



"Enseñar la explotación de la
tierra, no la del hombre"

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA INSTITUTO DE HORTICULTURA

F
Tesis
3127
C.2

FISIOLOGÍA POSCOSECHA DE *Ocimum basilicum* L., *Mentha piperita*
L. Y *Salvia officinalis* L.

TESIS



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

VERÓNICA NÚÑEZ LÓPEZ

CHAPINGO, MÉXICO, JULIO DE 2009.



BIBLIOTECA



**FISIOLOGÍA POSCOSECHA DE TRES HIERBAS AROMÁTICAS “ALBAHACA,
MENTA Y SALVIA”**

Tesis realizada por la Ing. **Verónica Núñez López** bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

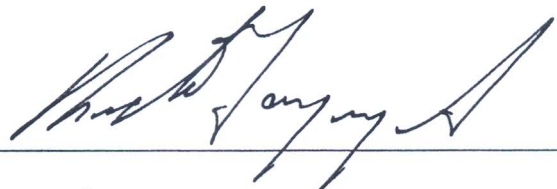
DIRECTOR:


DRA. MA. TERESA MARTÍNEZ DAMIÁN

ASESOR:


DRA. MARÍA TERESA BERYL COLINAS LEÓN

ASESOR:


DR. HÉCTOR LOZOYA SALDAÑA

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Chapingo**, por darme la oportunidad de seguir superándome.

A la Dra. Ma. Teresa Martínez Damián, por dirigir y dedicar tiempo a esta investigación, por el gran apoyo y consejos brindados desinteresadamente.

A la Dra. María Teresa Beryl Colinas León, por sus enseñanzas durante mi formación, apoyo y colaboración en esta investigación.

Al Dr. Héctor Lozoya Saldaña por formar parte del comité asesor, por su asesoría y colaboración en este trabajo.

Al Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez, por su valiosa ayuda y dedicar tiempo a la elaboración de este trabajo.

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

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor de la presente Tesis, nació en San Luis San Pedro, municipio de Tecpan de Galeana, Guerrero, el 21 de diciembre de 1982. Realizó sus estudios de preescolar en el jardín de niños “Estefania Castañeda”, la primaria en la escuela “Emiliano Zapata” y la secundaria en la escuela “Melchor Ocampo”, las tres ubicadas en su comunidad natal. Los estudios de bachillerato en el Centro de Estudios Técnicos del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, ubicado en Huitzucu, Guerrero. En el 2000 ingresó al Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, ubicado en el km. 14.5 de la carretera Iguala-Cocula, egresó en el 2005, con el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Del 2005 al 2006 se desempeñó como encargada de control de calidad en una empacadora de la empresa Glezte SPR de RI, ubicada en la ciudad de Axochiapan. En el 2007 ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo, donde realizó estudios de Maestría en Ciencias en Horticultura.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE CUADROS.....	VII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.2. HIPÓTESIS.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Importancia de las hierbas aromáticas.....	4
2.2. Mercado de las hierbas aromáticas.....	4
2.3. Producción mundial.....	5
2.4. Cultivo de plantas aromáticas.....	6
2.4.1. Albahaca (<i>Occimum basilicum</i> L.).....	6
2.4.2. Salvia (<i>Salvia officinalis</i> L.).....	8
2.4.3. Menta (<i>Mentha piperita</i> L.).....	9
2.5. Factores internos involucrados en el deterioro de las hierbas aromáticas.....	10
2.5.1. Temperatura.....	10
2.5.2. Humedad relativa.....	11
2.5.3. Composición atmosférica.....	11
2.5.4. Etileno.....	11
2.5.5. Luz.....	12
2.5.6. Daños físicos.....	12
2.5.7. Patógenos.....	12
2.6. Fisiología y bioquímica poscosecha de hierbas aromáticas.....	13
2.6.1. Respiración.....	14
2.6.2. Pérdida de agua.....	14
2.6.3. Etileno.....	15

2.6.4. Color.....	16
2.6.5. Carbohidratos.....	17
2.6.6. Sabor.....	17
2.6.7. Ácidos orgánicos.....	18
2.6.8. Compuestos nitrogenados.....	18
2.7. Técnicas de conservación poscosecha en hierbas aromáticas.....	19
2.7.1. Enfriamiento.....	20
2.7.2. Humedad relativa.....	24
2.7.3. Almacenamiento en refrigeración con atmósferas modificadas o controladas.....	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. Material vegetal	27
3.2. Manejo y ubicación del experimento	27
3.3. Temperaturas de almacenamiento evaluadas.....	28
3.4. Diseño y unidad experimental.....	28
3.5. Caracteres evaluados.....	28
3.6. Análisis estadístico.....	33
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Albahaca.....	34
4.1.1. Análisis de varianza.....	34
4.1.2. Comparación de medias.....	36
4.1. Menta.....	45
4.1.1. Análisis de varianza.....	45
4.1.2. Comparación de medias.....	47
4.1. Salvia.....	55
4.1.1. Análisis de varianza.....	55
4.1.2. Comparación de medias.....	57
5. CONCLUSIONES.....	63
6. LITERATURA CITADA.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Relación estándar para determinar concentraciones de amonio...	31
-----------	--	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Actividad respiratoria de tres hierbas aromáticas.....	14
Cuadro 2.	Cuadrados medios del análisis de varianza de albahaca con acolchado y sin acolchar almacenadas en diferentes temperaturas.....	35
Cuadro 2.	Continuación. Cuadrados medios del análisis de varianza de albahaca con acolchado y sin acolchar almacenadas en diferentes temperaturas.....	36
Cuadro 3.	Comparación de medias de efectos principales en Albahaca sin acolchado y con acolchado, almacenada en diferentes temperaturas.....	40
Cuadro 3.	Continuación. Comparación de medias de efectos principales en Albahaca sin acolchado y con acolchado, almacenadas en diferentes temperaturas.....	44
Cuadro 4.	Cuadrados medios del análisis de varianza de la menta almacenada en diferentes temperaturas.....	46
Cuadro 4.	Continuación. Comparación de medias de efectos principales en Menta almacenada a diferentes temperaturas.....	54

Cuadro 5.	Comparación de medias de efectos principales en Menta almacenada en diferentes temperaturas.....	39
Cuadro 5.	Continuación. Comparación de medias de efectos principales en Menta almacenada en diferentes temperaturas.....	40
Cuadro 6.	Cuadrados medios del análisis de varianza de salvia almacenada en diferentes temperaturas.....	56
Cuadro 6.	Continuación. Cuadrados medios del análisis de varianza de salvia almacenada en diferentes temperaturas.....	57
Cuadro 7.	Comparación de medias de efectos principales, en Salvia almacenada en diferentes temperaturas.....	59
Cuadro 7.	Continuación. Comparación de medias de efectos principales de Salvia almacenada en diferentes temperaturas.....	62

FISIOLOGÍA POSCOSECHA DE TRES HIERBAS AROMÁTICAS “ALBAHACA, MENTA Y SALVIA”

POSTHARVEST PHYSIOLOGY OF THREE AROMATICS HERBS “BASIL, MINT AND SAGE”

Verónica Núñez López¹ y María Teresa Martínez Damián²

RESUMEN

Con la finalidad de estudiar el efecto de las bajas temperaturas sobre la calidad poscosecha de albahaca (*Occimum basilicum* L.), producida con y sin acolchado, menta (*Mentha piperita* L.) y salvia (*Salvia officinalis* L.), en atmósfera modificada (creada por el envase plástico), se cuantificó su comportamiento a 0, 5, 7 y 20 °C, durante 16 días, en un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones. La unidad experimental consistió en un manojo de hierbas de 30 g. Se evaluaron los Sólidos Solubles Totales, Acidez Titulable, Potencial de Hidrógeno, Clorofilas, Carotenoides, Contenido de Amonio, Color, Pérdida de Peso Fresco, y además se realizó una evaluación hedónica, en donde se tomó en cuenta apariencia visual, turgencia, si era comercializable aún, pudrición y amarillamiento. Hubo diferentes efectos de las temperaturas sobre la calidad poscosecha de las tres hierbas aromáticas: la albahaca sufrió daños por frío a 0 °C. A 5 °C se incrementó la vida poscosecha, conservando sus características fisicoquímicas, además el uso del acolchado no influyó en la calidad poscosecha. La menta, conservó muy bien sus características bioquímicas a 0 y 5 °C hasta por 12 días y en la salvia, su calidad poscosecha se extendió a 16 días a 5 °C, siendo la mejor temperatura de almacenamiento, pues esta conservó mejor sus características fisicoquímicas.

Palabras clave adicionales: bajas temperaturas, calidad, acolchado, escala hedónica

1 Tesista

2 Director

ABSTRACT

With the aim of studying the effect of the low temperatures over the quality postharvest of basil (*Occimum basilicum* L.), produced with and without mulching, mint (*Mentha piperita* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.), in modified atmosphere (created by plastic covering). Their behavior was quantified at 0, 5, 7 and 20 °C, during 16 days, in an experimental design completely randomized with three repetitions. The experimental unit was a bundle of herbs of 30 g. It was evaluated total solid soluble, titratable acidity, pH, chlorophylls, carotenoids, content of ammonia, color, fresh weight loss. In addition, a hedonic evaluation was carried out in which the following elements were taken into account: visual appearance, turgidity, if it was even marketable, putrefaction and yellowing. The temperatures had different effects on the three aromatic herbs: the basil suffered chilling injury to 0 °C. To 5 °C increase the postharvest life preserving its physiochemical characteristics. As well, the use of mulching had no influence on postharvest quality. The mint preserved its characteristics biochemical to 0 and 5 °C until by 12 days. As for the sage, its postharvest quality was extended to 16 days at 5 °C, which was the best storage temperature for sage because it better preserved its physiochemical characteristics.

Additional key words: low temperatures, quality, mulching, hedonic scale.

1. INTRODUCCIÓN

La utilización de las hierbas aromáticas ha sido históricamente importante desde hace más de once mil años. A lo largo de la historia se han utilizado para cocinar y como medicina natural, y en ambos casos es mejor usarlas frescas. El consumo doméstico e industrial de las mismas ha aumentado actualmente en todo el mundo, debido en gran medida al cambio de estilo de vida, haciendo a un lado el gran consumo de los alimentos procesados, encaminándose nuevamente hacia alimentos más sanos y frescos en los países desarrollados. Las hierbas aromáticas son usadas en pequeñas cantidades para contribuir en el olor y sabor de las comidas, algunos ejemplos muy comunes son: albahaca, menta, salvia, perejil y orégano (Kybal, 1993).

En México, el comercio de hierbas aromáticas ocupa un pequeño nicho, en el mercado internacional alcanzando precios muy elevados, los cuales dependen de la calidad del producto (Cantwell y Reid, 2002).

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 al sabor exquisito de las hierbas recién cosechadas, son cada vez más demandadas (Kenneth y Corey, 1989).

En años recientes, ha aumentado sustancialmente la distribución de hierbas frescas aromáticas, pero su comercialización no ha sido del todo exitosa, dado

que son altamente perecederas. Factor que puede reducirse al realizar algunas prácticas poscosecha, como son la manipulación de la temperatura, humedad relativa y control de la atmósfera, los cuales minimizan la actividad respiratoria maximizando la vida útil del producto. La temperatura es el factor ambiental más importante, que limita la vida de anaquel de las hierbas (Cantwell y Reid, 1992). La vida poscosecha de las hierbas es larga si se modifica el ambiente durante su almacenaje, de manera que se minimice la actividad respiratoria, a través de bajas temperaturas y humedad relativa alta (Salunkhe y Desai, 1984). Según Yahia e Higuera (1996), el tercer factor es la atmósfera de almacenamiento. La vida de los productos hortícolas puede extenderse reduciendo la concentración de oxígeno, aumentando la concentración de CO₂ o combinando ambas situaciones. Para esto se han desarrollado sistemas de almacenamiento en atmósferas controladas (AC) o atmósferas modificadas (AM). La principal razón por lo que las hierbas frescas son empacadas y comercializadas en bolsas plásticas o películas es para reducirla pérdida de agua, para modificar la composición atmosférica de O₂, CO₂ y C₂H₄ (Bell, 1987; Cantwell y Reid, 1993).

Debido a lo anterior se propuso evaluar el uso de diferentes temperaturas de almacenamiento con atmósfera modificada, para conocer el efecto en la fisiología poscosecha de tres especies de hierbas aromáticas; albahaca (*Ocimum basilicum* L.); con acolchado y sin acolchar, menta (*Mentha piperita* L.) y salvia (*Salvia officinalis* L), que de acuerdo a algunas empresas dedicadas a la producción y comercialización de éstas, son las que tienen mayores problemas poscosecha.

1.1. OBJETIVO

Evaluar el efecto de cuatro temperaturas de almacenamiento (0, 5, 7 y 20 °C) y 95 % de humedad relativa, sobre la calidad poscosecha de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) con y sin acolchado, menta (*Mentha piperita* L.), y salvia (*Salvia officinalis* L.) , en atmósfera modificada (creada por envases plásticos).

1.2. HIPÓTESIS

Alguna de las temperaturas evaluadas bajo atmósferas modificadas (creada por envases plásticos), incrementan la vida poscosecha de las hierbas aromáticas, conservando sus características fisicoquímicas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia de las hierbas aromáticas

Las hierbas aromáticas son productos vegetales de hoja utilizados en pequeñas cantidades para contribuir (condimentar) al aroma y sabor de los alimentos. Ejemplos comunes de estos productos son el perejil, la menta, la albahaca, la salvia y el orégano. Estas hierbas han sido siempre un componente importante en la dieta humana, al proveer variación en el sabor de comidas básicas, y por constituir una parte vital de varios métodos utilizados en la preservación de los alimentos (Cantwell y Reid, 2002). También estimulan el apetito al favorecer la secreción de las glándulas digestivas, lo que favorece el mejor aprovechamiento de los alimentos por parte de los organismos (Tainter y Grenis, 1996).

2.2. Mercado de las plantas aromáticas

Las hierbas aromáticas son producidas por países pocos desarrollados o en vías de desarrollo, durante el año 2006 se comercializaron en el mundo 2,616,974 toneladas de estos productos, que generaron un movimiento de divisas de 4,423 millones de dólares. El comercio internacional de aromáticas

crece a una tasa sostenida superior al 2% anual. Entre las principales causas de este fenómeno se encuentran:

El incremento de la población, así como los volúmenes de elaboración de comida rápida o en microondas, la demanda de alimentos sin presencia de saborizantes, aditivos y/o conservadores sintéticos, la sustitución de la sal y el azúcar de los alimentos, el auge de las comidas étnicas (Fundación exportar, 2007).

De acuerdo al USDA (Departamento de Agricultura de EE. UU.), existen embarques semanales de hierbas aromáticas y precios a partir de \$18.00 dólares en los mercados terminales. Según expertos en la comercialización de este tipo de productos, esto refleja que el mercado estadounidense depende de pocos proveedores para la mayoría de las hierbas finas (Minero, 2004).

En la producción estadounidense destacan California, Florida, Hawai y Nueva Jersey. Cabe mencionar que México es el principal proveedor de albahaca verde (Minero, 2004). Se calcula que el consumo de hierbas frescas en el mercado de Estados Unidos ha venido creciendo en los últimos años a una tasa anual cercana al 25%. Entre las hierbas frescas, la albahaca es la de mayor participación, representando cerca del 40% del total importado de hierbas frescas (Inteligencia de Mercados, 2000).

2.3. Producción mundial

De acuerdo a estimaciones basadas en datos de la FAO, durante el año 2000, se estimo que la producción mundial de aromáticas y especias ascendió a 3.9

millones de hectáreas. Con respecto a 1999, el volumen se incremento un 7% y la superficie a un 12%. El comercio mundial de hierbas abarca aproximadamente 450 000 toneladas anuales, por un monto que va desde los 1,500 a los 2,000 millones de dólares. El principal país exportador es China, y figuran como importadores de mayor envergadura los Estados Unidos, Alemania y Japón (Fundación exportar, 2007).

2.4. Cultivo de plantas aromáticas

En general, la mayoría de las plantas aromáticas son originales del Mediterráneo, así que prefieren un clima con gran cantidad de luz solar, baja humedad, cambios estacionales y una distribución uniforme y buena cantidad de lluvia (Hylton, 1975; Splittstoesser, 1984).

