9.24 cd
20	9	4.00 b	0.16 bc	1431.79 cd	493.12 e	55.37 cd	12.54bc
20	12	3.44 bcd	0.03 cd	1 435.21 cd	954.70 c	109.17 b	17.46 b
20	15	2.94 cde	0.01 d	2851.92 a	1681.95 a	113.09 a	23.27 a
DMSH		1.02	0.06	188.45	81.41	31.24	5.60

²Medias con la misma letra, no presentan diferencias significativas (Tukey $\alpha=0.05$). DMSH: Diferencia Mínima Significativa. T: temperatura (°C); BH: Bolsa hermética; BP: Bolsa Plástica; C: Charola; SST: Sólidos solubles totales (%); AT: Acidez titulable (%); CA: Carotenos ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$); CT: Clorofila total ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$); A amonio ($\text{mg}100\text{g}^{-1}$); PP: Pérdida de peso (%).

4.2.7. Interacción empaque x días de almacenamiento

El empaque hermético y bolsa plástica fueron los mejores ambientes durante los 3 primeros días de almacenamiento ya que lograron mantener la concentración de sólidos solubles totales, así como la acidez titulable y pérdida

de peso, esto se debe a que las protecciones plásticas al reducir este fenómeno, preservaron la frescura por más tiempo (Cantwell y Reid, 1993). Los tres empaques mostraron los mismos efectos para los primeros días en cuanto a concentración de carotenos y las clorofilas totales se degradaron en mayor cantidad.

Cuadro 7. Comparación de medias de la interacción entre empaque x días de almacenamiento evaluados en Albahaca (*Ocimum basilicum* L. Var. *Pupurascens*) en Chapingo, Méx.

Empaque	Días	SST (%)	AT (%)	CA ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$)	CT ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$)	PP (%)
BH	0	6.50 a	0.24 a	1153.05 d	137.64 g	0.00 d
	3	2.41 bc	0.12 abcd	1280.92 d	272.59 f	0.03 d
	6	3.33 bc	0.12 abcd	1283.79 d	522.56 e	2.30 d
	9	3.58 b	0.10 cd	1412.46 cd	539.44 e	4.13 d
	12	3.16 bc	0.08 d	1582.04 cd	586.12 e	4.17 d
	15	3.08 bc	0.05 d	2192.44 bc	1110.48 c	5.36 d
BP	0	6.50 a	0.24 a	1245.49 d	138.57 g	0.00 d
	3	2.91 bc	0.14 bcd	1352.28 d	242.16 f	2.74 d
	6	3.58 b	0.11 bcd	1496.57 cd	552.08 c	1.51 d
	9	3.50 b	0.10 d	1667.74 cd	556.79 e	2.50 d
	12	2.91 bc	0.06 d	1781.61 bcd	827.55 d	5.40 d
	15	2.75 bc	0.05 d	2454.02 ab	1273.70 d	6.50 d
C	0	3.00 bc	0.20 ab	1155.05 d	133.07 g	0.00 d
	3	3.00 bc	0.15 abc	1255.03 d	234.16 f	0.60 d
	6	3.75 b	0.12abcde	1436.36bcd	498.19 e	14.08 c
	9	3.75 b	0.12abcde	1456.41 cd	563.69 e	18.46 bc
	12	3.33 bc	0.07 d	1476.29 cd	955.07 d	23.82 b
	15	2.00 c	0.04 d	3099.86 a	2013.73 a	34.63 a
DMSH		1.33	0.91	752.88	131.54	7.35

²Medias con la misma letra, no presentan diferencias significativas (Tukey $\alpha=0.05$). DMSH: Diferencia Mínima Significativa. BH: Bolsa hermética; BP: Bolsa Plástica; C: Charola; SST: Sólidos solubles totales (%); AT: Acidez titulable (%); CA: Carotenos ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$); CT: Clorofila total ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$); PP: Pérdida de peso (%).

4.2.8. Correlación de Kendall para escala hedónica

Se determinaron las características cualitativas de la planta asignando una escala visual, para la interpretación se utilizó la correlación de Kendall o Coeficiente de concordancia (prueba no paramétrica) que se empleo para medir el grado de asociación de dichas variables hedónicas (color, olor y calidad visual) con respecto al resto de caracteres cuantitativos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Correlación de Kendal (prueba no paramétrica) de las variables evaluadas en Albahaca (*Ocimum basilicum* L. Var. *Pupurascens*) en Chapingo, Méx.

