

CAMBIOS DE CALIDAD EN POSCOSECHA DE MENTA (*Mentha x piperita* L.) ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN

Oscar Cruz-Álvarez; María Teresa Martínez-Damián*;
María Teresa Beryl Colinas-León; Juan Enrique Rodríguez-Pérez;
Sweetia Paulina Ramírez-Ramírez

Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, Instituto de Horticultura. km 38.5
Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, MÉXICO. C.P.56230.
Correo-e: teremd13@gmail.com (*Autor para correspondencia).

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de las bajas temperaturas sobre la calidad poscosecha de menta (*Mentha x piperita* L.), se estudió su comportamiento en almacenamiento (6 y 10 °C) respecto a un testigo a temperatura ambiente (20 ±2 °C). Se usó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. Se determinó la tasa de respiración (TR), producción de etileno (PE), pérdida de peso (PP), clorofila total (CT), carotenoides (C) y acidez titulable (AT). Se realizó una evaluación hedónica (apariciencia visual, escala de color, amarrillamiento, desarrollo de malos olores, abscisión de hojas y pudriciones). Entre los principales resultados se encontró que el uso de refrigeración (6 y 10 °C) mantuvo la TR y PE con valores que estuvieron de 2.57 a 6.65 mL CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ y de 0.04 a 0.27 µL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹, respectivamente. Disminuyó un 50 % la PP y se conservaron mejor la CT y C. El uso de refrigeración permitió mantener sin cambios significativos la TR y PE, de igual manera se logró observar una reducción en los cambios de PP, CT, C, AT y apariciencia visual requeridos en la comercialización de la menta

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Almacenamiento, tasa de respiración, contenido de clorofila, escala hedónica

CHANGES IN POST-HARVEST QUALITY OF PEPPERMINT (*Mentha x piperita* L.) UNDER REFRIGERATION

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of low temperatures on the postharvest physiology of peppermint (*Mentha x piperita* L.). Its behavior while stored at two temperatures (6 and 10 °C) compared to a control at room temperature (20 ±2 °C) was studied. A completely randomized experimental design with 4 replications was used. Respiration rate (RR), ethylene production (EP), weight loss (WL), total chlorophyll (TC), carotenoids (C) and titratable acidity (TA) were determined. A hedonic evaluation was performed (external appearance, color scale, yellowing, the development of bad odors, leaf abscission and rots). Results show that the refrigeration treatments (6 and 10 °C) maintained RR and EP with values of between 2.57 and 6.65 mL CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ and 0.04 and 0.27 µL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹, respectively. WL decreased by 50 % and TC and C were preserved. Cooling enabled maintaining RR and EP without significant changes. Additionally, reduced changes were observed in WL, TC, C, TA and external quality traits required for marketing peppermint.

ADDITIONAL KEYWORDS: Storage, respiration rate, chlorophyll content, hedonic scale

INTRODUCCIÓN

Las plantas aromáticas siempre han sido una importante fuente de materias primas dentro de la industria de la cocina, cosmética y farmacéutica, por la producción de especias, aceites esenciales y medicamentos (Low, 2006; Mimica-Dukin y Bozin, 2008). Entre ellas, la industria de los aceites esenciales destaca por ser el segmento utilitario más ampliamente desarrollado (Verma *et al.*, 2010). Sin embargo, en los últimos años, en mercados de alto poder adquisitivo como el de los países integrantes de la Unión Europea, Estados Unidos, Canadá y, de forma incipiente Japón, Singapur, Hong Kong e Indonesia se han suscitado una serie de cambios en las tendencias y hábitos de alimentación que han favorecido un incremento considerable en la producción y consumo de productos en fresco con algún tipo de valor funcional (Rosello *et al.*, 2011). Estos alimentos que presentan una o varias características referentes a su constitución o función en la prevención de algún padecimiento (Lewers *et al.*, 2012). Un ejemplo importante es la menta (*Mentha x piperita* L.), que a pesar de tener un valor nutricional moderado, es una de las más importantes fuentes de compuestos polifenólicos, los cuales por su intensa actividad antioxidante protegen en contra de enfermedades cardiovasculares y degenerativas (Zheng y Wang, 2001; Kanatt *et al.*, 2007; Nickavar *et al.*, 2008).

En este contexto, se ha observado un incremento sustancial en la distribución de menta a través de mayoristas, minoristas y cadenas de servicio de alimentos. A pesar de ello, su comercialización no ha sido del todo exitosa, debido a su extrema perecibilidad y corta vida de anaquel, así como a las estrategias de comercialización, las cuales han tendido a la utilización de una tecnología aplicada en general son poco adecuadas, sin considerar sus características botánicas y fisiológicas (Kenneth y Corey, 1989; Cantwell y Reid, 2002).

Es importante destacar que la gran mayoría de estudios disponibles en hierbas aromáticas se encuentran enfocados por un lado al estudio y mejoramiento de las características de los aceites esenciales, así como su interacción con los métodos de secado (Calvo-Irabien *et al.*, 2009), y por el otro, a la extracción, caracterización y utilización de antioxidantes naturales (Dorman *et al.*, 2003; Miliauskas *et al.*, 2004; Djeridane *et al.*, 2006; Nickavar *et al.*, 2008; Mimica-Dukin y Bozin, 2008). Muy pocos de estos trabajos se encuentran enfocados con la fisiología poscosecha de la menta (Aharoni *et al.*, 1993; Cantwell y Reid, 1993, Cantwell y Reid, 2002; Böttcher *et al.*, 2002; Kenigsbuch *et al.*, 2007; Hassan y Mahfouz, 2010), por lo que se hace de vital importancia la realización de estudios que hagan un énfasis puntual en este aspecto.