2.4.1. Albahaca (*Ocimum basilicum*)

La albahaca pertenece a la familia botánica Lamiaceae, es una planta aromática, melífera y medicinal, debe su nombre científico a su aroma agradable y penetrante, pues la palabra albahaca procede del árabe andalusí “alhabáqa”, que quiere decir penetrar el cerebro con suave olor (Gispert y Garrido, 2000). Es miembro de la familia de la menta, el orégano y la mejorana, esta hierba es nativa de Asia Central y del Noroeste de la India (Hamasaki *et al.*, 2006).

Es una planta herbácea anual de tallo anguloso, ramificado, con hojas pecioladas, opuestas y ovales. En la parte superior del tallo brotan, en las axilas de las hojas, verticilos impares de flores blancas, rosáceas o amarillentas. Sus frutos son tetraquenos. Toda la planta es velluda y aromática. Se ha cultivado siempre en los jardines por sus cualidades aromáticas, ornamentales, medicinales y melíferas (Volák y Stodola, 1989). La albahaca es de clima templado y templado-cálido, no resiste las heladas, ni temperaturas inferiores a -2° C. Crece bien entre los 15 y 25° C y a media sombra. Esta planta prospera muy bien en suelos ricos en materia orgánica, de mediana fertilidad, ligero, silíceo-arcilloso, franco o humífero y permeable (Muñoz, 1996). Requiere alta luminosidad y prefiere suelos húmedos, con buen drenaje y con un pH de 6.0, el espaciamiento utilizado para este cultivo es de 30 cm entre plantas y de 60 a 90 cm entre surcos o camas de siembra (Ohio State University, 2006).

Se cosechan manualmente hojas y brotes tiernos, cuidando no dañar las yemas axilares, para que continúe el crecimiento; la floración compite con emisión de hojas, entonces cuando empieza a florecer es recomendable quitar las inflorescencias para que la planta siga emitiendo hojas (Shores, 2003).

La albahaca fresca es una de las hierbas favoritas de los italianos y provenzales, la utilizan para la elaboración de patés, la elaboración del famoso “pesto” italiano, ensaladas y algunas personas preservan las hojas frescas en aceite de oliva. Además también tiene propiedades medicinales y el aceite esencial de esta planta se utiliza en la farmacología sobre diversos microorganismos patógenos. Las partes aéreas de la planta contienen un aceite

esencial constituido por mono y sesquiterpenos, derivados del fenilpropano y ácidos orgánicos sencillos (Gispert y Garrido, 2000).

2.4.2. Salvia (*Salvia officinalis* L.)

Pertenece a la familia de las labiadas, el nombre genérico proviene del verbo latino *salvare*, salvar, en alusión a las propiedades salutíferas de las plantas de este género. Es originaria de los países del Mediterráneo oriental, Grecia, Yugoslavia, se ha introducido y aclimatado en Italia, Francia, la península Ibérica y Marruecos. Actualmente se cultiva en Inglaterra, Italia, Yugoslavia, Grecia, Albania, URSS y USA (Muñoz, 1987).

La salvia es un arbusto perenne de la familia de la menta o labiadas. Posee hojas grandes, elípticas, cuya longitud varía de 5 y 7 cm. Son de color gris plata a verde y al tacto parecen terciopelo (Tainter y Grenis, 1996). Sus flores de color violeta, rojo violáceo o blanco, se agrupan en espigas terminales. Sus frutos son tetraquenos (Volák y Stodola, 1989).

Este cultivo prospera muy bien en climas templado y templado-cálido; resiste las sequías y algo las heladas, que la afectan si son persistentes o intensas, como planta rústica se adapta a gran variedad de suelos, ácidos y básicos, con una escala muy amplia de pH, de 5 a 9, soportando gran concentración de cal, arcilla e incluso yeso, peor prefiere los suelos de consistencia media, algo ligeros y calcáreos y de exposición sur (Muñoz, 1987).

La forma de cosecha es dependiendo del destino del producto, si se trata para destilería, la planta se corta a los 15 cm del suelo en la época de plena floración

(Muñoz, 1987). Para su aprovechamiento en fresco, se cortan los brotes terminales de 15 a 18 cm de longitud. Las hojas se cortan antes de la floración. Debe su aroma a un aceite volátil, a taninos y a jugos amargos (Kybal, 1993). La salvia es el principal componente del aroma de las especias de los embutidos frescos de cerdo, también es la hierba más utilizada en las especias adicionadas a las carnes de ave. Además se utiliza para la preparación de salsas (Tainter y Grenis, 1996).

2.4.3. Menta (*Mentha piperita* L.)

Planta herbácea dotada de un conjunto de rizomas entrelazados subterráneos, de los que nacen numerosos tallos con hojas lanceoladas opuestas y pecioladas agudamente aserradas, llegan a medir de 2 a 3 cm de longitud (Hernández *et al*, 2001). Sus flores son de color violeta, y se agrupan en espigas terminales. Los frutos son tetraquenios que solo se forman en raras ocasiones (Volák y Stodola, 1989).

Es una planta que se desarrolla en zonas de clima templado, con elevada luminosidad. En regiones donde son de temer vientos fuertes y calurosos se deben tomar medidas de precaución, instalando cortinas de árboles. Se desarrolla en gran variedad de suelos, pero le son favorables los ligeros, arenos-arcillosos, francos, gumíferos o de aluvión, prefiere pH de 6 a 7.5 (Muñoz, 1987).

El momento más adecuado para realizar la recolección es antes o al inicio de la floración, cuando el contenido de esencia es más elevado segándose la planta

a 10 cm del suelo (Ibar, 1981). La cosecha debe realizarse por las mañanas o por las tardes, evitando altas temperaturas pues afectan la calidad del producto. Se utilizan preferentemente las hojas y tallos frescos. Es muy apropiada para acompañar ensaladas, aromatizar bebidas y dulces. Además se le atribuyen propiedades medicinales: estimula la secreción de los jugos intestinales, favorece la digestión y previene las hinchazones del vientre (Kybal, 1993).

2.5. Factores ambientales que influyen en el deterioro de las hierbas aromáticas

2.5.1. Temperatura

Uno de los factores que más afectan la vida y calidad poscosecha de las hierbas es la temperatura, la pérdida de calidad poscosecha ocurre como resultado de procesos fisiológicos y biológicos, los cuales son influenciados principalmente por la temperatura del producto y para mantener la calidad del producto no solo es importante enfriarlo, si no enfriarlo rápidamente (Brosnan *et al.*, 2001).

Cuando la temperatura es baja, se tienen algunas ventajas: se reduce la velocidad de respiración, la producción de etileno, el proceso de maduración, la senescencia y otros cambios conducentes al deterioro de la calidad. Para la mayoría de las hierbas el intervalo óptimo es de 0 a 7 °C (Cantwell y Reid, 1992).

2.5.2. Humedad relativa

La velocidad de pérdida de agua de frutas y hortalizas depende del déficit de presión de vapor entre el producto y el aire circundante y está influenciado por la temperatura y la HR (Cantwell y Reid, 2002).

2.5.3. Composición atmosférica

La reducción del O₂ y la elevación de CO₂, tanto intencional (almacenamiento en atmósfera controlada o modificada) como no intencional (ventilación restringida dentro de un contenedor de embarque o vehículo de transporte), puede retrasar o acelerar el deterioro de productos hortícolas frescos (Cantwell y Reid, 1992).

2.5.4. Etileno

Debido a que los efectos del C₂H₄ en los productos hortofrutícolas y ornamentales cosechados pueden ser deseables o indeseables, este compuesto es de gran importancia para todos los distribuidores de producto. El etileno se usa para promover una rápida y más uniforme maduración de consumo de las frutas cosechadas en el estado de madurez fisiológica verde maduro. Por otro lado, la exposición al C₂H₄ puede ir en detrimento de la calidad de la mayoría de los productos ornamentales y hortalizas que no son frutos (Cantwell y Reid, 2002).

2.5.5. Luz

La exposición de papas a la luz se debe evitar porque provoca el enverdecimiento debido a la formación de clorofila y solanina (tóxica para los humanos). El enverdecimiento inducido por la luz en achicorias de Bruselas también es indeseable (Cantwell y Reid, 2002).

2.5.6. Daños físicos

La mayoría de las hierbas son muy susceptibles al daño durante el manejo poscosecha. Un manejo rudo puede resultar en un cambio drástico de color de las delicadas hojas de la menta, albahaca y cilantro, y puede proporcionar sitios para infecciones microbianas. El manejo y empaclado cuidadosos son maneras de minimizar el daño. El empleo de contenedores de plástico rígido transparente es útil en algunas ocasiones para la venta a menudeo de hierbas delicadas (Brosnan *et al.*, 2001).

2.5.7. Patógenos

La vida de anaquel de hierbas frescas, especialmente las empacadas en bolsas de películas plásticas, termina frecuentemente debido al crecimiento de patógenos como el moho gris y la pudrición blanda bacteriana. Las medidas de control son: higiene precosecha y durante el manejo (incluyendo el uso de agua con cloro), almacenamiento a una temperatura adecuada, y evitar lesiones, así

como la condensación durante la comercialización. Debido a que las operaciones de cosecha y manejo poscosecha normalmente involucran muchas manos y personas en el trabajo, las hierbas frescas son particularmente susceptibles a contaminación por patógenos humanos tales como algunas especies de *Shigella* y *Salmonella* (Brosnan *et al.*, 2001).

2.6. Fisiología y bioquímica poscosecha de hierbas aromáticas

El estado de madurez en el cual se cosecha la planta, influye en la calidad del producto final, pues está relacionado con la concentración de constituyentes químicos. En la mayoría de las hierbas aromáticas, como la menta, salvia, romero, albahaca, orégano, entre otras, el contenido de aromáticos, taninos y terpenoides se encuentran en su máxima concentración justo antes de la floración (Muñoz, 1987).

Las hierbas frescas, se deterioran rápidamente después de la cosecha, debido a un incremento en la actividad metabólica debido al estrés causado por heridas, elevadas temperaturas y pérdida de agua durante su manejo. Los cambios bioquímicos; como son la degradación de proteína y peroxidación de lípidos, van acompañados de un decremento en la fotosíntesis y un incremento en la tasa respiratoria y producción de etileno (Cantwell y Reid, 1993; Meir *et al.*, 1997). Estos cambios provocan pérdida de clorofila, tornándose las hojas amarillentas y provocando abscisión (Cantwell y Reid, 1993).

2.6.1. Respiración

La respiración es el proceso por el cual los materiales orgánicos almacenados (carbohidratos, proteínas, grasas) son desdoblados en productos terminales simples con liberación de energía (Wills *et al*, 1984).

La senescencia de las hierbas frescas es un proceso metabólico activo muy relacionado a la tasa de respiración, la medición de la respiración puede ser usada para determinar que tan perecedero es un producto (Cantwell y Reid, 1986).

Cuadro 1. Actividad respiratoria de tres hierbas aromáticas. (Cantwell y Reid, 1986).

Hierba	Tasa respiratoria (ul CO ₂ /g/h) ¹			Q10	
	0°C	10°C	20°C	0-10°C	10-20°C
Albahaca	18	37	98	2.0	2.6
Menta	10	40	140	4.0	3.5
Salvia	18	54	87	3.0	1.6

2.6.2. Pérdida de agua

La pérdida de agua por transpiración constituye una de las principales limitantes a la prolongación de la vida post-recolección (Namesny, 1993). Se considera que si la pérdida de agua alcanza el 8%, la calidad, vuelve inercial al

producto. La pérdida de agua produce el marchitamiento del producto y, por consiguiente, la pérdida del aspecto fresco deseable. Las protecciones de plástico permiten reducir este fenómeno, contribuyendo a preservar la frescura. Los orificios tienen la ventaja de eliminar la condensación del interior del envase y reducir el desarrollo microbiano (Namesny, 1993). La pérdida de agua está relacionada con la degradación de vitaminas.

Muchas hierbas frescas pierden agua rápidamente a través de las hojas, y la deshidratación después de la cosecha puede ser importante. Es necesario protegerlas del sol y viento y transportarlas rápidamente a un área de empaque y enfriamiento protegido. Uno de los beneficios más grandes de almacenar las hierbas a bajas temperaturas es la reducción en la tasa de pérdida de agua. Algunos distribuidores ponen los tallos cortados (por ejemplo, menta y perejil) en agua para lograr una rehidratación parcial. Sin embargo, los microorganismos pueden crecer rápidamente en el agua y esta técnica no es muy práctica para el transporte y el almacenamiento. Para algunos mercados, otra opción es manejar las hierbas con sus raíces en macetas con un sustrato nutricional (Cantwell y Reid, 1993).

2.6.3. Etileno

El etileno es una hormona endógena de la planta, la cual se cree es la iniciadora de la senescencia o reguladora de ésta, una vez que este proceso ha iniciado (Lipton, 1987).



Como todos los tejidos de hoja verde, las hierbas se afectan negativamente por el etileno presentando síntomas tales como el amarillamiento, caída de las hojas y epinastia (encurvamiento del pecíolo). La sensibilidad al etileno varía entre las especies de hierbas, muchas presentan epinastia, pero el amarillamiento y la abscisión usualmente se presentan en las especies más sensibles. Los efectos del etileno pueden ser minimizados al mantener temperaturas adecuadas de almacenamiento (Yahia e Higuera, 1996).

2.6.4. Color

El color es uno de los cambios que más se manifiestan en muchas frutas y hortalizas durante la maduración. El color verde se debe a la presencia de clorofila. La pérdida de color verde es consecuencia de la degradación de la clorofila. La desaparición de la clorofila va asociada a la síntesis de otros pigmentos cuyos colores oscilan entre el amarillo y rojo. Muchos de estos pigmentos son carotenoides, los cuales son compuestos muy estables y pueden permanecer en los tejidos aún en estado avanzado de senescencia (Wills *et al*, 1984). Los cambios de color durante la maduración y senescencia son altamente influenciados por las condiciones de almacenamiento, particularmente el cambio de verde a amarillo (Mattheis y Fellman, 2000). El color es uno de los principales atributos, junto con la textura que caracterizan la frescura de la mayoría de los vegetales (Bolin y Huxoll, 1991).

Los carotenoides son pigmentos muy importantes en la dieta humana, proveen color rojo, amarillo y anaranjado, además estos son precursores de otros

compuestos biológicamente importantes (Millborrow, 2001). Además reducen la probabilidad de desarrollar ciertos tipos de cáncer (Tanumihardjo y Yang, 2005).

2.6.5. Carbohidratos

Los azúcares ya sea solos o combinados con otros constituyentes, son de importancia para que se produzca el sabor característico de los frutos y vegetales (Pantástico, 1979). La conversión de almidón en azúcares quizá es el cambio más importante asociado a la maduración de frutas y hortalizas. Estas transformaciones tienen doble efecto al alterar tanto al gusto como la textura del producto. En la hortalizas, al progresar la maduración los azúcares se convierten en almidón, con la pérdida del valor dulce, el contenido en agua disminuye y la cantidad de fibra aumenta (Wills *et al*, 1984).

2.6.6. Sabor

El sabor es una percepción sutil y compleja en que se combina el gusto (dulce, ácido, astringente, picante), el olor (sustancias volátiles) y la consistencia (suave, firme). La madurez trae consigo un aumento en los azúcares simples que dan dulzura, disminución de ácidos orgánicos y fenólicos para reducir la astringencia y un aumento en las sustancias volátiles (Pantástico, 1979).

2.6.7. Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos no volátiles (cítrico, málico, ascórbico) se encuentran entre los principales constituyentes celulares que sufren cambios durante la maduración de frutos y hortalizas. Durante la maduración de frutos, hay una considerable pérdida de la acidez, disminuyendo los ácidos cítrico, málico y ascórbico (dependiendo de la especie), debido a un posible catabolismo del citrato vía malato (Pantástico, 1979).

2.6.8. Compuestos nitrogenados

Las proteínas y los aminoácidos libres constituyen componentes minoritarios en las frutas y hortalizas y parecen no jugar un papel importante en la determinación de la calidad comestible, sin embargo, sí se dan modificaciones en los constituyentes nitrogenados, ya que se dan cambios en la actividad metabólica de la planta (Wills *et al.*, 1984).

Nowak y Rudnicki (1990), mencionaron que durante la senescencia se da la biosíntesis de nuevos fosfolípidos, debido al incremento en la actividad de las fosfolipasas por la degradación de los lípidos que constituyen a las membranas, al aumentar la degradación, los tejidos pierden sostén y se marchitan, por esto se considera al amonio como indicador de la senescencia.

Weichman (1987), mencionó que la proteólisis ocurre fácilmente durante el almacenamiento poscosecha, correspondiendo al incremento de aminoácidos libres los cuales son metabolizados en componentes de nitrógeno (prolina,

asparginina, arginina, etc.). Subsecuentemente, estos componentes producen la liberación de amonio, incrementándose en la vida poscosecha de las frutas y hortalizas, más aún en el almacenamiento a altas temperaturas.