V	AT (%)	CA ($\mu\text{m}\cdot\text{l}$ 00g)	CT ($\mu\text{m}\cdot\text{l}$ 00g)	A (mg10 0g ^l)	PP (%)	C	AV	O	SST
SS	0.38**	-0.08	-0.12*	0.20*	0.13*	-0.04*	-0.14*	-0.08*	
T									
AT		-0.22	-0.65**	-0.59**	-0.46**	0.70**	0.66**	0.68**	-0.29**
CA			0.33**	0.08	0.05	-0.17*	-0.17*	-0.16*	-0.22
CT				0.56**	0.46**	-0.74**	-0.64**	-0.73**	-0.37**
A					0.56**	-0.75**	-0.70**	-0.76**	-0.34**
PP						-0.64**	-0.67**	-0.66**	-0.55**
C							0.90**	0.94**	0.60**
O									0.54**

Diferencia significativa (*) y (**) altamente significativa $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$ respectivamente

La correlación de Kendall mostró que los sólidos solubles totales y la acidez titulable, se relacionaron con la pérdida de color, olor y calidad visual en albahaca. Para carotenos, clorofilas totales, amonio y pérdida de peso la relación es negativa lo que indica que si estas disminuyen el color se ve afectado, se deteriora ocasionando olores desagradables y una mala apariencia visual por lo que el producto pierde su valor comercial en forma importante.

Esto es debido a que durante la conservación en atmósferas controladas y modificadas con altas concentraciones de CO₂ se retrasa la degradación de la clorofila, biosíntesis de carotenos, retraso en el desarrollo del metabolismo de compuestos fenólicos, cuya importancia radica en una menor actividad de la enzima polifenoloxidasas, además retrasa la pérdida de firmeza, ya que existe una menor actividad en las enzimas degradativas de la pared celular y un retraso en el metabolismo de compuestos volátiles (Kader, 1997).

La albahaca reduce su calidad a 0° C, ya que es sensible al frío mientras que las temperaturas óptimas son de 5 a 10° C, su vida de anaquel es de 4 días almacenada a 5° C, la apariencia visual se mantiene muy bien durante 12 días, almacenada a 15° C (Cantwell y Reid, 2002; Lange y Cameron, 1997).

4.3. Tomillo

4.3.1 Análisis de varianza

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para el factor temperatura en las variables de sólidos solubles, cantidad de amonio, clorofilas totales y pérdida de peso, además de estos el factor empaque también presentó efectos significativos ácidos orgánicos y carotenos. En cuanto al tiempo de almacenamiento, se observaron diferencias en todos los caracteres evaluados. Con respecto a las interacciones la temperatura x empaque arrojó valores significativos para sólidos solubles totales, ácidos orgánicos y pérdida de peso, temperatura x días de almacenamiento y empaque x días de almacenamiento

mostraron diferencias en todas las variables excepto Carotenos, clorofilas totales y concentración de amonio (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de varianza. Cuadrados medios para cada una de las variables en estudio de Tomillo (*Thymus vulgaris*, L) en Chapingo, Méx.

Fuente de variación	GL	SST	AT	CA	CT	A	PP
Temperatura (T)	1	10.70**	0.00	204.71	357.30*	217.09**	251.86**
Empaque (E)	2	12.64**	0.03**	110.93*	114.10	227.19	337.88**
Almacenamiento (AL)	5	7.79**	0.00**	170.52**	107.2**	69.30**	221.17**
T x E	2	67.87**	0.03*	219.02	485.0	119.23	289.75**
T x AL	5	0.83*	0.01*	181.63**	402.0**	291.24**	287.97**
E x AL	10	9.02**	0.02**	283.18	472.80	84.25	296.82**
T x E AL	10	0.61	0.00*	118.17	367.20	69.40	177.91**
Error	72						
Total	107						
CV		16.73	22.81	32.45	35.40	36.39	24.41
X		3.81	0.07	437.67	2676.90	24.09	10.89

* Diferencia significativa, $\alpha = 0.05$. ** Diferencia altamente significativa, $\alpha = 0.01$.). SST: Sólidos solubles totales (%); AT: Acidez titulable (%); CA: Carotenos ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$); CT: Clorofila total ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$); A amonio ($\text{mg}100\text{g}^{-1}$); PP: Pérdida de peso (%).