2.7. Técnicas de conservación poscosecha en hierbas aromáticas

Las hierbas frescas son estructuras complejas que consisten de un tallo, hojas, flores y en algunas ocasiones tejido radicular. Muchas hierbas se cosechan como tallos blandos o semileñosos. En algunas ocasiones, la hierba incluye flores maduras e inmaduras. Muchas de las hierbas que se utilizan para ensaladas, se cosechan como hojas en desarrollo o plantas intactas y pueden estar constituidas por hojas en diferentes estados de desarrollo. Esta diversidad significa que los requerimientos poscosecha podrían ser diferentes para cada producto, aunque en la práctica sean manejados de manera muy similar a las hortalizas de hoja (Cantwell y Reid, 2002).

Los factores más importantes durante el almacenamiento de los productos perecederos son: la temperatura, humedad y la atmósfera, si éstas se mantienen en un nivel óptimo, se puede maximizar la vida útil del producto (Cantwell y Reid, 1992).

Las bajas temperaturas durante el transporte, almacenamiento y distribución, juegan un papel muy importante para disminuir la maduración y otros procesos metabólicos, reducen el deterioro y pueden minimizar los efectos del etileno (Brecht, 1995).

2.7.1. Enfriamiento

El control de la temperatura del producto y la reducción del tiempo en el que el producto permanece a temperaturas inferiores a las óptimas son los métodos más importantes para reducir pérdidas de la calidad en los productos perecederos (Cantwell y Reid, 2002). Por esta razón es muy importante el preenfriado, que es un proceso de eliminación rápida del calor de campo de los productos cosechados. A menudo se utiliza poco después de que los productos se cosechan y antes de enviarlos a su destino; también se utiliza antes del almacenamiento para su procesamiento (Yahia e Higuera, 1996). Normalmente el preenfriado se lleva a cabo en un período de 24 horas después de la cosecha, pero a productos altamente perecederos como las bayas y hortalizas de hoja, este procedimiento debe aplicarse en un lapso de 1 a 3 horas. Los productos hortícolas que son preenfriados tienen una mayor capacidad de transporte, mayor vida de anaquel, una apariencia más atractiva y mejor calidad en el consumo final (Namesny, 1993; Yahia e Higuera, 1996).

El enfriamiento inicial de productos hortofrutícolas hasta cerca de su temperatura óptima de almacenamiento, puede realizarse por diversos métodos, que incluyen: cámaras de enfriamiento, aire frío forzado, agua fría, hielo troceado y enfriamiento por vacío. Algunos productos pueden ser enfriados por diversos métodos, pero la mayoría de ellos responden mejor al empleo de uno o dos métodos enfriamiento (Cantwell y Reid, 2002).

Enfriamiento en cámaras

Este método de enfriamiento ampliamente utilizado a nivel comercial, implica la introducción del producto en contenedores de campo o embarque en una cámara de refrigeración. Se emplea principalmente para productos con relativamente larga vida de almacenamiento que son almacenados en la misma cámara donde se enfrían. Este método de enfriamiento es muy utilizado y es recomendado para hierbas aromáticas (Cantwell y Reid, 2002).

El enfriamiento en cámara es un método muy lento pero relativamente económico, cuando se dispone de electricidad para la refrigeración mecánica. Cuando se usa el enfriamiento en cámara, el producto es simplemente cargado en el interior de la cámara fría, y el aire frío se deja circular entre las cajas de cartón, sacos, costales, cajas palet (arcones) o la carga a granel. Es importante dejar un espacio adecuado entre las pilas de cajas dentro de la cámara de refrigeración para que el producto se enfríe más rápidamente. Aproximadamente 1 pulgada (2.5 cm) es suficiente para permitir que el aire frío circule por todos lados de las cajas individuales. Los productos en cajas ventiladas se enfriara mucho más rápido que los envasados en empaques sin agujeros de ventilación (Brosnan *et al.*, 2001).

Enfriamiento por aire forzado

Este sistema fue desarrollado en la Universidad de Davis de California por los profesores Gordon Mitchell, Rene Guillou y R. Parsons. Consiste en enfriar el producto con aire a baja temperatura. El aire es forzado a pasar a través del producto mediante un ventilador que produce un gradiente de presión entre

ambos lados del recipiente que contiene el producto, logrando un íntimo contacto entre este y el aire frío. Como el coeficiente de transferencia convectivo del aire es menor que el del agua, este sistema es menos eficiente que el Hidroenfriado. Se adapta muy bien a muchos productos y es el indicado para aquello que no se pueden mojar. Se aplica en uvas, frutillas, manzanas, cítricos, tomate, zanahoria, cebolla, ajo, morrón, frutas de carozo, entre otros. Una desventaja es que la pérdida de agua puede ser un problema en este sistema, pero se puede eliminar trabajando con HR altas (95 %) (Brosnan *et al.*, 2001).

Es mucho más rápido que las cámaras de enfriamiento, debido a que el aire frío circula a través en lugar de alrededor de los contenedores. Esto permite que el aire frío tenga un contacto directo con el producto caliente. Este es un método muy eficiente para las hierbas aromáticas (Cantwell y Reid, 2002).

Hidroenfriamiento

El agua fría es un método efectivo para el enfriamiento rápido de gran diversidad de frutas y hortalizas, ya sea a granel o empacados, sin embargo para las hierbas aromáticas no es recomendable, pues es muy susceptible la diseminación de hongos o bacterias (Cantwell y Reid, 2002).

Algunas ventajas de este método son: a) no elimina agua del producto, b) enfría rápidamente (15 veces mas rápido que con aire), c) fácilmente maneja grandes cantidades de productos, aunque también se puede diseñar para escalas pequeñas.

Obviamente también hay restricciones debido al tipo de embalaje, en algunos casos los envases son encerados. El agua es continuamente reciclada, lo que puede provocar acumulación de microorganismos creando un problema de higiene, por tal razón, el agua debe ser tratada constantemente con soluciones de hipoclorito a fin de reducir al mínimo el desarrollo de patógenos. Es indispensable también limpiar diariamente los enfriadores, cabe notar que los productos hidrogenfriados deben ser rápidamente colocados en cámara pues si no se calientan otra vez. Existen diferentes diseños, estos varían con el método de enfriamientos que es usado y la forma en que el producto es transportado o ubicado para que el agua entre en contacto con él (Brosnan *et al.*, 2001).

Contacto con hielo

Algunos productos son enfriados llenando las cajas de empaque o contenedores con hielo troceado o en escamas. Inicialmente el contacto entre el hielo y el producto provoca un enfriamiento rápido. Sin embargo cuando el hielo en contacto con el producto se funde, la velocidad de enfriamiento disminuye considerablemente (Cantwell y Reid, 2002). El contacto con hielo se utiliza fundamentalmente como complemento de otras técnicas de enfriamiento para lo cual se extiende por encima de la carga situada en el vehículo de transporte hielo finamente picado, o una pasta de hielo (Wills *et al.*, 1984).

Enfriamiento mediante vacío

Las hortalizas que ofrecen una relación superficie/volumen elevada pueden enfriarse rápida y uniformemente, mediante este método. Esta técnica consiste

en colocar el producto en un recipiente hermético y la presión se reduce a 660 pascales (5 milímetros de mercurio) Las hortalizas foliáceas son ideales para ser sometidas a la refrigeración a vacío (Wills *et al*, 1984).

Este método de enfriamiento se basa en la evaporación de parte del agua del producto a muy baja presión atmosférica. Los productos que fácilmente liberan agua pueden ser enfriados en 20 a 30 minutos. Las hortalizas con alta relación superficie / peso y que liberan agua rápidamente, tales como hortalizas de hoja (Cantwell y Reid, 2002).

2.7.2. Humedad relativa

La humedad es el segundo factor que debe considerarse, una alta humedad relativa durante el almacenamiento minimiza la transpiración y la pérdida de agua de los productos, también ayuda a mantener su vigor y a retardar la senescencia, por lo tanto, una humedad relativa óptima puede ser desde 40 a 100% dependiendo del producto (Namesny, 1993).

2.8.3. Almacenamiento en refrigeración con atmósferas modificadas o controladas

Atmósferas modificadas

Esta técnica consiste en la conservación de frutas y hortalizas, ya sean enteras o cortadas, bajo películas plásticas con una permeabilidad definida y su fundamento se basa en el cambio de las condiciones gaseosas iniciales del

entorno inmediato del producto como consecuencia de su metabolismo y la barrera semipermeable que supone el embalaje. En este sistema no se produce un control externo de la concentración que rodea al fruto, sino que la atmósfera depende de un equilibrio dinámico entre el metabolismo del fruto y la permeabilidad de la película utilizada (Romojaro, *et al*, 1996). Las bolsas pueden estar parcialmente ventiladas con perforaciones o ser hechas de un polímero parcialmente permeable al vapor de agua (Cantwell y Reid, 1992).

La principal razón por lo que las hierbas frescas son empacadas y comercializadas en bolsas plásticas o películas es para reducir la pérdida de agua para modificar la composición atmosférica de O_2 , CO_2 y C_2H_4 siendo las concentraciones imprevistas (Bell, 1987; Cantwell y Reid, 1993). Generalmente, se incrementan los niveles de CO_2 y se reducen los de oxígeno, retardando la pérdida de clorofila, debido a que se reduce la respiración, síntesis y acción del etileno, desarrollo patológico y otros cambios metabólicos indeseables (Kader, 1986).

Atmósferas controladas (AC)

El almacenamiento en atmósferas controladas fue inventado por los ingleses Kidd y West en la década de los años veinte. Aunque la aplicación comercial de las AC se encuentra aún restringida, este método tiene mucho potencial en frutas y verduras (Yahia e Higuera, 1996). Hardenburg *et al* (1988), mencionaron a la atmósfera controlada como una técnica frigorífica de conservación en la que se modifica la composición gaseosa de la atmósfera en una cámara en frigocervación, en la que se realiza un control de las variables

físicas del ambiente (temperatura, humedad y circulación del aire). Se entiende como atmósfera controlada a la conservación de un producto hortofrutícola, generalmente, en una atmósfera empobrecida en oxígeno (O_2) y enriquecida en dióxido de carbono (CO_2) (Namesny, 1993).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material vegetal

Se utilizaron tres especies de plantas aromáticas, albahaca (*Occimum basilicum* L.), variedad "nufar", menta (*Mentha piperita*), variedad "mint moroco" y salvia (*Salvia officinalis* L.), ésta última se propaga por esquejes; las cuales fueron proporcionadas por la empresa Glezte SPR de RI, localizada en Axochiapan, Morelos. La albahaca tuvo dos orígenes de producción; con y sin acolchado, se acolchó a principios de mayo del 2007, con plástico color plata y calibre 90, éste se colocó con una acolchadora marca Byson.

3.2. Manejo y ubicación del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Fisiología de frutales, del Departamento de Fitotecnia, en la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en Texcoco, Edo. de México, durante septiembre y octubre de 2007.

La cosecha se realizó el 24 de septiembre de 2007, las hierbas fueron llevadas a la empacadora, donde se colocaron en bolsas de polietileno transparente (40 x 60 cm) de 500 g de planta, estas tenían 6 perforaciones por lado, con

diámetro de 1 cm, permanecieron 24 hrs a 10°C, posteriormente, las bolsas fueron colocadas en cajas de cartón para ser trasladadas al laboratorio.

3.3. Temperaturas de almacenamiento evaluadas

Se evaluó el comportamiento poscosecha de tres especies aromáticas, las cuales se almacenaron en 3 cámaras frigoríficas, bajo 4 temperaturas (0 °C, 5 °C , 7 °C y 20 °C), la última temperatura es la de ambiente.

3.4. Diseño y unidad experimental

El experimento se planteo en un diseño experimental completamente al azar y la unidad experimental utilizada fue un manojo de hierbas, de aproximadamente 30 g, con tres repeticiones. Se generaron 8 tratamientos para la albahaca y 4 para la menta y salvia.

3.5. Caracteres evaluados

Se realizaron cinco evaluaciones, la primera al iniciar el experimento y de manera consecutiva cada 4 días, el período de almacenamiento fue de 16 días; en dichos muestreos se evaluaron los siguientes caracteres:

Sólidos solubles totales

Se pesaron 10 g de muestra, se licuaron con 50 ml de agua destilada y se filtraron con una coladera (AOAC, 1990). Para realizar la medición se colocó una gota de la solución en un refractómetro digital PAL-1 (ATAGO USA). La lectura que se registró se multiplicó por 5, que fue el factor de dilución (FD), y se expresó como mg 100 g⁻¹ de materia fresca.

FD= Volumen aforado/volumen de alícuota

Acidez titulable

Se licuaron 10 g de muestra en 50 ml de agua destilada; se midió el volumen total y se filtró. Se agregaron dos gotas de fenolftaleína al 1 % y de manera constante gotas de NaOH 0.01 N, hasta la aparición de un color ligeramente violeta, entonces se retiró el matraz y se observó el volumen de NaOH 0.01 N adicionado (AOAC, 1990).

El porcentaje de acidez se calculó con base al ácido málico, con la fórmula:

$$\% \text{ ácido} = \frac{\text{ml NaOH} \times \text{N} \times \text{Meq Ac} \times \text{V}}{\text{peso de la muestra alícuota}} \times 100$$

Donde:

N= Normalidad de NaOH (0.01)

V= Volumen total de extracto después de licuar (ml).

Meq Ac= Miliequivalentes del ácido que se encuentra en mayor proporción.

$$\text{Meq de Ac.} = \frac{\text{PM ácido málico}}{\text{Valencia}(2) \times 1000} = \frac{134.1}{2000} = 0.06705$$

Potencial de hidrógeno

Se peso una muestra de 10 g, se trituró con 50 ml de agua destilada y se coló (AOAC, 1990). El pH se determinó mediante el uso del potenciómetro digital (Cole-parmer mod 5985-80), con un electrodo de combinación.

Clorofilas y carotenoides

Se determinaron de acuerdo con la técnica de Lichtenthaler (1987). Se colocaron 0.5 g de muestra y se le agregó acetona al 80 %, más carbonato de sodio. Las muestras se reposaron por 48 hrs en oscuridad y refrigeración (7°C). Posteriormente se filtró y aforó a 25 ml con acetona al 80 % y finalmente se realizaron lecturas en espectrofotómetro a 646 y 663 nm para clorofilas y 476 nm para carotenoides, y se expresó como mg 100 g⁻¹ de materia fresca.

Contenido de amonio

La técnica que se utilizó fue la determinación de amonio mediante la reacción fenol-hipoclorito (Wealtherburn, 1967). La metodología usada fue pesar 0.5 g de peso fresco almacenado a -80°C, homogeneizando después con 12 ml de agua, posteriormente se filtró y centrifugó por 15 min. Del sobrenadante se tomó 0.1 ml de muestra, a la cual se adicionó 0.4 ml de agua, 2.5 de fenol-nitroprusiato y 2.5 de hipoclorito alcalino. Después de adicionar los reactivos, se agitaron en forma manual y se incubaron a 30°C por 15 min.

La absorbancia de las muestras se leyó en el espectrofotómetro (marca Perkin Elmer modelo Lamda 2) a 635 nm usando como blanco un tubo con 0.5 ml de agua más los reactivos. Posteriormente, se elaboró una curva estándar con concentraciones conocidas, para sustituir los datos obtenidos en la ecuación de la recta y obtener la concentración de amonio en 100 g de materia fresca (MF).