4.3.2. Factor temperatura

La temperatura de 6° C con respecto a la de 20° C, presento mayor cantidad de sólidos solubles totales y menor expresión en cuanto a clorofilas totales, amonio y pérdida de peso. Por lo que se concluye que la temperatura de 6° C representa el mejor ambiente de conservación para tomillo, ya que la refrigeración retarda la maduración de los productos hortofrutícolas y por lo

tanto la degradación de carbohidratos en almidón que altera su sabor (Toivonen, 1996), este factor también influye en el proceso de degradación de clorofilas y otros pigmentos, esta descomposición de la clorofila y formación de pigmentos como carotenos ocurren cuando el etileno actúa a nivel de DNA y RNA porque se suspende la síntesis de clorofila (Hernández, 1997). Dentro de los empaques, la temperatura afecta directamente la pérdida de peso ya que aumenta la humedad relativa y por lo tanto pérdida de peso por la transpiración del producto (Shilmme y Rooney, 1994) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación de medias de seis variables en dos temperaturas en Tomillo (*Thymus vulgaris*, L) en Chapingo, Méx

T (° C)	² SST (%)	² AT (%)	² CA (µm·100g)	CT (µm·100g)	A (mg100g ¹)	PP (%)
6 °	4.12 a	0.071 a	433.32 a	2495.0 b	16.53 b	6.07 b
20°	3.50 b	0.071 a	442.32 a	2858.8 a	31.66 a	15.72 a
DMSH	0.24	0.63	54.50	363.59	3.36	1.02

²Medias con la misma letra, no presentan diferencias significativas (Tukey $\alpha=0.05$). DMSH: Diferencia Mínima Significativa. T: Temperatura (°C); SST: Sólidos solubles totales (%); AT: Acidez titulable (%); CA: Carotenos (µm·100g); CT: Clorofila total (µm·100g); A amonio (mg100g¹); PP: Pérdida de peso (%).

4.3.3. Factor atmósferas modificadas (empaque)

El empaque de bolsa hermética y bolsa plástica fueron los que mejor conservaron el producto ya que presentaron mayor expresión en cuanto a sólidos solubles totales, carotenos y clorofilas totales, con relación al empaque de charola con cubierta pliofilm que mostró una alta cantidad en cuanto a la

acidez titulable y un porcentaje de pérdida de peso muy alto. Lo cual se debe a la adecuada utilización de atmosferas modificadas que traen beneficios al producto tales como la disminución de la velocidad de respiración, reducción de los efectos del etileno sobre el metabolismo, mantener el contenido de azúcares, ácidos orgánicos, vitaminas, clorofilas y carotenos que pueden permanecer en los tejidos aun en estado avanzado de senescencia (Mattheis y Fellman, 2000; Gonzalez, 2005). La atmosfera modificada óptima para un producto determinado será aquella que reduzca al mínimo la respiración y los procesos de deterioro e incremente al máximo la vida de anaquel, otro factor que se debe tener en cuenta es la permeabilidad de los materiales plásticos a gases como el oxígeno, dióxido de carbono, etileno y vapor de agua constituye una característica fundamental para su utilización en la fabricación de empaques (Kader, 1997).

Cuadro 11. Comparación de medias de tres empaques en Tomillo (*Thymus vulgaris*, l) en Chapingo, Méx.

Empaques	^zSST (%)	^zAT (%)	^zCA ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$)	CT ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$)	A ($\text{mg}100\text{g}^1$)	PP (%)
Hermética	4.45 a	0.07 a	488.17 a	2864.50 a	22.359 a	5.15 b
Bolsa	3.69 b	0.08 a	446.34 ba	2655.90 a	22.956 a	5.46 b
Charola	3.29 c	0.06 b	378.51 b	2510.30 a	26.978 a	22.06 b
DMSH	0.36	0.09	80.135	534.56	4.9471	1.50

^zMedias con la misma letra, no presentan diferencias significativas (Tukey $\alpha=0.05$). DMSH: Diferencia Mínima Significativa. SST: Sólidos solubles totales (%); AT: Acidez titulable (%); CA: Carotenos ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$); CT: Clorofila total ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$); A amonio ($\text{mg}100\text{g}^1$); PP: Pérdida de peso (%).

4.3.4. Factor días de almacenamiento

Los sólidos solubles totales y los ácidos orgánicos disminuyeron al ir aumentando los días de almacenamiento, en cuanto a carotenos, clorofilas totales, amonio y pérdida de peso mostraron una mayor expresión, por lo que se concluyó que los primeros 6 días el tomillo presentó una calidad visual aceptable y fue deteriorándose durante los días siguientes de permanecer almacenado, esto se debe a que es durante el almacenamiento que se incrementa la respiración y en este proceso se degradan azúcares y ácidos orgánicos Shewfelt y Bruckner (2003) Respecto a los pigmentos los cambios de color durante la senescencia son altamente influenciados por las condiciones de almacenamiento, a mayores concentraciones de CO₂ y bajas concentraciones de O₂ se reduce la pérdida de clorofila y otros pigmentos incluidos las antocianinas, xantofilas y carotenos (Bottcher *et al.*, 1999).