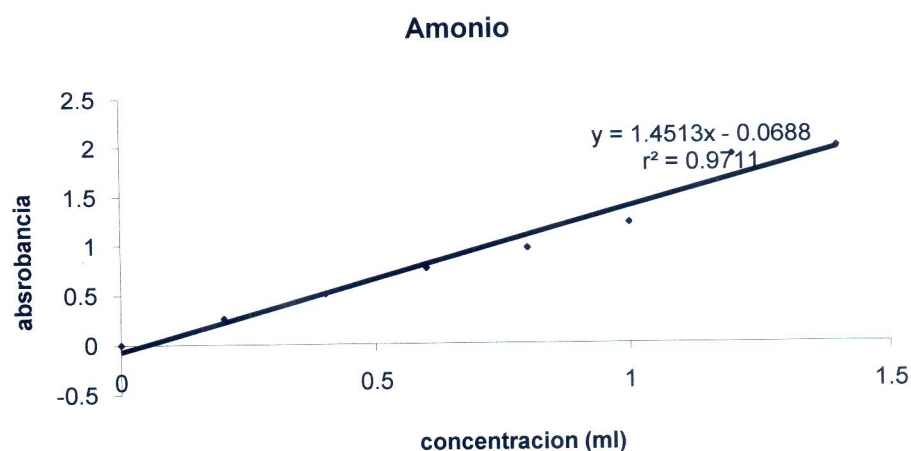


Figura 1. Relación estándar para determinar concentraciones de amonio

Color

Se determinó con un colorímetro (Color Tec – PCM), el cual mide el color en base a tres parámetros, donde “L Hunter” mide la luminosidad o brillantez de la muestra, y sus valores varían desde 0 que representa colores totalmente oscuros (negros), hasta 100 que representa máxima brillantez (blanco), “a Hunter” mide la diferencia entre la luz reflectada por la muestra en la zona de rojo a verde, que con valores negativos se refiere a tonalidades de verde mientras que los positivos se refieren al rojo y el parámetro “b Hunter” mide la

diferencia entre la luz reflejada en la zona de amarillo a azul, cuyos valores negativos indican tonalidades de azul, en tanto que los negativos registran las de amarillo (Minolta, 1994).

Con estos valores se calcularon los siguientes parámetros:

- a) Brillantez Este es el valor directo que reporta el colorímetro, denominado L “Hunter”.
- b) Pureza del color. Se calculó mediante la fórmula: $(a^2+b^2)^{1/2}$
- c) Tonalidad o angulo Hue (°). Se calculó mediante la siguiente fórmula:
 $\text{Arctan}(b.a^{-1})$.

Pérdida de peso fresco

Se registró el peso inicial de aproximadamente 30 g para cada muestra antes de entrar en almacenamiento y se consideró como peso final el obtenido en cada muestreo. Los datos se expresaron en porcentaje de pérdida de peso (%) de acuerdo a la fórmula:

$$\text{Pérdida de peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Evaluación hedónica

Esta evaluación consiste en evaluar ciertas características cualitativas de la planta, mediante una escala, y se va midiendo mediante la observación, debe hacerse con rigor para obtener datos significativos. Se evaluó la apariencia visual, turgencia, si es comercializable aún, pudrición y amarillamiento y para

poder analizar estas características se asignaron calificaciones de 1 a 5, para las dos primeras, tomando cada número el siguiente carácter: 1 malo, 2 regular, 3 bueno, 4 muy bueno y 5 excelente, las últimas tres características se midieron de acuerdo a porcentaje, desde 0 hasta 100%.

3.6. Análisis estadístico

Para analizar los datos, se utilizó el paquete estadístico SAS (V9.0). Se realizó análisis de varianza y comparaciones de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Para las variables % de pérdida de peso, amarillamiento y pudrición, se realizó una conversión arcoseno, para reducir el coeficiente de variación. Para la interpretación estadística de los resultados de la evaluación hedónica, se empleó el análisis paramétrico, pues de acuerdo a Conover (1980), ambos procedimientos (análisis paramétrico y no paramétrico) dan resultados similares.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Albahaca

4.1.1. Análisis de varianza

En este análisis (Cuadro 2), las temperaturas evaluadas mostraron efectos significativos ($P \leq 0.05$) en todos los muestreos en las variables sólidos solubles totales, acidez titulable, pH, pérdida de peso, apariencia visual, turgencia, porcentaje de planta comercializable, porcentaje de amarillamiento y porcentaje de pudrición. El contenido de clorofila total se modificó a los 4 días de almacenamiento, mientras que el contenido de amonio mostró diferencias significativas a los 12 y 16 días de almacenamiento, la cromaticidad y tonalidad tuvieron efectos en los días 4 y 8; y 12, respectivamente. El porcentaje de amarillamiento, pudrición y pérdida de peso tuvieron efectos significativos a los 8, 12 y 16 días.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza de albahaca con acolchado y sin acolchar almacenadas en diferentes temperaturas.

F.V.	GL	SST	AT	pH	CT	CARO	AMON	L
0 días de almacenamiento								
Trat	7	1.272**	0.011**	0.207**	0.609*	153.234NS	0.087NS	1.838NS
Error	16	0.239 ^z	0.0006	0.006	0.152	319.5131	0.089	2.369
Total	23							
CV		9.75	3.87	1.14	22.74	24.05	240.46	3.49
4 días de almacenamiento								
Trat	7	1.524**	0.047**	0.059**	0.405*	161.124NS	0.008NS	2.058NS
Error	16	0.229	0.0013	0.006	0.132	294.2558	0.004	2.0345
Total	23							
CV		11.05	4.43	1.09	25.01	22.49	48.38	3.19
8 días de almacenamiento								
Trat	7	1.285**	0.126**	0.042**	0.112NS	54.355NS	0.008NS	6.806*
Error	16	0.262	0.003	0.003	0.067	34.9492	0.005	1.706
Total	23							
CV		13.17	5.58	0.75	16.28	11.87	63.91	2.93
12 días de almacenamiento								
Trat	7	0.595*	0.114**	0.068**	0.205NS	489.895NS	0.031**	7.071NS
Error	16	0.198	0.003	0.003	0.115	294.839	0.002	4.364
Total	23							
CV		14.05	4.57	0.83	22.69	19.07	21.91	4.85
16 días de almacenamiento								
Trat	7	0.284NS	0.248**	0.077**	0.798NS	1211.854NS	0.069*	25.691*
Error	16	0.156	0.012	0.003	0.350	457.063	0.018	9.364
Total	23							
CV		14.48	8.30	0.82	25.22	20.77	52.90	7.22

¹GL: Grados libertad; Trat: Tratamiento; CV: Coeficiente de variación; * Significancia a una P≤0.05; ** Significancia a una P≤0.01; NS: No significativo SST: Sólidos solubles totales; AT: Acidez titulable; pH; CT: Clorofila total; CARO: Caroteno; AMON: Contenido de amonio; L: Brillantez; ^z Transformación arcoseno.

Cuadro 2. Continuación. Cuadrados medios del análisis de varianza de albahaca con acolchado y sin acolchar almacenadas en diferentes temperaturas.

F.V.	GL	C	AH	AV	TURG	COM	AMAR	PUD	PP
0 días de almacenamiento									
Trat	7	9.829NS	15.439NS						
Error	16	4.2649 ^z	10.9272						
Total	23								
CV		7.90	2.89						
4 días de almacenamiento									
Trat	7	6.622**	6.357NS	5.143**	5.89**	2552.38**			
Error	16	3.550	8.2282	0.000	0.083	16.667			
Total	23								
CV		7.23	2.52	0.00	7.45	6.45			
8 días de almacenamiento									
Trat	7	15.356*	1024.096NS	4.667**	5.31**	2588.09**	355.44**	423.62**	423.6
Error	16	4.912	944.999	0.042	0.167	16.667			2**
Total	23						6.68	2.5	
CV		8.76	25.71	7.65	15.80	13.24			2.5
							67.18	37.68	37.68
12 días de almacenamiento									
Trat	7	18.163NS	43.976**	3.429**	3.59**	1178.57**	825.65**	700.51**	700.5
Error	16	7.682	10.432	0.000	0.042	0.000	5.54	1.84	1**
Total	23								1.84
CV		11.39	2.89	0.00	10.65	0.00	40.15	25.16	25.15
16 días de almacenamiento									
Trat	7	17.465NS	54.119NS	1.899**	0.67**	150.00**	1987.75**	1574.04**	1574.
Error	16	12.707	23.435	0.042	0.042	0.000	50.11	22.69	04**
Total	23								22.69
CV		14.60	4.35	13.24	15.31	0.00	42.30	30.14	30.14

¹GL: Grados libertad; Trat: Tratamiento; CV: Coeficiente de variación; * Significancia a una P≤0.05; ** Significancia a una P≤0.01; NS: No significativo; C: Cromaticidad; AH: Tonalidad, AV: Apariencia visual; TURG: Turgencia; COM: Porcentaje de planta comercializable; AMAR: Porcentaje de amarillamiento; PUD: Porcentaje de pudrición; PP: Pérdida de peso; ² Transformación arcoseno.

4.1.2. Comparación de medias

De acuerdo a esta comparación (Cuadro 3), el contenido de sólidos solubles totales fue disminuyendo a medida que aumentó el período de almacenamiento, tanto en la albahaca con y sin acolchado, lo cual puede deberse a que durante el almacenamiento se incrementa la respiración, y este es un proceso oxidativo donde se degradan azúcares y ácidos (Shewfelt y Brückner, 2003), los azúcares se degradan, porque sirven de material energético para el proceso respiratorio (Namesny, 1993). A los 4 días de almacenamiento la albahaca sin

acolchado almacenada a 0, 7 y 20°C mostraron mayor cantidad de sólidos solubles totales (SST) que la albahaca con acolchado almacenada a 5 y 20°C, a los 8 días de almacenamiento (dda) la planta sin acolchado mantenida a 20°C, seguía destacando por mostrar más SST y la albahaca de ambos orígenes almacenada a 5°C, tuvieron menor contenido de SST, esto seguía similar a los 12 dda, donde la planta sin acolchado mantenida a 5°C fue la única en la que disminuyó. A los 16 dda no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos. La temperatura que mejor conserva los SST es la de 20°C y la que los conserva menos es la de 5°C.

A los 4 dda la planta sin acolchado almacenada a 7 y 20°C, registró mayor cantidad de ácido málico que la planta con acolchado almacenada a 5°C. En la siguiente evaluación (8 dda) la planta sin acolchado mantenida a 20°C seguía teniendo mayor acidez que la almacenada a 0°C y que la planta con acolchado almacenada a 5°C, a los 12 dda la albahaca de ambos orígenes (con y sin acolchado) almacenada a 20°C registró mayor acidez que la planta sin acolchado almacenada a 0 y 5°C y que la planta con acolchado almacenada a 0°C y en la última evaluación (16 dda) la albahaca sin acolchado mantenida a 20°C obtuvo un contenido de acidez superior a la almacenada a 0°C y a la planta con acolchado almacenada a 0 y 5°C. En general la temperatura que mayor acidez obtuvo fue la de 20°C, en la albahaca con y sin acolchado. En la segunda evaluación (a los 4 dda) la planta con acolchado almacenada a 0 y 5°C registró mayor pH, lo cual quiere decir que el pH era menos ácido y en la planta sin acolchado almacenada a 20°C el pH fue más bajo, en la siguiente evaluación (8 dda) la planta con y sin acolchado almacenada a 0 y 5°C, fue

menos ácido que la planta sin acolchado almacenada a 20°C, a los 12 y 16 dda la albahaca sin acolchado que estaba a 0°C era menos ácida que la albahaca con acolchado mantenida a 20°C. El pH registró ligeros cambios durante el período de almacenamiento, estos resultados coinciden con lo reportado por Bolin y Huxsoll (1991) y Salunkhe y Desai (1984), quienes encontraron que en las lechugas, el pH durante el almacenamiento se mantiene o disminuye lentamente. La clorofila total se afectó solo en el segundo y último muestreos, en donde la albahaca con acolchado a 0°C mostró mayor cantidad de clorofilas totales que la albahaca sin acolchado almacenada a 5 y 20°C, y en el último muestreo la planta con acolchado almacenada a 7°C, obtuvo más clorofila total que la planta sin acolchado almacenada a 20°C, lo anterior coincide con Yamaguchi y Watada (1993), quienes mencionaron que la temperatura es el principal factor que influye en el proceso de degradación de este pigmento. También se observa claramente cómo va disminuyendo el contenido de clorofila desde el primero hasta el último muestreo, esto coincide con Silva *et al.* (2005), quienes encontraron que en la albahaca almacenada a 10°C había un decremento en el contenido de clorofila a lo largo de los días de almacenamiento. La cantidad de carotenoides mostró efectos solo a los 16 días de almacenamiento, en donde la temperatura de 20°C en albahaca sin acolchado destacó por presentar menor contenido de carotenoides y la temperatura de 0°C en la albahaca con y sin acolchado mostraron mayor contenido de carotenoides. Lo cual es similar a lo obtenido por Bergquist *et al.* (2004), en un trabajo parecido, realizado con espinacas “babys”, encontraron mayor contenido de carotenoides a 2°C que a 10°C. Por otro lado la presencia

de amonio a los 12 dda, fue mayor en la temperatura de 20°C y fue menor en la albahaca con acolchado almacenada a 0, 5 y 7°C y a los 16 dda la planta con acolchado almacenada a 20°C registró mayor contenido de amonio que la albahaca con acolchado almacenada a 0°C, esto se puede deber a que en temperaturas mayores a 10°C, se detectan altas cantidades de nitrito en los vegetales almacenados por algún tiempo; los nitratos, nitritos y aminoácidos son los principales componentes nitrogenados que producen cambios en los vegetales almacenados (Weichman, 1987). A los 8 días de almacenamiento las plantas sin acolchado, almacenadas a 0 y 7°C eran más brillantes que la planta sin acolchado almacenada a temperatura ambiente. A los 16 días de almacenamiento la albahaca con acolchado a temperatura de 0°C era la menos brillante, lo cual se debe a que a esta temperatura la albahaca con acolchado sufrió daños por frío y la más brillante fue la planta con acolchado almacenada a 5°C.

La cromaticidad fue afectada a los 8 y 12 días de almacenamiento, en donde la albahaca sin acolchado almacenada a 20°C y 7°C con acolchado, registraron menor cromaticidad, respectivamente, mientras que las que mostró mayor cromaticidad fue la albahaca con acolchado almacenada a 20°C, lo cual quiere decir que la planta estaba más amarilla. La tonalidad fue afectada en el cuarto muestreo (12 dda), en donde la albahaca con acolchado a 0°C, mostró menor tonalidad, lo cual se debió a que la albahaca presentó daños por frío y la albahaca sin acolchado almacenada a 0, 5 y 20°C, mostraron mayor tonalidad.

Cuadro 3. Comparación de medias de efectos principales en albahaca sin acolchado y con acolchado, almacenada a diferentes temperaturas.

TRATAMIENTO	SST	AT	Ph	CT	CARO	AMON	L
0 días de almacenamiento							
0°C S/A	5.67a	0.697a	6.64bc	1.46b	87.31a	0.0324a	45.12a
5°C S/A	5.17ab	0.670abc	6.81b	1.30b	71.55a	0.0285a	44.14a
7°C S/A	5.33ab	0.683ab	6.78b	1.51b	77.32a	0.4915a	44.44a
Ambiente S/A	5.83a	0.697a	6.55c	1.39b	65.69a	0.2714a	43.52a
0°C C/A	5.00ab	0.616bcd	7.16a	2.68a	71.12a	0.0213a	42.55a
5°C C/A	4.17b	0.536e	7.23a	1.91ab	81.50a	0.0218a	44.14a
7°C C/A	5.00ab	0.603ecd	7.16a	1.56b	70.70a	0.0600a	44.58a
Ambiente C/A	4.00b	0.590ed	7.08a	1.92ab	69.53a	0.0629a	44.51a
DMSH	1.38	0.07	0.22	1.10	50.52	0.84	4.35
4 días de almacenamiento							
0°C S/A	5.17a	0.764b	7.02ab	1.35ab	77.34a	0.156a	45.56a
5°C S/A	4.33ab	0.805b	7.02ab	1.13b	69.96a	0.084a	44.55a
7°C S/A	5.00a	0.966a	6.93bc	1.30ab	73.27a	0.147a	45.02a
Ambiente S/A	5.00a	0.992a	6.74c	1.09b	66.85a	0.212a	44.67a
0°C C/A	4.50ab	0.724b	7.14a	2.25a	88.67a	0.112a	43.00a
5°C C/A	3.33b	0.603c	7.19a	1.62ab	84.91a	0.045a	44.39a
7°C C/A	3.83ab	0.805b	7.08ab	1.34ab	73.31a	0.149a	45.51a
Ambiente C/A	3.50b	0.805b	7.01ab	1.545ab	75.87a	0.130a	45.28a
DMSH	1.35	0.10	0.22	1.03	48.49	0.18	4.03
8 días de almacenamiento							
0°C S/A	4.50ab	0.805d	7.18 ^a	1.52a	51.66a	0.080a	46.53a
5°C S/A	3.167b	0.898cd	7.12a	1.40a	47.35a	0.066a	44.78ab
7°C S/A	4.50ab	1.099b	7.04ab	1.53a	47.94a	0.118a	46.18a
Ambiente S/A	4.83a	1.381a	6.84c	1.51a	44.88a	0.218a	42.39b
0°C C/A	4.00ab	0.818cd	7.12a	1.82a	51.71a	0.107a	43.02ab
5°C C/A	3.33b	0.764d	7.17a	1.88a	58.40a	0.050a	44.70ab
7°C C/A	3.43ab	0.966bc	7.06ab	1.35a	46.34a	0.106a	45.49ab
Ambiente C/A	3.33ab	1.073b	6.94bc	1.72a	50.13a	0.107a	43.39ab
DMSH	1.45	0.15	0.15	0.73	16.71	0.19	3.69
12 días de almacenamiento							
0°C S/A	3.50ab	0.992d	7.24a	1.41a	98.47a	0.172bc	44.23a
5°C S/A	2.50b	1.006d	7.18ab	1.13a	73.41a	0.189bc	44.79a
7°C S/A	3.33ab	1.153bc	7.08bc	1.44a	82.13a	0.297ab	44.12a
Ambiente S/A	3.83a	1.475a	6.89ed	1.13a	70.37a	0.361a	43.01a
0°C C/A	3.50ab	0.912d	7.02bcd	1.64a	102.53a	0.107c	39.91a
5°C C/A	2.83ab	1.019cd	7.15abc	1.65a	95.56a	0.072c	42.55a
7°C C/A	3.00ab	1.180b	6.98cd	1.77a	99.23a	0.152c	42.49a
Ambiente C/A	2.83ab	1.354a	6.79e	1.77a	98.70a	0.289ab	43.75a
DMSH	1.26	0.15	0.17	0.96	48.54	0.13	5.91
16 días de almacenamiento							
0°C S/A	3.00a	1.15c	7.27a	2.87ab	128.96a	0.188ab	42.47ab
5°C S/A	2.33a	1.21bc	7.20ab	2.21ab	99.72ab	0.228ab	44.63ab
7°C S/A	2.83a	1.25bc	7.13abc	2.410ab	107.30ab	0.167ab	41.68ab
Ambiente S/A	3.00a	1.93a	6.97cd	1.25b	64.20b	0.131ab	44.09ab
0°C C/A	3.17a	1.03c	6.98cd	2.39ab	126.81a	0.113b	36.45b
5°C C/A	2.50a	1.11c	7.10bcd	2.24ab	99.22ab	0.240ab	45.61a
7°C C/A	2.50a	1.31bc	6.96d	2.93a	99.19ab	0.473ab	40.36ab
Ambiente C/A	2.50a	1.50b	6.76e	2.48ab	98.21ab	0.508a	43.72ab
DMSH	1.12	0.31	0.16	1.67	60.43	0.38	8.65