Cuadro 12. Comparación de medias de seis días de almacenamiento en Tomillo (*Thymus vulgaris*, l) en Chapingo, Méx.

Días de almacenamiento	² SST (%)	² AT (%)	² CA (µm·100g)	CT (µm·100g)	A (mg100g ¹)	PP (%)
1	7.66 a	0.13 a	264.55 c	1316.9 d	14.58 c	0.00 f
3	3.75 b	0.02 e	516.23 ba	1338.9 c	14.31 c	5.92 e
6	3.30 cb	0.10 b	433.66 b	2915.5 b	30.22 ba	9.39 d
9	3.02 cd	0.05 dc	400.30 bc	3179.5 b	28.10 ba	13.09 c
12	2.69 d	0.06 c	421.27 b	3308.1 b	33.71 a	16.33 b
15	2.44 d	0.04 d	590.05 a	5002.5 a	23.64 b	20.63 a
DMSH	0.62	0.0159	138.65	924.91	8.55	2.59

²Medias con la misma letra, no presentan diferencias significativas (Tukey $\alpha=0.05$). DMSH: Diferencia Mínima Significativa. SST: Sólidos solubles totales (%); AT: Acidez titulable (%); CA: Carotenos (µm·100g); CT: Clorofila total (µm·100g); A amonio (mg100g¹); PP: Pérdida de peso (%).

La presencia de amonio también se relaciona con la senescencia de las hojas, la degradación de las proteínas y permite el transporte de los aminoácidos liberados a otras partes de la planta (Quesada y Valpuesta, 2000) (Cuadro 12).

4.3.5. Interacción temperatura x empaque

La temperatura de 6° C y el empaque de bolsa hermética y bolsa plástica mostraron mayor cantidad de sólidos solubles totales y acidez titulable, sin embargo, se puede observar diferencias significativas con la temperatura de 20° C en la que se presentaron las mismas condiciones. Lo que permite concluir que para la temperatura de 6 °C los tres empaques conservaron el producto. La charola con cubierta pliofilm se presentó las mismas condiciones que el factor temperatura y el factor empaque previamente explicado, resulto ser el que mayor porcentaje de pérdida de peso tuvo y disminuyo la calidad del tomillo rápidamente, a temperatura ambiente de 20° C, esto se debe a que durante el almacenamiento, el aumento en los azúcares trae consigo la disminución de ácidos orgánicos y compuestos fenólicos para reducir la astringencia y la acidez, aumentando las emanaciones de compuestos volátiles que le dan su sabor característico (Guadarrama, 2001). Las temperaturas bajas de conservación favorece la creación de una micro atmósfera saturada alrededor de los productos lo que desarrolla diferencias de presión de vapor de agua entre el producto y su entorno logrando así conservar características aceptables en los productos (Kader, 2002) (Cuadro 13).

Cuadro 13. Comparación de medias de la interacción temperatura x empaque evaluados en Tomillo (*Thymus vulgaris*, L) en Chapingo, Méx.

Temperatura	Empaque	SST	AT (%)	PP (%)
6	B. H	4.36 ab	0.07 ab	4.09 c
6	B. P	3.91 bc	0.08 a	5.90 bc
6	C	4.11 ab	0.06 b	8.22 b
20	B. H	4.55 a	0.08 a	6.22 bc
20	B. P	3.47 c	0.07 ab	5.02 c
20	C	2.47 d	0.05 b	35.91 a
DMSH		0.6258	0.0158	2.60

²Medias con la misma letra, no presentan diferencias significativas (Tukey $\alpha=0.05$). DMSH: Diferencia Mínima Significativa; T: (°C); BH: Bolsa hermética; BP: Bolsa Plástica; C: Charola; Cl: Clorofila total ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$; PP: Pérdida de peso (%).

4.3.6. Interacción temperatura x días de almacenamiento

Ambas temperaturas presentaron diferencias en todos los caracteres evaluados en relación a las temperaturas y tiempo de almacenamiento, sin embargo la temperatura de 6° C fue la que conservo por más tiempo los sólidos solubles totales, ácidos orgánicos, carotenos y clorofilas totales, que comenzaron a disminuir hasta el día 6, así como la que disminuyo la pérdida de peso al transcurrir los días de almacenamiento, esto se relaciona con la importancia de que las bajas temperaturas mantienen las características de calidad por más tiempo, disminuye la velocidad de maduración que incrementa la respiración proceso oxidativo que degrada azúcares y ácidos orgánicos (Shewfelt y Bruckner, 2003). La temperatura también influye en la degradación de carotenos que pueden permanecer en los tejidos aún en estado avanzado de

senescencia (Willis, 1984). La pérdida de peso también tuvo influencia directa sobre la turgencia y pérdida de agua en el tomillo (Cuadro 14).

Cuadro 14. Comparación de medias de la interacción temperatura x días de almacenamiento evaluados en Tomillo (*Thymus vulgaris*, L.) en Chapingo, Méx.

T °	Días	SST (%)	AT (%)	CA ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$)	CT ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$)	A ($\text{mg}100\text{g}^{-1}$)	PP (%)
6	0	7.66 a	0.13 a	264.55 d	1316.90 d	14.59 cd	0.00 f
6	3	3.94 b	0.01 e	375.51 ab	2154.14 c	10.08 d	4.98 e
6	6	3.66 bc	0.09 b	383.57 cd	2599.42 bc	16.81 cd	6.06 e
6	9	3.44 bcd	0.05 cd	397.24 cd	2878.13 bc	18.04 cd	6.61 e
6	12	3.33 bcd	0.07 bc	438.20 cd	3233.63 bc	19.35 cd	7.53 e
6	15	2.27 cde	0.05 cd	440.86 cd	3788.05 b	20.31 cd	11.24 d
20	0	7.66 a	0.13 a	264.55 d	316.90 d	14.58 cd	0.00 f
20	3	3.55 bcd	0.02 e	356.94 cd	523.58 d	18.53 cd	6.86 e
20	6	2.94 bcde	0.12 a	403.35 cd	3125.46 bc	27.93 bc	12.73 d
20	9	2.61 de	0.05 cd	404.34 cd	3231.50 bc	39.39 ab	19.56 c
20	12	2.16 e	0.05 cd	483.73 bc	3738.11 b	40.13 ab	25.13 b
20	15	2.05 e	0.03 de	739.23 a	4217.01 a	49.38 a	30.02 a
DMSH		1.02	0.02	227.77	1519.46	14.06	4.26

²Medias con la misma letra, no presentan diferencias significativas (Tukey $\alpha=0.05$). DMSH: Diferencia Mínima Significativa; T: Temperatura (°C); BH: Bolsa hermética; BP: Bolsa Plástica; C: Charola; SST: Sólidos solubles totales (%); AT: Acidez titulable (%); CA: Carotenos ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$); CT: Clorofila total ($\mu\text{m}\cdot 100\text{g}$); A amonio ($\text{mg}100\text{g}^{-1}$); PP: Pérdida de peso (%).

4.3.7. Interacción empaque x días de almacenamiento

El empaque de bolsa hermética y bolsa plástica fueron los que mejor conservaron los azúcares y ácidos orgánicos empezando a disminuir a partir del tercer día, la pérdida de peso fue menor con estos dos empaques durante los primeros días en que permanecieron almacenados. Las hierbas empacadas y comercializadas en bolsas plásticas o películas plásticas reducen la pérdida de agua para modificar la composición atmosférica, retardando la pérdida de

pigmentos como clorofila y carotenos, debido a que reducen la respiración y otros cambios metabólicos (Kader, 2002) (Cuadro 15).

Cuadro 15. Comparación de medias de la interacción entre empaque x días de almacenamiento evaluados en Tomillo (*Thymus vulgaris*, L.) en Chapingo, Méx.

Empaque	Días	SST (%)	AT (%)	PP (%)
BH	0	11.00 a	0.14 ab	0.00 g
	3	3.75 cd	0.12 b	3.83 fg
	6	3.67 cde	0.07 c	5.03 efg
	9	3.00 cde	0.05 c	6.17 ef
	12	2.83 cdef	0.04 cd	7.63 ef
	15	2.50 def	0.01 de	8.26 ef
BP	0	6.50 b	0.16 a	0.00 g
	3	3.50 cde	0.11 b	3.54 fg
	6	3.25 cde	0.07 c	4.61 fg
	9	3.00 cde	0.06 c	5.38 ef
	12	3.00 cde	0.05 c	6.67 ef
	15	2.92 cdef	0.01 d	7.66 ef
C	0	5.50 b	0.12 b	0.00 g
	3	4.00 c	0.07 c	10.39 e
	6	3.17 cde	0.05 c	18.55 d
	9	3.08 cde	0.04 cde	27.71 c
	12	2.33 ef	0.03 cde	34.69 b
	15	1.58 f	0.03cde	41.07 a
DMSH		1.34	0.03	5.60

²Medias con la misma letra, no presentan diferencias significativas (Tukey $\alpha=0.05$).
DMSH: Diferencia Mínima Significativa; BH: Bolsa hermética (Ziploc); BP: Bolsa Plástica; C: Charola; SST: Sólidos solubles totales (%); AT: Acidez titulable (%); PP: Pérdida de peso (%).