^aMedias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tuckey con $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; S/A: Sin acolchado; C/A: Con acolchado; SST: Sólidos solubles totales (%); AT: Acidez titulable (mg 100g); pH (%); CT: Clorofila total (mg 100g); CARO: Caroteno (mg 100g); AMON: Contenido de amonio (mg 100g); L: Brillantez.

Lo anterior coincide con Fan y Mattheis (2000), quienes hicieron un trabajo parecido pero en brócoli, y encontraron que la cromaticidad y tonalidad cambió durante los primeros 8 días de almacenamiento a 10°C. En general la brillantez, tonalidad y cromaticidad fueron aumentando durante el período de almacenamiento, esto coincide con lo encontrado por Gnanasekharan *et al.* (1992).

La pérdida de peso fue mayor en la temperatura de 7°C (cuadro 3), en la albahaca sin acolchado a los 4, 8 y 12 días de almacenamiento, a los 16 días la temperatura de 20°C, mostró una pérdida de 33.85% en la albahaca con acolchado y 19.08% en la albahaca sin acolchado, almacenada a 7°C, lo cual puede deberse a que su gran superficie y volumen hace que a mayores temperaturas sean más susceptibles a la pérdida de agua (Hardenburg *et al.* 1986), estos resultados difieren por lo citado por Makhoul *et al.* (1989) y Forney *et al.* (1989), quienes mencionan que en almacenamientos con una humedad relativa cercana a la saturación, con una temperatura de 5°C alcanza el 4.5% al cabo de 3 semanas mientras que a 1°C, al cabo de 2 semanas la disminución de peso se reduce al 1.5%. En un estudio similar (Rizzo y Muratore, 2008), con Apio, mostraron pérdida de intensidad de color y pérdida de 3% de peso, a 4°C durante 35 días. En un trabajo similar al evaluar diferentes períodos de almacenamiento a 0 y 5°C, Park *et al.*, (2000), encontraron que la pérdida de peso era menor al 5%.

Dentro de la escala hedónica (cuadro 3), en la segunda evaluación la albahaca sin acolchar almacenada a 5°C, y con acolchado a 5 y 7°C, destacaron por presentar mejor apariencia visual, mientras la planta con acolchado almacenada a 0°C presento la peor apariencia visual, en las siguientes evaluaciones la albahaca sin acolchar destacó por presentar la mejor apariencia visual. Con lo que respecta a la turgencia, a los 4 y 8 dda la albahaca con acolchado almacenada a 0°C, mostró menos turgencia, a los 8 y 12 dda la albahaca sin acolchar almacenada a 5°C destacó por presentar la mejor turgencia, en la última evaluación la turgencia de la planta sin acolchado almacenada a 0, 5 y 7°C, fue superior a las demás. En la segunda evaluación (4 dda) la albahaca con acolchado almacenada a 5°C, obtuvo mayor porcentaje de planta comercializable (100%) que la almacenada a 0°C con el mismo origen y en la siguiente evaluación (8 dda) la albahaca con y sin acolchado almacenada a 7°C y 20°C y la albahaca sin acolchado mantenida a 7°C, registraron mayor porcentaje. A los 12 dda la albahaca almacenada a 5 y 7°C con y sin acolchado mostraron mayor porcentaje de planta comercializable. Y en la última evaluación (16 dda) ya solo la albahaca sin acolchado almacenada a 5°C, mostró mejor porcentaje de planta comercializable, sin embargo este ya no fue aceptable, pues tan solo un 20% de la planta se podía comercializar. Lo anterior coincide con Cantwell y Reid (2002), quienes mencionan que la albahaca reduce su calidad a 0°C, pues es sensible a daños por frío, mientras que las temperaturas óptimas para esta hierba son de 5 a 10°C. Sin embargo Lange y Cameron (1997), encontraron que la vida de anaquel de esta planta es de solo 4 días cuando es almacenada a 5°C. Por otro lado Lange y Cameron (1994),

reportaron que la apariencia visual de la albahaca se mantiene muy bien durante 12 días, almacenada a 15°C. Además Tulio Jr. *et al.* (2002), reportaron que la apariencia visual de las hojas de *Corchorus Olitorius* L. fueron mantenidas muy bien a 8°C, mientras que a 30°C éstas se deterioraron muy rápido.

En el porcentaje de amarillamiento a los 8, 12 y 16 dda, la albahaca sin acolchado almacenada a 20°C, registró el más alto porcentaje de amarillamiento. Lo cual es lógico, pues de acuerdo a Namesny (1993), cuando se disminuye la temperatura y se mantiene una humedad relativa alta, constituyen los principales medios para evitar el amarillamiento. El porcentaje de pudrición en la tercera evaluación (8 dda) fue mayor en la albahaca con acolchado almacenada a 7°C, y en las siguientes evaluaciones, la albahaca de ambos orígenes mantenida a 20°C, destacaron por presentar el mayor porcentaje de pudrición, esto se debe a que los microorganismos reducen su actividad a bajas temperaturas y a humedades cercanas al punto de saturación (98 a 100%) Namesny (1993) y Banwart (1989), y en este experimento la humedad relativa (HR) manejada fue de 95%. Además en el proceso respiratorio, los microorganismos consumen oxígeno y liberan CO₂ en la atmósfera; y a lo largo del período de almacenamiento, hay una acumulación excesiva de CO₂ en la atmósfera y por esto, el ambiente desfavorece el crecimiento de microorganismos aeróbicos obligados (Banwart, 1989).

Cuadro 3. Continuación. Comparación de medias de efectos principales en albahaca sin acolchado y con acolchado, almacenada a diferentes temperaturas.

TRATAMIENTO	C	AH	AV	TURG	COM	AMAR	PUD	PP
0 días de almacenamiento								
0°C S/A	24.31a	112.07a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	
5°C S/A	24.13a	112.62a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	
7°C S/A	25.90a	113.71a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	
Ambiente S/A	24.41a	113.16a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	
0°C C/A	28.23a	116.93a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	
5°C C/A	26.23a	112.41a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	
7°C C/A	27.24a	118.07a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	
Ambiente C/A	28.77a	115.69a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	
DMSH	5.84	9.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4 días de almacenamiento								
0°C S/A	24.83 ^a	112.57a	4.00b	5.00a	60.00c	0.00	0.00	4.70b
5°C S/A	24.50a	113.07a	5.00a	5.00a	80.00b	0.00	0.00	7.47b
7°C S/A	26.52a	113.95a	4.00b	3.33cd	60.00c	0.00	0.00	21.64a
Ambiente S/A	24.16a	114.40a	4.00b	4.67ab	60.00c	0.00	0.00	2.70b
0°C C/A	28.63a	117.16a	1.00c	1.00e	0.00d	0.00	0.00	3.47b
5°C C/A	26.75a	113.12a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	2.40b
7°C C/A	26.49a	113.20a	5.00a	4.00bc	66.67c	0.00	0.00	3.23b
Ambiente C/A	26.68a	114.58a	4.00b	3.00d	80.00b	0.00	0.00	9.13b
DMSH	5.33	8.11	0.00	0.82	11.54	0.00	0.00	11.23
8 días de almacenamiento								
0°C S/A	25.15ab	114.35a	3.00b	4.00ab	0.00d	0.00b	0.00c	6.02b
5°C S/A	24.19ab	116.67a	5.00a	5.00a	40.00b	0.00b	0.00c	8.94b
7°C S/A	23.88ab	110.99a	3.00b	1.67d	60.00a	0.00b	10.00b	25.31a
Ambiente S/A	21.57b	114.61a	1.00d	2.00cd	20.00d	26.67a	0.00c	2.95b
0°C C/A	25.74ab	113.48a	1.33d	1.00d	0.00d	0.00b	0.00c	2.66b
5°C C/A	26.77ab	164.72a	3.00b	2.00cd	0.00d	0.00b	0.00c	7.26b
7°C C/A	25.76ab	114.68a	3.00b	3.00bc	60.00a	0.00b	20.00a	3.46b
Ambiente C/A	29.30a	107.07a	2.00c	2.00cd	66.67a	0.00b	0.00c	6.37b
DMSH	6.27	86.89	0.58	1.15	11.54	11.54	0.00	7.59
12 días de almacenamiento								
0°C S/A	24.27ab	113.73a	3.00b	3.00b	0.00c	0.00b	0.00e	7.30bc
5°C S/A	23.69ab	114.09a	4.00a	4.00a	40.00a	0.00b	10.00ed	11.01bc
7°C S/A	24.72ab	111.59ab	2.00c	1.00d	40.00a	0.00b	20.00cd	20.24a
Ambiente S/A	23.72ab	116.35a	1.00d	1.00d	0.00c	53.33a	60.00a	5.16bc
0°C C/A	21.90ab	103.61b	1.00d	1.00d	0.00c	0.00b	0.00e	4.86bc
5°C C/A	26.03ab	110.53ab	2.00c	2.00c	40.00a	0.00b	33.33bc	13.00ab
7°C C/A	21.19b	110.03ab	2.00c	2.00c	40.00a	0.00b	20.00cd	3.62c
Ambiente C/A	29.11a	112.97a	1.00d	1.00d	20.00b	0.00b	46.67ab	8.28bc
DMSH	7.83	9.13	0.00	0.58	0.00	11.54	16.32	8.78
16 días de almacenamiento								
0°C S/A	23.21a	113.53a	2.33b	2.00a	0.00b	0.00d	0.00e	4.89b
5°C S/A	23.16a	111.19a	3.00a	2.00a	20.00a	0.00d	20.00d	9.76b
7°C S/A	25.16a	110.89a	2.00b	1.67a	0.00b	0.00d	33.33dc	19.08ab
Ambiente S/A	26.33a	116.40a	1.00c	1.00b	0.00b	80.00a	80.00a	5.92b
0°C C/A	20.85a	103.18a	1.00c	1.00b	0.00b	0.00d	0.00e	4.77b
5°C C/A	28.66a	108.84a	1.00c	1.00b	0.00b	20.00c	60.00b	5.82b
7°C C/A	22.88a	110.36a	1.00c	1.00b	0.00b	0.00d	46.67bc	9.61b
Ambiente C/A	25.11a	116.02a	1.00c	1.00b	0.00b	40.00b	80.00a	33.85a
DMSH	10.08	13.69	0.58	0.58	0.00	19.99	16.32	14.93

^aMedias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tuckey con $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; S/A: Sin acolchado; C/A: Con acolchado; C: Cromaticidad; HUE: Tonalidad (°), AV: Apariencia visual; TURG: Turgencia; COM: Porcentaje de planta comercializable (%); AMAR: Porcentaje de amarillamiento (%); PUD: Porcentaje de pudrición (%); PP: Pérdida de peso (%).

En un estudio similar López y Runkle (2008), al evaluar la influencia en las características morfológicas y fisiológicas de New Guinea impatiens (*Impatiens hawkeri*) “Harmony White” en almacenamiento a bajas temperaturas, encontraron que la calidad visual declinaba linealmente con el incremento en los días de almacenamiento y temperatura. Cantwell y Reid (1992), encontraron que bajo condiciones experimentales, la calidad visual de la albahaca a los 10 días de almacenamiento a 10°C, fue excelente y se mantuvieron en buenas condiciones después de 4 semanas a esta misma temperatura.

4.2. Menta

4.2.1. Análisis de varianza

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 4), los tratamientos causaron efectos en los sólidos solubles totales y tonalidad en los dos últimos muestreos (12 y 16 días de almacenamiento). La acidez titulable presentó diferencias ($P \leq 0$) a los 4, 8 y 12 días de almacenamiento; mientras que el pH mostró diferencias significativas a los 4 y 12 días de almacenamiento. Las diferentes temperaturas afectaron el contenido de clorofila total, la apariencia visual, turgencia y porcentaje de planta comercializable en todos los muestreos. El contenido de carotenoides manifestó diferencias significativas a los 4, 8 y 12 días de almacenamiento. La brillantez y cromaticidad presentaron diferencias en los días 4, 8, 12 y 16; y 4, 12 y 16, respectivamente. El porcentaje de

amarillamiento, pudrición y pérdida de peso presentaron diferencias solo a los 16 días de almacenamiento.

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza de la menta almacenada en diferentes temperaturas.

F.V.	GL	SST	AT	pH	CT	CARO	AMON	L
0 días de almacenamiento								
Trat	3	0.1111NS	0.0037NS	0.1027**	2.796**	15.904NS	0.0005NS	2.980NS
Error	8	0.271 ^z	0.0004	0.001	0.1750	500.9869	0.001	1.656
Total	11							
CV		8.67	2.37	0.51	12.42	16.35	54.97	3.16
4 días de almacenamiento								
Trat	3	0.7222NS	0.0519**	0.0394**	3.037**	2650.122**	0.028*	17.647**
Error	8	0.188	0.0003	0.002	0.116	124.4880	0.006	0.937
Total	11							
CV		8.96	1.58	0.55	11.38	8.74	31.93	2.28
8 días de almacenamiento								
Trat	3	0.6944NS	0.0098*	0.0010NS	4.012**	2130.907**	1.539**	27.205**
Error	8	0.229	0.002	0.006	0.176	149.0628	0.064	3.481
Total	11							
CV		10.44	3.58	1.05	12.04	9.36	57.72	4.35
12 días de almacenamiento								
Trat	3	0.5208*	0.0131NS	0.0569*	4.299**	5264.944**	4.208**	100.403*
Error	8	0.083	0.008	0.014	0.048	135.0379	0.011	15.941
Total	11							
CV		7.14	6.63	1.64	8.13	9.61	13.88	9.00
16 días de almacenamiento								
Trat	3	1.7431**	0.0188NS	0.0501NS	1.4835*	575.256NS	3.464**	177.946**
Error	8	0.229	0.006	0.013	0.364	280.4441	0.040	3.311
Total	11							
CV		16.65	5.3667	1.61	18.80	25.39	28.71	4.65

¹GL: Grados libertad; Trat: Tratamiento; CV: Coeficiente de variación; * Significancia a una P≤0.05; ** Significancia a una P≤0.01; NS: No significativo SST: Sólidos solubles totales; AT: Acidez titulable; pH ; CT: Clorofila total; CARO: Caroteno; AMON: Contenido de amonio; L: Brillantez; ^z Transformación arcoseno.

Cuadro 4. Continuación. Cuadrados medios del análisis de varianza de la menta almacenada en diferentes temperaturas.

F.V.	GL	C	AH	AV	TURG	COM	AMAR	PUD	PP
0 días de almacenamiento									
Trat	3	12.096NS	2.983NS						
Error	8	3.867 ^z	10.597						
Total	11								
CV		8.63	2.83						
4 días de almacenamiento									
Trat	3	28.683*	0.620NS	0.750**	1.889**	0**			
Error	8	5.167	2.886	0.000	0.167	0			
Total	11								
CV		8.94	1.48	0	9.07	0			
8 días de almacenamiento									
Trat	3	27.708NS	1886.439NS	8.000**	7.667**	6966.667			
Error	8	7.579	2344.149	0.000	0.333	**			
Total	11					33.333			
CV		10.43	40.22	0.0	18.23	8.06			
12 días de almacenamiento									
Trat	3	85.702**	197.584**	5.000**	6.000**	5188.889			
Error	8	8.886	7.944	0.000	0.083	*			
Total	11					866.667			
CV		11.15	2.57	0.00	12.37	53.53			
16 días de almacenamiento									
Trat	3	131.75**	13536.64**	2.083**	0.67**	3644.44**	529.28	721.92	721.92
Error	8	5.325	12.726	0.083	0.083	66.667	0.0	0.0	0.0
Total	11					30.62	0.0	0.0	0.0
CV		9.48	2.43	13.86	17.32				

¹GL: Grados libertad; Trat: Tratamiento; CV: Coeficiente de variación; * Significancia a una P≤0.05; ** Significancia a una P≤0.01; NS: No significativo; C: Cromaticidad; AH: Tonalidad, AV: Apariencia visual; TURG: Turgencia; COM: Porcentaje de planta comercializable; AMAR: Porcentaje de amarillamiento; PUD: Porcentaje de pudrición; PP: Pérdida de peso; ^z Transformación arcoseno.

4.2.2. Comparación de medias

Con respecto a esta comparación (Cuadro 5), la temperatura afectó el contenido de sólidos solubles totales a los 12 y 16 días de almacenamiento, en donde a 20°C registró el mayor contenido de sólidos solubles totales, lo anterior es atribuido a que a esta temperatura la menta perdió mucha humedad, por lo tanto se utilizó mayor cantidad de tejido y los azúcares pudieron haberse concentrado (Salunkhe y Desai, 1984), la cantidad de éstos fue disminuyendo

poco a poco durante el almacenamiento, esto puede ser a que los azúcares se degradan, debido a que sirven de material energético para el proceso respiratorio (Namesny, 1993). Lo anterior no coincide con Hagen *et al.* (2009), que al realizar un estudio similar en acelgas, encontraron que la duración del almacenamiento no tuvo efectos significativos en el contenido de azúcares. Por otro lado la acidez titulable en la segunda evaluación (4 dda), fue mayor en la menta almacenada a 20°C, en la tercera evaluación la planta almacenada en ambiente obtuvo mayor acidez que la almacenada a 0 y 5°C. En general la acidez fue aumentando a través del período de almacenamiento, lo cual puede deberse posiblemente a que la menta aún no llegaba a madurez fisiológica al momento de la cosecha. Estos resultados coinciden con Reina (1996) quién encontró que en Apio presentaba una tendencia ascendente durante el almacenamiento. El pH fue disminuyendo durante el almacenamiento, en la segunda evaluación, la temperatura ambiente registró un pH más ácido que las demás temperaturas y a los 12 y 16 dda la planta almacenada a 7°C registró el pH más ácido. El contenido de clorofila total, a los 4, 12 y 16 dda fue menor en la temperatura ambiente, lo cual concuerda con Loaiza y Cantwell, (1997), quienes reportaron que en el cilantro la clorofila disminuyó rápidamente en temperaturas cálidas. Estos resultados también son muy parecidos a lo obtenido por (Sankat y Maharaj, 1996), quienes encontraron que el cilantro cimarrón (*Eryngium foetidum* L.) mantuvo mejor el contenido de clorofila a temperaturas bajas de 3 a 10°C. El contenido de carotenoides fue menor en la temperatura ambiente a los 4, 8 y 12 días de almacenamiento. Además mientras la clorofila total, tendía a disminuir en cada muestreo, la cantidad de

carotenoides aumentaba, lo cual es lógico de acuerdo a Granado *et al.* (1992), que afirman que los carotenoides son más resistentes a los procedimientos tecnológicos, mientras las clorofilas son destruidas fácilmente por los ácidos, altas temperaturas, la luz, el oxígeno y algunas enzimas (López-Ayerra *et al.*, 1998; Tonucci y Elbe, 1992).

Las espinacas, como otras hortalizas de hojas, entre ellas la menta (Cantwell y Reid, 1993), son extremadamente sensibles al etileno, lo cual acelera los procesos asociados a la senescencia, de los cuales el más evidente es la degradación de la clorofila (Namesny, 1993). Bergquist *et al.* (2004), encontraron en espinacas que conforme pasaban los días de almacenamiento, la clorofila total disminuía significativamente.

El contenido de amonio en la segunda evaluación fue menor en la menta almacenada a 5°C y mayor en la almacenada a temperatura ambiente, y en las siguientes evaluaciones se registró mayor contenido de éste en la que estaba almacenada a 20°C, esto es debido a que a mayores temperaturas se detectan altas cantidades de nitrito en los vegetales almacenados por algún tiempo y el amonio es considerado un indicador de senescencia en vegetales (Nowack y Rudnicki, 1990).

En la segunda evaluación la brillantez fue mayor en la planta almacenada a temperatura ambiente que la almacenada a 0°C y en la tercera fue más brillante la planta almacenada en ambiente que la almacenada a 0 y 7°C, a los 12 dda la planta almacenada a temperatura ambiente fue más brillante que las demás y en la última evaluación (16 dda) esta temperatura mostró el valor más bajo,

posiblemente porque ya no había brillo, pues para esa evaluación la planta presentó un 100 % de amarillamiento.

Cuadro 5. Comparación de medias de efectos principales en Menta almacenada a diferentes temperaturas.

TRATAMIENTO	SST	AT	pH	CT	CARO	AMON	L
0 días después de almacenamiento							
0°C	6.17a	0.8716a	7.23a	3.77a	134.89a	0.055a	39.44a
5°C	5.83a	0.8180b	7.20a	4.06a	137.55a	0.059a	41.73a
7°C	5.83a	0.8180b	7.25a	3.71a	139.81a	0.084a	40.36a
Ambiente	6.17a	0.8851a	6.86b	1.94b	135.18a	0.059a	41.16a
DMSH	1.36	0.0526	0.10	1.09	58.52	0.092	3.36
4 días después de almacenamiento							
0°C	5.33a	1.0057b	7.21a	3.51a	139.94a	0.261ab	39.83c
5°C	4.33a	0.9655bc	7.17a	3.64a	150.55a	0.165b	41.77bc
7°C	4.50a	0.9521c	7.23a	3.31a	136.28a	0.189ab	42.42b
Ambiente	5.17a	1.2337a	6.98b	1.49b	84.06b	0.379	45.66a
DMSH	1.13	0.0429	0.103	0.89	29.17	0.208	2.53
8 días después de almacenamiento							
0°C	5.00a	1.1264b	7.14a	4.22a	141.84a	0.058b	40.40b
5°C	4.17a	1.1264b	7.14a	4.12a	146.05a	0.046b	42.70ab
7°C	4.17a	1.1800ab	7.10a	3.82a	143.27a	0.142b	41.33b
Ambiente	5.00a	1.2471a	7.12a	1.76a	90.53b	1.512a	47.19a
DMSH	1.25	0.1095	0.19	1.10	31.92	0.664	4.88
12 días después de almacenamiento							
0°C	3.83b	1.4080a	7.04ab	3.14a	135.89a	0.136b	40.91b
5°C	3.83b	1.3812a	7.01ab	3.20a	142.89a	0.180b	41.88b
7°C	3.83b	1.2605a	6.95b	3.48a	146.58a	0.208b	41.61b
Ambiente	4.67a	1.3812a	7.26a	0.89b	58.47b	2.543a	53.01a
DMSH	0.75	0.2352	0.30	0.57	30.38	0.278	10.44
16 días después de almacenamiento							
0°C	2.50b	1.4616a	7.01a	3.38ab	67.39a	0.070b	43.67 ^a
5°C	2.33b	1.4751a	6.98ab	3.49ab	67.41a	0.131b	42.91a
7°C	2.67b	1.3410a	6.92b	3.78a	81.33a	0.284b	42.44a
Ambiente	4.00a	1.5287a	7.22a	2.19b	47.66a	2.303a	27.64b
DMSH	1.25	0.2037	0.29	1.58	43.787	0.523	4.76

^aMedias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tuckey con $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; SST: Sólidos solubles totales (%); AT: Acidez titulable (mg 100g); pH (%); CT: Clorofila total (mg 100g); CARO: Caroteno (mg 100g); AMON: Contenido de amonio (mg 100g); L: Brillantez.

La cromaticidad a los 4 días de almacenamiento fue mayor a 20°C (cuadro 5) que en la planta almacenada a 0° C, a los 12 días de almacenamiento la planta almacenada a temperatura ambiente tenía mayor cromaticidad, lo cual quiere decir que la planta estaba más amarilla, en contraste a los 16 dda, esta misma temperatura registró la menor cromaticidad. La tonalidad se afectó a los 12 dda, en donde la planta almacenada en ambiente, mostró menor tonalidad y lo

contrario ocurrió a los 16 dda, en donde la que se almacenó en ambiente obtuvo mayor tonalidad.

La pérdida de peso a los 16 días la planta que permanecía a 20°C (cuadro 5) registró mayor pérdida (7.90%), lo cual se puede deber a que cuando aumenta la temperatura, la energía dinámica de las moléculas de agua aumenta, resultando así una tasa de vaporización de agua reducida con una baja transpiración y pérdida de agua (Shewfelt y Brückner, 2003).

Los resultados de esta investigación no concuerdan con (Sankat y Maharaj, 1996), quienes mencionan que la pérdida de peso de muchas hierbas fluctúa de 85% bajo condiciones de temperatura ambiente, 49% a 3°C, después de 8 días de almacenamiento, esta diferencia se atribuye a que en este experimento se utilizaron bolsas de polietileno perforadas y de acuerdo a Adam y Pritchard (1994) el uso de éstas es una manera simple y eficiente para reducir la transpiración, con su uso la mayoría de las moléculas de agua evaporadas del producto no escapan a través de la película y quedan atrapadas en la atmósfera del empaque.

La apariencia visual se vio afectada en el segundo muestreo (4 dda), en donde la planta mantenida a 20°C fue la que presentó una mejor apariencia, en cambio en los siguientes muestreos dicha temperatura afectó negativamente esta característica, en el tercer (8 dda) y cuarto muestreo (12 dda) a 5° C, la planta se mantuvo muy bien y en el último (16 dda) la planta siguió manteniendo muy buena apariencia visual a dicha temperatura y a 0°C.

Kenigsbuch *et al.* (2006), en un trabajo similar encontraron que la menta a 20°C, disminuyó su calidad visual significativamente, después de 6 días de almacenamiento, afectando la calidad comercializable. Por otro lado la turgencia a los 4 días fue menor a 7° C, en tanto que la mayor turgencia se obtuvo a los 0 y 5° C a los 8 días de almacenamiento, en el cuarto muestreo (12 dda) la peor turgencia se obtuvo a 7°C y 20°C y en el último (16 dda) se obtuvo mayor turgencia en la planta almacenada a 0 y 5°C que en la planta almacenada a 20°C. Lo anterior es muy similar a lo que reportaron Ishii y Okubo (1984), pues ellos encontraron que el Cebollín, se conserva satisfactoriamente de 0-5°C, durante 14 días.

A los 8 dda la planta que permanecía a 0, 5 y 7°C, tenía planta comercializable, en contraste con la almacenada a 20°C que tenía 0% de planta comercializable, en el siguiente muestreo (12 dda) la menta almacenada a 0°C tenía 100% de planta comercializable, mientras que a temperatura ambiente ya no había planta comercializable. Y en el último muestreo la menta de 0°C aún seguía siendo comercializable, mientras que la que estaba almacenada a 7 y ambiente ya no se podía comercializar. Lo anterior coincide con lo reportado por Cantwell y Reid (1986), que mencionan que la temperatura óptima para la menta es cercana a los 0°C. A los 12 días de almacenamiento la temperatura a 0°C todavía se mantenía igual. En el último muestreo la temperatura de 7°C y 20°C presentaron un 0% de planta comercializable.

Con respecto al amarillamiento, a los 16 días de almacenamiento la planta que permanecía a 0, 5 y 7°C, no presentaba amarillamiento, mientras que a 20°C, estaba completamente amarilla, lo cual es atribuido a la desnaturalización de la

clorofila, que es acompañada por la biosíntesis de uno o más pigmentos, entre los cuales están los carotenoides y antocianinas (Verma *et al.*, 2000). Los resultados obtenidos son similares a lo obtenido por Imahori *et al.* (2003), que reportaron que el Cebollín almacenado a 20°C, a los 5 días estaba con la apariencia externa muy deteriorada, pues el amarillamiento era muy notable.

O'Hare y Wong (2002) infieren que la senescencia expresada a través del amarillamiento de las hojas de las hierbas, ocurre una vez que los niveles de azúcar han llegado a un nivel crítico, y que en ese momento las hojas comienzan a utilizar las proteínas y lípidos en los cloroplastos como sustratos de la respiración, provocando de esta manera pérdida de clorofila, causando amarillamiento. En el porcentaje de pudrición en el último muestreo solo la temperatura de 0°C, mostró 0% de pudrición.

Según Namesny (1993), la disminución de la temperatura y mantenimiento de una humedad relativa alta constituyen igualmente los principales medios para evitar el amarillamiento. Park *et al.* (2000), evaluaron el efecto de películas y temperaturas de almacenamiento en la calidad de perejil en atmósferas modificadas y encontraron que la clorofila se conservó mejor a 0°C y con la película de 40 micrones. Según Cantwell y Reid (1986), la menta se conserva excelentemente bien a 0°C, durante un período de 10 a 14 días.

Aharoni *et al.* (1993) evaluaron la calidad de almacenamiento de algunas hierbas y encontraron que la calidad de la menta decrece rápidamente cuando se almacena por más de 5 días a 0.5°C y que ésta fue muy poco comercializable después de 10 días de almacenamiento. Hruschka y Wang

(1979) demostraron que la menta almacenada en cajas de cartón a 0°C, permaneció en excelentes condiciones después de 2 semanas de almacenamiento, pero mostró síntomas severos de pudrición después de 3 semanas de almacenamiento.

Loaiza y Cantwell (1997), al evaluar la fisiología poscosecha y calidad del cilantro, almacenado a 0°C, encontraron buena calidad visual por 18 a 22 días, mientras a 5 y 7.5°C, la buena calidad fue mantenida por alrededor de 14 y 7 días, respectivamente.

Cuadro 5. Continuación. Comparación de medias de efectos principales en Menta almacenada a diferentes temperaturas.