4.3.8. Correlación de Kendal para escala Hedónica

Se determinaron las características cualitativas de la planta asignando una escala visual, para la interpretación se utilizó la correlación de Kendall o Coeficiente de concordancia (prueba no paramétrica) que se empleo para medir el grado de asociación de dichas variables hedónicas (color, olor y calidad visual) con respecto al resto de caracteres cuantitativos (Cuadro 16).

Cuadro 16. Correlación de Kendall (prueba no paramétrica) de las variables evaluadas en Tomillo (*Thymus vulgaris*, L.) en Chapingo, Méx.

V	AT (%)	CA ($\mu\text{m}\cdot\text{l}$ 00g)	CT ($\mu\text{m}\cdot\text{l}$ 00g)	A (mg10 0g ¹)	PP (%)	C	AV	O	SST
SS	0.29**	-0.22*	-0.37**	-0.34**	-0.55**	0.60**	0.54**	0.54**	
T									
AT		-0.27**	-0.14*	-0.02	-0.28**	0.25*	0.30**	0.24*	0.29**
CA			0.38**	0.03	0.18*	-0.18*	-0.18*	-0.20*	-0.22*
CT				0.26**	0.39**	-0.48**	-0.51**	-0.57**	-0.11*
A					0.32**	-0.46**	-0.39**	-0.37**	-0.37**
PP						-0.56**	-0.56**	-0.55**	-0.34**
C							0.89**	0.87**	-0.55**
O									0.60**

Diferencia significativa (*) y (**) altamente significativa $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$ respectivamente

La correlación de Kendall mostró que las variables de sólidos solubles totales SST y acidez titulable, carotenos, clorofilas totales, amonio y pérdida de peso presentaron una relación negativa lo que afectó las características cualitativas de color, olor y comercialización en tomillo, esto se relaciona a la tasa de respiración, factor que determina la composición de gases y humedad relativa

en productos empacados, lo que ocasiona efectos indeseables en los productos de la respiración anaerobia y aceleran la producción de olores desagradables disminuyendo la vida útil (Dell *et al.*, 2000; Song *et al.*, 2002).

Durante la conservación en atmósferas modificadas con altas concentraciones de CO₂ se retrasa la degradación de la clorofila, biosíntesis de carotenos, retraso en el desarrollo del metabolismo de compuestos fenólicos, cuya importancia radica en una menor actividad de la enzima polifenoloxidasa, además retrasa la pérdida de firmeza, ya que existe una menor actividad en las enzimas degradativas de la pared celular y un retraso en el metabolismo de compuestos volátiles (Kader, 1997).

5. CONCLUSIONES

El uso de bajas temperaturas mantuvo la calidad y prolongaron la vida poscosecha de las 2 hierbas aromáticas por más tiempo (15 días).

El almacenamiento en atmósferas modificadas mostro un efecto benéfico en el alargamiento de la vida poscosecha en las hierbas aromáticas durante los 15 días de evaluación.

El mejor tratamiento de conservación para albahaca (*Ocimum basilicum* L. var. *Pupurascens*) fue a 6° C ya que prolongo la vida poscosecha por más tiempo.

La albahaca conservo sus características fisicoquímicas y de calidad visual hasta los 9 días de almacenamiento. Siendo la atmósfera modificada con empaque de bolsa hermética la que conservó mejor su apariencia visual, seguida por la bolsa plástica y por último la cubierta de pliofilm que mostró mayor porcentaje de pérdida de peso.

El Tomillo (*Thymus vulgaris*, L.) almacenado a 6° C logro una vida poscosecha de hasta 12 días conservando sus características fisicoquímicas y organolépticas.

Condiciones de almacenamiento de 6° C en tomillo con los empaques bolsa hermética y bolsa plástica conservaron mejor las características organolépticas prolongando su vida útil.