TRATAMIENTO	C	AH	AV	TURG	COM	AMAR	PUD	PP
0 días después de cosecha								
0°C	20.63a	114.32a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	
5°C	25.11a	114.13a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	
7°C	21.68a	115.02a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	
Ambiente	23.68a	116.33a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	
DMSH	5.14	8.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4 días después de cosecha								
0°C	21.22b	114.93a	4.00b	5.00a	100.00a	0.00a	0.00	0.63a
5°C	25.61ab	114.69a	4.00b	5.00a	100.00a	0.00a	0.00	0.29a
7°C	26.26ab	114.86a	4.00b	3.33b	100.00a	0.00a	0.00	0.64a
Ambiente	28.63a	115.72a	5.00a	4.67a	100.00a	10.00a	0.00	0.65a
DMSH	5.94	4.44	0.00	1.07	0.00	13.07	0.00	1.04
8 días después de cosecha								
0°C	24.88a	108.24a	3.00b	4.00a	100.0a	0.00a	0.00b	0.27b
5°C	25.88a	107.45a	4.00a	5.00a	100.0a	0.00a	0.00b	9.69ab
7°C	23.99a	107.83a	3.00b	1.67b	86.67a	0.00a	40.00a	16.38a
Ambiente	30.79a	157.99a	1.00c	2.00b	0.00b	20.00a	60.00a	3.44b
DMSH	7.20	126.59	0.00	1.51	15.10	26.15	45.29	12.54
12 días después de cosecha								
0°C	21.23b	112.89a	3.00b	3.00b	100.00a	0.00b	0.00b	0.67a
5°C	25.73b	114.14a	4.00a	4.00a	66.67ab	0.00b	20.00b	0.27a
7°C	25.95b	114.66a	2.00c	1.33c	53.33ab	0.00b	60.00ab	9.44a
Ambiente	34.07a	97.73b	1.00d	1.00c	0.00b	100.00a	100.00a	5.38a
DMSH	7.79	7.37	0.00	0.75	76.98	0.00	64.05	11.46
16 días después de cosecha								
0°C	28.59a	112.88b	2.33ab	2.00a	73.33a	100.00a	0.00b	0.19b
5°C	27.12a	111.27b	3.00a	2.00a	33.33b	100.00a	40.00ab	0.31b
7°C	27.21a	115.11b	2.00b	1.67ab	0.00c	100.00a	80.00a	0.94b
Ambiente	14.46b	247.75a	1.00c	1.00b	0.00c	100.00a	100.00a	7.90a
DMSH	6.03	9.33	0.75	0.75	21.35	0.00	64.05	5.97

²Medias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tuckey con $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; C: Cromaticidad; HUE: Tonalidad (°), AV: Apariencia visual; TURG: Turgencia; COM: Porcentaje de planta comercializable (%); AMAR: Porcentaje de amarillamiento (%); PUD: Porcentaje de pudrición (%); PP: Pérdida de peso (%).

4.3. Salvia

4.3.1. Análisis de varianza

En el análisis de varianza (Cuadro 6), las variables acidez titulable, apariencia visual, turgencia y % de planta comercializable, mostraron efectos significativos en todos los muestreos. Mientras que el pH mostró efectos significativos a los 4 días de almacenamiento (dda). El contenido de clorofila y carotenos mostraron diferencias significativa a los 12 días de almacenamiento. La brillantez y cromaticidad presentaron diferencias ($P \leq 0.05$) en los dos últimos muestreos (12 y 16 dda). En la pérdida de peso, % de amarillamiento y porcentaje de pudrición hubo diferencias significativas a los 16 días de almacenamiento.

Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de varianza de salvia almacenada en diferentes temperaturas.

F.V.	GL	SST	AT	pH	CT	CARO	AMON	L
0 días de almacenamiento								
Trat	3	0.3744NS	0.012*	0.0569*	0.1681NS	161.6892NS	0.0001NS	0.1924NS
Error	8	0.2717 ²	0.002	0.0135	0.2360	263.8604	0.0008	0.6906
Total	11							
CV		9.01	4.93	1.64	15.52	19.75	83.45	2.04
4 días de almacenamiento								
Trat	3	0.4097NS	0.0435*	0.0118**	0.6257NS	731.6087NS	0.0038*	0.7047NS
Error	8	0.1042	0.0105	0.0006	0.3599	669.2507	0.0008	0.6384
Total	11							
CV		6.00	9.56	0.34	19.49	24.41	32.29	1.94
8 días de almacenamiento								
Trat	3	0.9722NS	0.1354**	0.0011NS	0.2219NS	87.8286NS	0.0051*	3.5523NS
Error	8	0.3125	0.0036	0.0026	0.2956	279.618	0.0009	4.2305
Total	11							
CV		12.66	4.85	0.78	20.35	17.58	33.43	4.94
12 días de almacenamiento								
Trat	3	0.5000NS	0.1119**	0.0023NS	0.7536*	598.9611*	0.0153**	15.1569**
Error	8	0.2708	0.0059	0.0018	0.1518	146.0588	0.0002	0.7971
Total	11							
CV		13.58	5.52	0.66	15.20	12.72210	16.82	2.16
16 días de almacenamiento								
Trat	3	0.2431NS	0.0314**	0.0057NS	0.6857NS	15.4244NS	0.0186**	22.2789**
Error	8	0.1250	0.0038	0.0042	0.1835	15.6357	0.0020	0.5835
Total	11							
CV		11.02	3.72	1.03	14.42	15.10	29.49	1.85

¹GL: Grados libertad; Trat: Tratamiento; CV: Coeficiente de variación; * Significancia a una $P \leq 0.05$; ** Significancia a una $P \leq 0.01$; NS: No significativo SST: Sólidos solubles totales; AT: Acidez titulable; pH ; CT: Clorofila total; CARO: Caroteno; AMON: Contenido de amonio; L: Brillantez; ² Transformación arcoseno.

Cuadro 6. Continuación. Cuadrados medios del análisis de varianza de salvia almacenada en diferentes temperaturas.

F.V.	GL	C	AH	AV	TURG	COM	AMAR	PUD	PP
0 días de almacenamiento									
Trat	3	0.3307NS	26.0494NS						
Error	8	0.9521 ^z	46.0849						
Total	11								
CV		3.92	6.23						
4 días de almacenamiento									
Trat	3	1.3609NS	0.4678NS						
Error	8	0.8132	9.2884						
Total	11								
CV		3.45	2.74						
8 días de almacenamiento									
Trat	3	14.17NS	42.4896NS	0.7500**	0.7500**				
Error	8	6.86	16.6682	0.0000	0.0000				
Total	11								
CV		9.65	3.73	0	0				
12 días de almacenamiento									
Trat	3	16.7282**	11.3528NS	4.7500**	4.7500**	1200.0000**			
Error	8	0.8815	3.67478	0.0000	0.0000	0.0000			
Total	11								
CV		3.422722	1.756963	0.0	0.0	0.0			
16 días de almacenamiento									
Trat	3	30.0907**	7.8040NS	6.0833**	1.4167**	2700.0000**	529.28**	721.92**	721.92**
Error	8	0.78624	4.5414	0.0833	0.0833	0.0000	0.0000	0.00	0.00
Total	11								
CV		3.19	1.96	8.45	9.90	0.0	0.0	0.0	0.0

¹GL: Grados libertad; Trata: Tratamiento; CV: Coeficiente de variación; * Significancia a una P≤0.05; ** Significancia a una P≤0.01; NS: No significativo; C: Cromaticidad; AH: Tonalidad; AV: Apariencia visual; TURG: Turgencia; COM: Porcentaje de planta comercializable; AMAR: Porcentaje de amarillamiento; PUD: Porcentaje de pudrición; PP: Pérdida de peso; ^z Transformación arcoseno.

4.3.2. Comparación de medias

De acuerdo a las comparaciones de medias (Cuadro 7), las diferentes temperaturas no causaron efectos significativos en la cantidad de sólidos solubles totales, pero si se observa claramente como disminuyen éstos a medida que pasa el tiempo de almacenamiento, la acidez titulable a los 8 y 12 dda, fue mayor en la planta almacenada a temperatura ambiente que en todas las demás, y a los 16 dda fue mayor en la salvia que permanecía a 7°C y 20°C que en la que permanecía a 0°C, además este también disminuyó durante el almacenamiento, la disminución de azúcares se atribuye a que éstos son el principal sustrato de la respiración y el ácido málico también decrece porque es el que se usa en mayor proporción como fuente de energía en la respiración (Verma *et al.*, 2004).

El pH en la segunda evaluación (4 dda) fue más bajo en la planta que estaba a temperatura ambiente, en los demás muestreos todas las temperaturas tuvieron los mismos efectos, en las otras evaluaciones todos los tratamientos tuvieron efectos iguales. Los altos niveles de CO₂, pueden afectar el pH del producto durante el almacenamiento (Ke, Mateos, Sriphanich, Li y Kader, 1993) haciéndolo más ácido, esto es atribuido a que el CO₂ es fijado como ácido carboxílico (Salisbury y Ross, 1994). La temperatura afectó el contenido de clorofila total a los 12 días de almacenamiento, en donde la temperatura ambiente reportó menor cantidad de clorofila total que la salvia almacenada a 7°C. Lo anterior está estrechamente relacionado a lo ocurrido en brillantez y cromaticidad, pues estas dos variables de color fueron afectadas a los mismos días de almacenamiento y por la misma temperatura.

Toivonen (1997), afirma que un reducido contenido de oxígeno en el tejido de las plantas, afecta la preservación de los pigmentos, con el amarillamiento consecuente, este proceso se produce muy rápidamente a temperatura ambiente (Namesny, 1993). La pérdida de peso a los 8 días de almacenamiento fue mayor a 5 y 7°C y a los 16 días hubo mayor porcentaje de pérdida de peso a 20°C, en general los porcentajes de pérdida de peso fueron bajos, lo cual se puede deber a que la salvia estaba empacada en bolsas de plásticos perforadas y de acuerdo a Joyce *et al.* (1986), el empacado en bolsas de polietileno perforado, limita o aumenta la pérdida de agua pero además la morfología de las plantas puede ayudar en la vida poscosecha, y el hecho de que las hojas de la salvia tengan pequeñas vellosidades, la hace más resistente a la pérdida de agua (Lopresti y Tomkins, 1997).

En el segundo y tercer muestreos (4 y 8 dda), el contenido de amonio fue mayor en la salvia almacenada a 20°C que en la que permanecía a 7°C y en los siguientes muestreos la cantidad de éste fue mayor a 20°C que en todos los demás, lo cual es atribuido a que a dicha temperatura el metabolismo es más acelerado, por lo tanto la ruptura de cloroplastos, degradación de proteínas y liberación de amonio es mayor (Quesada y Valpuesta, 2000).

A los 12 y 16 días de almacenamiento la planta mantenida a 20°C era la más brillante y con mayor cromaticidad.

Cuadro 7. Comparación de medias de efectos principales, en Salvia almacenada a diferentes temperaturas.

TRATAMIENTO	SST	AT	pH	CT	CARO	AMON	L
0 días de almacenamiento							
0°C	5.46a	0.938a	7.04ab	3.07a	85.39a	0.041a	40.47a
5°C	5.50a	0.858ab	7.01ab	3.35a	91.13a	0.027a	40.98a
7°C	6.16a	0.804b	6.95b	3.26a	75.77a	0.031a	40.47a
Ambiente	6.00a	0.925a	7.26a	2.82a	76.68a	0.036a	40.81a
DMSH	1.36	0.113	0.30	1.27	42.47	0.075	2.17
4 días de almacenamiento							
0°C	5.16a	0.992a	6.84a	3.24a	90.83a	0.095ab	40.49 ^a
5°C	5.00a	0.992a	6.82a	3.48a	126.90a	0.070ab	41.39a
7°C	5.50a	0.992a	6.85a	3.16a	107.71a	0.053b	41.40a
Ambiente	5.83a	1.247a	6.71b	2.43a	98.37a	0.135a	41.56a
DMSH	0.84	0.27	0.06	1.57	67.64	0.08	2.09
8 días almacenamiento							
0°C	4.50a	1.09b	6.54a	2.58a	93.07a	0.10ab	40.70 ^a
5°C	3.83a	1.14b	6.57a	2.98a	102.09a	0.08ab	41.31a
7°C	4.17a	1.19b	6.56a	2.79a	89.28a	0.05b	41.28a
Ambiente	5.17a	1.56a	6.58a	2.35a	96.04a	0.15a	43.20a
DMSH	1.46	0.16	0.13	1.42	43.72	0.08	5.38
12 días de almacenamiento							
0°C	4.17a	1.26b	6.40 ^a	2.77ab	100.66a	0.03b	40.89b
5°C	3.33a	1.25b	6.45a	2.79ab	100.19a	0.04b	39.40b
7°C	3.67a	1.41b	6.45a	2.88a	105.08a	0.05b	40.28b
Ambiente	4.17a	1.66a	6.47a	1.82b	74.06a	0.18a	44.51a
DMSH	1.36	0.20	0.11	1.02	31.60	0.03	2.33
16 días de almacenamiento							
0°C	3.50a	1.52b	6.27 ^a	3.02a	25.21a	0.11b	39.70b
5°C	2.83a	1.64ab	6.30a	3.23a	29.20a	0.12b	40.40b
7°C	3.33a	1.72a	6.31a	3.35a	23.88a	0.11b	39.74b
Ambiente	3.17a	1.74a	6.21a	2.83a	26.49a	0.27a	45.36a
DMSH	0.92	0.16	0.17	1.12	10.34	0.12	1.99

^aMedias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tuckey con $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; SST: Sólidos solubles totales (%); AT: Acidez titulable (mg 100g); pH (%); CT: Clorofila total (mg 100g); CARO: Caroteno (mg 100g); AMON: Contenido de amonio (mg 100g); L: Brillantez.

Con respecto a la escala hedónica en la apariencia visual se detectaron cambios en los muestreos a los 8, 12 y 16 días de almacenamiento, en donde la temperatura que destacó por mostrar una mejor apariencia visual fue la de 5°C. A los 8 dda, la menta almacenada a 5°C, tenía excelente turgencia, a los 12 y 16 dda la temperatura de 20°C tuvo efectos negativos, siendo la de menor turgencia.

El porcentaje de planta comercializable disminuyó a los 12 y 16 días de almacenamiento, en donde la temperatura de 20°C destacó por obtener el menor porcentaje de planta que se puede comercializar (40 y 60%), lo cual coincide con Cantwell y Reid (1986), que encontraron que la Salvia se mantiene en excelentes condiciones, durante 10 días, a 0°C y 10°C, mientras que a 20°C, ésta se considera no comercializable. En un estudio similar Aharoni *et al* (1993), encontraron que la salvia se mantuvo en muy buenas condiciones a 0.5°C después de 5 y 10 días de almacenamiento.

En un estudio realizado en flores comestibles, Kelley *et al.*, (2003), encontraron que las flores de Viola y Pansy, almacenadas a 0 y 2.5°C, no mostraron una pérdida de calidad después de 2 semanas de almacenamiento.

Por otro lado la temperatura ambiente afectó el porcentaje de amarillamiento y pudrición, en el último muestreo (16 dda); y a los 12 y 16 días de almacenamiento, respectivamente, en donde las temperaturas de 0, 5 y 7°C, mostraron 0% de amarillamiento y pudrición, lo cual se puede deber a que las bajas temperaturas reducen la respiración así como también otros procesos metabólicos, lo cual ayuda a que se retarde el amarillamiento (Shewfelt y Brückner, 1993). La retardación del amarillamiento y pudrición, probablemente

se debieron principalmente a la acumulación de CO₂ dentro del empaçado, pues de acuerdo a Aharoni et al. (2004), el CO₂ tiene la habilidad de antagonizar la acción del etileno, y según Shewfelt y Brückner (1993) las atmósferas modificadas creadas por las películas plásticas, reducen la propagación de microorganismos. La temperatura ambiente registró el mayor porcentaje de amarillamiento y de pudrición.

La mayoría de las experiencias indican que con temperaturas de 0°C y humedades relativas del 90 al 95% se logran períodos de conservación de entre 2 y 5 semanas, si bien es posible mantener la calidad durante 4 semanas a 2.5°C (Lipton, 1987). El período de almacenamiento se ve limitado por la aparición de pérdida de color verde intenso, podredumbres, marchitamiento y decoloración del extremo cortado (Namesny, 1993).

Cuadro 7. Continuación. Comparación de medias de efectos principales de salvia almacenada a diferentes temperaturas.

TRATAMIENTO	C	AH	AV	TURG	COM	AMAR	PUD	PP
0 días de almacenamiento								
0°C	24.79a	106.47a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	
5°C	24.65a	112.17a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	
7°C	24.79a	106.47a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	
Ambiente	25.39a	110.80a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	
DMSH	2.55	17.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4 días de almacenamiento								
0°C	25.88a	110.83a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	0.63a
5°C	25.67a	111.13a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	0.29a
7°C	25.90a	111.50a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	0.65a
Ambiente	27.15a	111.72a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	0.65a
DMSH	2.35	7.9688	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.04
8 días de almacenamiento								
0°C	26.35a	112.88a	4.00b	4.00b	100.00a	0.00	0.00	0.27b
5°C	26.06a	111.02a	5.00a	5.00a	100.00a	0.00	0.00	9.69ab
7°C	25.76a	109.24a	4.00b	4.00b	100.00a	0.00	0.00	16.38a
Ambiente	30.38a	104.13a	4.00b	4.00b	100.00a	0.00	0.00	3.44b
DMSH	6.85	10.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.54
12 días de almacenamiento								
0°C	26.05b	111.48a	4.00b	4.00a	100.00a	0.00	0.00b	0.67a
5°C	26.27b	109.77a	5.00a	4.00a	100.00a	0.00	0.00b	0.27a
7°C	26.44b	108.18a	4.00b	4.00a	100.00a	0.00	0.00b	9.44a
Ambiente	30.97a	107.00a	2.00c	5.00b	60.00b	0.00	13.33a	5.38a
DMSH	2.4549	5.0123	0.00	0.00	0.00	0.00	7.548	11.46
16 días de almacenamiento								
0°C	25.60b	108.03a	4.00b	3.66a	100.00a	0.00b	0.00b	0.19b
5°C	26.21b	110.51a	5.00a	3.00a	100.00a	0.00b	0.00b	0.31b
7°C	26.93b	109.70a	3.00c	3.00a	100.00a	0.00b	0.00b	0.94b
Ambiente	32.49a	106.93a	1.66d	2.00b	40.00a	20.00a	23.33a	7.90a
DMSH	2.32	5.57	0.75	0.75	0.00	0.00	19.97	5.97

²Medias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tuckey con $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; C: Cromaticidad; AH: Tonalidad (°), AV: Apariencia visual; TURG: Turgencia; COM: Porcentaje de planta comercializable (%); AMAR: Porcentaje de amarillamiento (%); PUD: Porcentaje de pudrición (%); PP: Pérdida de peso (%).

5. CONCLUSIONES

Con base en los objetivos e hipótesis planteados y resultados obtenidos se concluye:

Las bajas temperaturas conservan la calidad y se prolonga la vida poscosecha de las tres hierbas aromáticas.

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.), sufrió daños por frío a 0°C, y sus características bioquímicas se conservaron mejor a 5 y 7°C, su calidad poscosecha se conserva muy bien a 5°C hasta por 8 días. De las temperaturas evaluadas, la mejor fue la de 5°C. El uso del acolchado no influye en la calidad poscosecha de la albahaca.

La menta (*Mentha piperita* L.), conservó muy bien sus características bioquímicas a 0 y 5°C hasta por 12 días.

La salvia (*Salvia officinalis* L.), conservó muy bien sus características bioquímicas en las temperaturas de 0, 5 y 7°C, pero su calidad poscosecha se extendió a 16 días a 5°C, siendo la mejor temperatura de almacenamiento.

6. REVISIÓN DE LITERATURA

- Adam, L.R. and Pritchard, M.K. 1994. A low-cost microcomputer system for controlling relative humidity in horticultural storage. *HortTechnology* 4:51-54.
- Aharoni, N., Dvir O., Chalupowich and Z. Aharon. 1993. Coping with postharvest physiology of fresh culinary herbs. *Acta horticulturae*. 344:69-78.
- Aharoni, N., Reuveni, A., and Dvir, O. 2004. Modified atmospheres in film packages delay senescence and decay of fresh herbs. *Acta Horticulturae* 258:344.
- AOAC. 1990. Official Methods and Analysis. Official Analytical Chemists. W. Sidney (Ed). Washington, D. C. 1094 p.
- Banwart, G. J. 1989. Basic food microbiology. 2ed. New York: Van Nostrand Reinhold. 773 p.
- Bell, L. 1987. Postharvest handling of fresh culinary herbs. Proc. First Annual Herb Growing and Marketing Conference. 19-22.
- Bergquist, S. A. M. Gertsson, U. and Olsson, M. 2004. Postharvest quality and antioxidant content of baby spinach as affected by harvest time and storage conditions. *Acta Horticulturae* 682:601-735.
- Bolin, H. R. Huxsoll, C. C. 1991. Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. *Journal of Food Science*, 56, 60-67.
- Brecht, K. J. 1995. Physiology of Lightly Processed Fruits and Vegetables. *Hortscience* 30: 18-20.
- Brosnan, T., Sun, D, W. 2001. Precooling techniques and applications for horticultural products. *International Journal of Refrigeration* 24:154.170.
- Bureau, G. y Multon, J. L. 1995. Embalaje de los alimentos de gran consumo. Ed. Acribia, S. A. Zaragoza, España. 748 p.
- Cantwell, M. I and Reid, M. S. 1986. Postharvst physiology and handling of fresh culinary herbs. II. Respiration and Ethylene production. *Perishables Handling*, 60. University of California, pp. 2-5.

- Cantwell, M. I and Reid, M. S. 1992. Postharvest handling systems: Fresh herbs. pp 260-270 *in*: Postharvest Technology of Horticultural Crops. Kader, A. (ed). Publication 3311 University of California Davis. División of Agriculture and Natural Resources. California, USA.
- Cantwell, M. I and Reid, M. S. 1993. Postharvest physiology and handling of fresh culinary herbs. *J. Herbs, Spices and medicinal plants* Vol. 1:93-123.
- Cantwell, M. I and Reid, M. S. 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. División of Agriculture and Natural Resources. California, USA.
- Clydesdale, F. M. 1993. Color as a factor in food choice. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 33: 83-101.
- Conover, W. J. 1980. Practical non parametric statistics. Ed. Mc. Graw-Hill. Book Co. Pp. 236-237.
- Fan, X., and Matteis, J. P. 2000. Yellowing of Broccoli in Storage reduced by 1-Methylcyclopropene. *Hortscience* 35:885-887.
- Gnanasekharan, V., Shewfelt, R. L., and Chinnan, M. S. 1992. Detection of color changes in green vegetables. *J. Food Sci.* 57:149-554.
- Gerhardt, U. 1975. Especies y condimentos. Ed. Acribia. Zaragoza, España. pp 9-21.
- Gispert, C. M; Garrido, A. A. 2000. El vuelo de los aromas. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. 193 p.
- Granado, F., Olmedilla, B., Blanco, I., and Rojas-Hidalgo, E. 1992. Carotenoid composition in raw and cooked Spanish vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40: 2135-2140.
- Hagen, S. F., Borge, G. I. A., Solhaug, K. A., and Bengtsson, G. B. 2009. Effect of cold storage and harvest date on bioactive compounds in curly kale (*Brassica oleracea* L. var. acephala) *Postharvest Biology and Technology* 51:36-42.
- Hamasaki, R. T; Valenzuela, H. R; Tsuda, D. M and Uchida, J. Y 2006. Fresh Basil Production Guidelines for Hawaii. (En línea). Disponible en: <http://www.extento.hawaii.edu/kbase/reports/speciality.htm> Revisado Junio 2006.

- Hardenburg, R.E., Watada, A.E. and Wang, C-Y. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. USDA, Agric. Hb. No. 66. 8. HULME, A.C. (ed.). 1970 and 1971. The biochemistry of fruitsService. 136 p.
- Hernández, H.M. S., Rodríguez, C. B. 2001. Manual de plantas medicinales. 1ª edición. Univesidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 98 p.
- Hylton, H. W. 1975. The Rodale Herb Book, how to use, Grow and buy. New York, USA. CAB International. 187 p.
- Imahori, Y., Sizuky, Y., Uemura, K., Kishioka, I., Fujiwara, H., Ueda, Y., and Chachin, K. 2003. Physiological and quality responses of Chinese chive leaves to low oxygen atmosphere. *Postharvest Biology and Technology* 31: 295-303.
- Inteligencia de Mercados. 2000. El precio de las hierbas frescas en el mercado de Estados Unidos (En Línea) Disponible en: <http://www.cci.org.co/publicaciones/precio%2internacionales/precio029.pdf>. Revisado en mayo del 2006.
- Ibar, A. L. 1981. El Gran Libro de las Hierbas y Plantas Medicinales. Ed. De Vilchi S. A. Barcelona, España. 332 p.
- Ishii K. and Okubo, M. 1984. The keeping quality of chinese chives (*Allium tubersum* Rotter) by low temperature and seal-packaging with polyethylene bags. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.*53:87-95.
- Joyce, D. C., Reid, B. S., and Katz, P. 1986. Postharvest technology of fresh horticultural crops. Cooperative Extension. Univ. of Califonia, Issue 8.
- Kader, A. A. 1986. Biochemical and Physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Techonology* 40:99-100.
- Kays, S. J. 1999. Preharvest factors affecting appearance. *Postharvest Biology and Technology* 15: 233-247.
- Ke, D. Mateos, M., Siriphanich, J., Li, C., and Kader. 1993. Carbon Dioxide action on metabolism of organic and amino acids in crisphead lettuce. *Postharves Biology and Technology* 3:235-247.

- Kelley, M. K., Cameron, C. A., Biernbaum, A. J., Poff, L. K. 2003. Effect of storage temperature on the quality of edible flowers. *Postharvest Biology and Technology* 27: 341-345.
- Kenneth A. and Corey, F. 1989. Postharvest preservation of fresh herbs, fundamentals and projects. *The herb, Spice and Medicinal Plants Digest* 7:2-4
- Kybal, J. 1993. *Plantas aromáticas y culinarias*. Ed. Susaeta S.A. Madrid, España. 170 p.
- Lange, D. L., Cameron, A. C. 1994. Postharvest shelf-life of sweet basil (*Ocimum basilicum*). *Hortscience* 29:102-103.
- Lange, D. L., Cameron, A. C. 1997. Pre and postharvest temperature conditioning of greenhouse-grown sweet basil. *Hortscience* 32:114-116.
- Lipton, W. J. 1987. Senescence of leafy vegetables. *Hortscience* 22:854-859.
- Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids, Pigments of Photosynthetic Biomembranes. In: *Methods in enzymology* Vol. 148. Packer, L. and Dounce, R. (eds.). Academic Press Inc. London and New York. Pp 351-379.
- Loaiza, J. and Cantwell, M. 1997. Postharvest physiology of Cilantro (*Coriandum saivum* L.) *Hortscience* 32:104-107.
- López-Ayerra, B., Murcia, M. A., and Carmona, G. F. 1998. Lipid peroxidation and chlorophyll levels in spinach during refrigerated storage and after industrial processing. *Food Chemistry*, 61. 113-118.
- López, G. R. and Runkle, S. E. 2008. Low- temperature storage influences morphological and physiological characteristics of nonrooted cuttings of New Guinea impatiens (*Impatiens hawkeri*). *Postharvest biology and Technology* 50:95-102.
- Lopresti, J. and Tomkins, B. 1997. Postharvest handling and packaging of fresh herbs. Rural Industries Research and Development Corporation. Victoria, USA.
- Maistre, J. 1969. *Las plantas de Especies*. Ed. Blume. Barcelona, España. 272 p.
- Makhlouf, J., Castaigne, F., Arul, J., Wilemot, c., Gosselin, A. 1989. Long-term storage of broccoli under controlled atmosphere. *Hortscience* 24: 637-639.

- Mathers, J. and Fellman, R. J. 2000. Impacts of modified atmosphere packaging and control atmospheres on aroma, flavor and quality of horticultural commodities. *Horttechnology* 10:107-510.
- Meir, S., Ronen, R., Lurie, S. and S. Philosoph-Hades. 1997. Assessment of chilling injury during storage: Chlorophyll fluorescence characteristics of chilling-susceptible and triazole-induced chilling tolerant basil leaves. *Postharvest Biology and Technology* 10: 213-220.
- Millborrow, B. V. 2001. The pathway of biosynthesis of abscisic acid in vascular plants: a review of the present state of knowledge of ABA biosynthesis. *J Exper Bot* 52: 1145-1164.
- Minero, A. A. 2004. Mercados nichos: hierbas finas. *Productos de hortalizas*. 13: 24-31.
- Minolta. 1994. Precise color communication. Ed. Minolta Corporation Instrument System división. New Jersey, USA. 79 p.
- Muñoz, L. B. 1987. Plantas medicinales y Aromáticas: Estudio, Cultivo y Procesado. Ed. Mundi-Prensa. 365 p.
- Namesny, V. A. 1993. Postrecolección de Hortalizas. Volumen 1. Ediciones de Horticultura, S. L. Barcelona, España. 330 p.
- Nowak, K. J. and Rudnicki, R. 1990. Postharvest handling and storage of cut flowers florist greens and potted plants. Timber Press, Inc. Oregon, USA. 210 p.
- O'Hare, T. J., Wong, L. S. 2002. Leafy Asian vegetables extending their shelf-life. Part 2. A report for the rural industries Research and Development Corporation. RIRDC 02/006. <http://www.rirdc.gov.au/reports/AFO/02-006.pdf>. Revisado abril 2006.
- Ohio State University, 2006. Herbs (En línea). Disponible en: <http://www.ohioline.oso.edu/hyg-fact/1000//1612.html>. Revisado abril 2006.
- Pantástico, B. 1979. Fisiología de la postrecolección, Manejo y Utilización de Frutas y Hortalizas Tropicales y Subtropicales. Ed. Continental. D. F: México. 663 p.
- Park, K., Kang, E., Yang, E., Jung, J. 2000. Effects of film package and storage temperature on the quality of parsley in modified atmosphere storage. *Acta horticulturae* 483.

- Reyna, G., C., E. 1996. Manejo poscosecha y evaluación de la calidad para la cebolla junca (*Allium fistulosum*) y el apio (*Apium graveolens*) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Universidad Sur Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agrícola. Neiva. 73 p.
- Rizzo, v., Muratore. 2009. Effects of packaging on shelf life of fresh celery. *Journal of food engineering*. 90: 124-128.
- Romojaro, F., Riquelme, F., Pretel, M. T., Martínez, G., Serrano, M., Martínez, C., Lozano, P., Segura, P., y Luna, P. A. 196. Nuevas tecnologías de conservación de frutas y hortalizas. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp.66-85.
- Salisbury, B. F., y Ross, C. W. 1994. Fisiología Vegetal. Iberoamericana. D. F., México. 754 p.
- Salunkhe, D. K., Bhat, N. R and Desai, B. B. 1984. Postharvest Biotechnology of Flowers and Ornamental Plants. S-VB Heidelberg. Berlin, Germany. 192 p.
- Sankat, K. C., Maharaj, V. 1996. Shelf life of the green herb "SHado beni" (*Eryngium foetidum* L.) stored under refrigerated conditions. Agricultural Engineering Programme Faculty of Engineering, The university of the Wst Indies, St. Augustine, Trinidad and Tobago.
- SAS. 1998. SAS/STAT users guide: Statics, VER. 6,4 tth ed., vol. 1 and 2, SAS institute, Inc Cary, N. y U. S. A.
- Shewfelt, R. L., and Brückner, B. 2003. Fruit and vegetable quality. Technomic Publishing Company Inc. Pensilvania, USA. 330 p.
- Shores, S. 2003. Growing and Selling fresh-cut herbs. 2nd ed. Ball Publising. IL., USA.
- Silva, F., Silva, S. R. H. 2005. Basil conservation affected by cropping season, harvest time and storage period. *Pesq. Agrpec. Bras.* 40: 323-328.
- Splittstoesser, W. E. 1984. Vegetable Growin Handbook. Avi Publishing Company, Inc. Connecticult, USA. 325 p.
- Tainter, R. D. y Grenis, T. 1996. Especies y Aromatizantes Alimentarios. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 251 p.
- Tanumihardjo, S. A., Yang, Z. 2005. Carotenoids: Epidemiology of health effects. In: Caballero, B., Allen, L., Prentice, A (eds). *Encyclopedia of human nutrition*, 2 ed. Elsevier Ltd., Oxford. pp 339-345.

- Toivonen, P. M. A. 1997. The effect of storage temperature, storage duration, hydro-cooling, and micro-perforated wrap of shelf-life of Broccoli (*Brassicca oleracea* L.; Italica group). *Postharvest Biology and Technology* 10: 59-65.
- Tulio, Z. A., Ose, K., Chachin, K., and Ueda, Y. 2002. Effect of storage temperatures on the postharvest quality of jute leaves (*Corchorus Olitorius* L.) *Postharvest Biology and Technology* 26: 329-338.
- Verma, L. R., Joshi, V. K. 2004. *Postharvest Technology of fruits and vegetables*. Indus Publishing. 320 p.
- Volak, J. y Stodola, J. 1987. *Plantas medicinales*. Ed. SUSAETA. Madrid, España. 248 p.
- Wills, 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.
- Wealtherburn M. W. 1967. Phenol-hypoclorite reaction for ammonia determination. *Anal. Chem.* 39: 971-974.
- Weichmann, J. 1987. *Postharvest physiology of vegetables*. Marc Dokker Inc. New York, USA. 597 pp.
- Yahia, E. M. e Higuera, C. I. 1996. *Fisiología y Tecnología postcosecha de productos hortícolas*. Ed. Limusa. México, D. F. 303 p.
- Yamaguchi, N. and Watada, A. 1993. Pigments changes in parsley leaves during storage in controlled or ethylene containing atmosphere. *Journal of Food Science* 58: 616-618.