6. LITERATURA CITADA

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of Association Official Analytical Chemistry. USA:
- Azevedo, M. C; Rodríguez, A. D. 2005. Carotenoids of endive of New Zealand spinach as affected by maturity, season and minimally processing. *Journal of Food and Analysis* 18:845-855.
- Berzins, M. L., S. Romagnoli. 2004. Cultivo de Plantas Aromáticas. Publicaciones INTA Castelar y La Consulta. Argentina. 32 p.
- Betancourt, A. S. Y; Gutiérrez, D. M. A. 1999. Proyecto Mercados Verdes Herbolarios. Fondo de América del Norte para la Cooperación Ambiental (FANCA), Ecología y Desarrollo de Puebla y Tlaxcala A. C. México. 250 p.
- Boreño, R. P. 1999. Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco. Ingeniera Agrónoma, Coordinadora Proyecto Hierbas Aromáticas, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía.
- Bottcher, H; Gunther, I; Bauermann, U. 1999. Physiological postharvest responses of marjoram (*Majorana hortensis* Moench). *Postharvest Biology and Technology* 15(1):41-52.
- Brady, C. J. 1993. Stone fruit. In: *Biochemistry of Fruit Ripening*. Seymour, G. B; Taylor, J. E; Tucker, G. A. (eds). Chapman and Hall. London, UK. 379 p.
- Brosnan, T; Sun, D. W. 2001. Precooling techniques and applications for horticultural products. *International Journal of Refrigeration* 24:154-170.
- Bureau, G; Multon, J. L. 1995. Embalaje de los alimentos de gran consumo. Ed. Acribia, S. A. Zaragoza, España.
- Cameron, A. C; Talasila, P. C; Joles, D. W. 1995. Predicting film permeability needs for modified-atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30:25-34.

- Cantwell, M; Reid, M. 1993. Postharvest physiology and handling of fresh culinary herbs. *J. Herbs, Spices and medicinal plants* Vol. 1:93-123.
- Cantwell, M; Reid, M. 2002. Postharvest physiology and handling of fresh herbs. Pp 327-331 *in: Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Kader, A. (ed). Publication 3311 University of California Davis. Division of Agriculture and Natural Resources. California, USA.
- Cantwell, M; Reid, M. 2006. Culinary Herbs Fresh. *Postharvest Technology Research & Information Center*. Department of Plants Sciences, University of California, Davis.
- Charley, H. 1991. *Tecnología de Alimentos*. Ed. Limusa. México. 665 p.
- Crespo, M. 1986. *Cultivo de las plantas aromáticas para condimento*. Ed. Albatros. Argentina. 210 p.
- De Baggio, L. 1988. Many herbs tolerate more soil acidity than commonly believed. *The Herb, Spice and Medicinal Plant Digest* 6(1):5 – 10.
- De Ell, J. R; Vigneault, C; Lemerre, S. 2000. Water temperature for hydrocooling field cucumbers in relation to chilling injury during storage. *Postharvest News and Information*. 11(2):707.
- Fonseca, C. S; Olivera, A. F; Brech, K. J. 2000. Modeling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review: *Journal of Food Engineering*. 52:99-119.
- Forney, F. C; Jordan M. A. 1999. Stress-induced ethanol production. *In: Fresh fruits and vegetables*. HortScience. 31(4):635 p.
- González, A. G. A; Gardea, A. A; Cuacumea, N. F. 2005. Nuevas Tecnologías de Conservación. *Productos vegetales frescos cortados*. Editorial CIAD. Centro de investigación en alimentos y desarrollo A.C. 447-470 pp.
- Greengrass, J. 1995. Películas para envasado en atmósferas modificadas. Pp 23-34. *In: Parry, R. T. (ed). Envasado de los Alimentos en Atmósferas Modificadas*. Ed. España.
- Guadarrama, A. 2001. *Fisiología Poscosecha de Frutos*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 139 p.
- Hardenburg, R. E.; Alley, E. W; Chien, Y. W. 1988. *Almacenamiento Comercial de Frutas, Legumbres y Existencias de Floristerías y Viveros*. Instituto

- Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 150 p.
- Hersch, M. P. 1996. Destino común: los recolectores y su flora medicinal. INAH. México. 262p.
- Ibar, A. L. 1981. El Gran Libro de las Hierbas y Plantas Medicinales. Ed. De Vilchi S. A. Barcelona, España. 332 p.
- Kader, A. A. 1997. A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than apples and pears. Proceedings of the Seventh International Controlled Atmosphere Resources Conference. University of California, Davis, California. Pp. 3: 1-36.
- Kader, A. A. 2002. Postharvest biology and technology: an overview. *In*: Postharvest Technology of Horticultural Crops. Kader, A.A. (ed). University of California, Davis, California, USA. Pp 39-48.
- Karakali, I. 1993. Storage and marketing of horticultural crops. 413 p. Publications of Aegean University Faculty of Agriculture. No. 494.
- Kenneth, A; Corey, F. 1989. Postharvest preservation of fresh herbs, fundamentals and prospects. The herb, Spice and Medicinal Plants Digest 7:2-4.
- Lange, D. L; Cameron, A.C. 1997. Pre and Postharvest temperature conditioning of greenhouse-grown sweet basil. HortScience 32:114-116.
- Lichtenthaler, H. K. 1987. CIIIIIIhlorophyls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes. Methods in Enzymology. 148:350-382.
- Loaiza, J., Cantwell, M. 1997. Postharvest physiology of Cilantro (*Coriandum saivum* L.) HortScience 32:104-107.
- López, A. B; Murcia, M. A. 2003. Lipid peroxidation and chlorophyll levels in spinach during refrigerated and after industrial processing. Food Chemistry, 61: 113-118.
- Mattheis, J; Fellman, K. J. 2000. Impacts of modified atmosphere packaging and controlled atmospheres on aroma, flavor and quality of horticultural commodities. Hotechnology 10(3):107-110.
- Mathooko, F. M. 1996. Regulation of respiration metabolism in fruits and vegetables by carbon dioxide. Postharvest Biology and Technology 9:247-264.

- Muñoz, L. B. 1987. Plantas Medicinales y Aromáticas. Estudio, Cultivo y Procesado. Ed. Mundi- Prensa. 365 p.
- Namesney, V. A. 1993. Postrecolección de Hortalizas. Vol. 1. Ediciones de Horticultura. Reus, España. 330 p.
- Quesada, M. A; Valpuesta, V. 2000. Juvenilidad, senescencia y abscisión. In: Fundamentos de Fisiología Vegetal. J. Azcón-Bieto y M. Talon (eds). Mc Graw Hill. Pp 451-464.
- Romojaro, F. 1996. Nuevas tecnologías de conservación de frutas y hortalizas. Ed. Mundi prensa. España. 63-88 p.
- Salisbury, B. F; Ross, C. W. 1994. Fisiología Vegetal. Iberoamericana. México. 754 p.
- Salveit, M. E. 2003. Asummary of CA requirements and recommendations for vegetables. Acta Horticulturae. 6090:723-727.
- Scheldeman, X; D. Libreros; Jiménez. D. 2002. Desarrollo de Especies Silvestres Nativas en Cultivos de Exportación: Pasos Básicos en el Proceso. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). Colombia. 10 p.
- Shafiur, M. R. 2002. Manual de conservación de los alimentos. Editorial ACRIBIA S. A: Zaragoza España.
- Schlimme, D. V; Rooney, M. L. 1994. Envasado de frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. In: Wiley R. C. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. Editorial Acribia. España. Pp 131-143.
- SIAP-SAGARPA-2009. Servicio de información agropecuaria. Base de datos electrónica consultada en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>
- Silva, F. 1997. Basil conservation affected by cropping season, harvest time and storage period. Pesq. Agropec. Bras. 40:323-328.
- Thompson, A. K. 1998. Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables. CAB International. USA. 278 p.
- Thompson J. F; Mitchell, F. G; Kasmire, R. F. 2002. Cooling horticultural commodities. In: Kader, A. A. Postharvest technology of horticultural crops. California: University of California, Agriculture and Natural Resources, Davis.

- Toivonen, P. M. A. 1996. The effect of storage temperature, storage duration, hydro-cooling, and micro-perforated wrap of shelf-life of Broccoli (*Brassica oleracea* L.) *Postharvest Biology and Technology* 10:59-65.
- Watada, A; N. Ko; D. Monott. 1996. Factor affecting quality of fresh cut horticultural products. *Postharvest Biology and Technology* 9:115-125.
- Wealtherburn, M. W. 1967. Phenol-hypoclorite reaction for ammonia determination. *Anal. Chem.* 39:971-974.
- Willis, R. H; Lee, T. H; Graham, D; McGlasson, W. B. and Hall, E. G. 1984. *Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección*. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 161 p.
- Yahia, E. M. Higuera, C. I. 1992. *Fisiología y tecnología poscosecha de productos hortícolas*. Ed Limusa. México. 303 p.
- Yamaguchi, N., Watada, A. 1993. Pigments changes in parsley leaves during storage in controlled or ethylene containing atmosphere. *Journal of Food Science* 58:616-618.