De acuerdo a lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento poscosecha de la menta

INTRODUCTION

Aromatic plants have always been an important source of raw materials in the cooking, cosmetics and pharmaceutical industries for the production of spices, essential oils and medicines (Low, 2006; Mimica-Dukin and Bozin, 2008). Among them, the essential oils industry stands out for being the most widely-developed commercial sector (Verma *et al.*, 2010). However, in recent years, in markets with high purchasing power like those of the member countries of the European Union, the United States, Canada, and, more recently, Japan, Singapore, Hong Kong and Indonesia, a series of changes in eating trends and habits has led to a marked increase in the production and consumption of fresh products with some sort of functional value (Rosello *et al.*, 2011). These foods have one or more characteristics related to their constitution or role in disease prevention (Lewers *et al.*, 2012). An important example is the peppermint (*Mentha x piperita* L.), which despite having a moderate nutritional value is one of the most important sources of polyphenolic compounds, which by their intense antioxidant activity protect against cardiovascular and degenerative diseases (Zheng and Wang, 2001; Kanatt *et al.*, 2007; Nickavar *et al.*, 2008).

In this context, a substantial increase in the distribution of peppermint through wholesalers, retailers and supermarket chains has been observed. Despite that, its marketing has not been completely successful, due to its extreme perishability and short shelf life, as well as the marketing strategies, which have tended to apply a general technology that is not very suitable because it does not take into account the plant's botanic and physiological characteristics (Kenneth and Corey, 1989; Cantwell and Reid, 2002).

It is important to stress that the vast majority of available studies on aromatic herbs focus on, on one hand, the study and improvement of the characteristics of essential oils, as well as their interaction with drying methods (Calvo-Irabien *et al.*, 2009), and on the other hand, on the extraction, characterization and utilization of natural antioxidants (Dorman *et al.*, 2003; Miliauskas *et al.*, 2004; Djeridane *et al.*, 2006; Nickavar *et al.*, 2008; Mimica-Dukin and Bozin, 2008). Very few of these studies focus on the postharvest physiology of the peppermint (Aharoni *et al.*, 1993; Cantwell and Reid, 1993, Cantwell and Reid, 2002; Böttcher *et al.*, 2002; Kenigsbuch *et al.*, 2007; Hassan and Mahfouz, 2010), which is why it is vitally important to conduct studies on this specific aspect.

Based on the above, the aim of this study was to evaluate the postharvest behavior of the peppermint (*Mentha x piperita* L.), under different storage temperatures, by quantifying biochemical and physiological changes.

(*Mentha x piperita* L.), bajo diferentes temperaturas de almacenamiento, cuantificando algunos cambios bioquímicos y fisiológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizó menta (*Mentha x piperita* L.) variedad 'Mint Moroco', que fue proporcionada por la empresa Glezte S.P.R. de R.I., localizada en Axochiapan, Morelos, México. La menta fue cosechada y preenfriada en dicha empresa por 24 horas a 5 °C con el propósito de eliminar el calor de campo. El municipio de Axochiapan se ubica geográficamente entre los paralelos 18° 30' de latitud norte y los 98° 45' de longitud oeste, a una altitud de 1,030 msnm (Anónimo, 1988).

Ubicación del experimento

El trabajo experimental se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano de 2011, en los Laboratorios de Fisiología de Frutales y en el de Usos Múltiples del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

Tratamientos evaluados

El experimento consistió en almacenar menta en refrigeración (6 y 10 °C) y a temperatura ambiente (20 ± 2 °C). Se pesaron manojos de 250 g y se colocaron en bolsas de polietileno selladas de baja densidad transparente (40 × 60 cm), con seis perforaciones por lado con diámetro de 0.5 cm y área total perforada de 4.62 cm², simulando el proceso de comercialización a Estados Unidos y Canadá.

Diseño experimental

Se usó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. En la evaluación de la tasa de respiración, producción de etileno y pérdida de peso, la unidad experimental consistió de un manojito de 50 g. Se usó un manojito de 10 g como unidad experimental para determinar clorofila total, carotenoides y acidez titulable. En la evaluación de la escala hedónica se utilizaron 135 g como unidad experimental. Para cuantificar los diferentes caracteres, las muestras fueron almacenadas en un ultracongelador a -80 °C. Únicamente las determinaciones de los parámetros de la escala hedónica se registraron el día de análisis planteado. Todas las evaluaciones se llevaron a cabo durante quince días en periodos de tres días.

Tasa de respiración y producción de etileno

La tasa de respiración y la producción de etileno se determinaron de acuerdo al método estático propuesto por Davies (1980) con modificaciones. Se colocó un manojito

MATERIALS AND METHODS

Plant material

We used the 'Mint Moroco' peppermint (*Mentha x piperita* L.) variety, which was provided by the Glezte S.P.R. de R.I. company, located in Axochiapan, Morelos, Mexico. The peppermint was harvested and precooled in that company's facilities for 24 hours at 5 °C with the aim of removing field heat. The municipality of Axochiapan is geographically located between 18° 30' north latitude and 98° 45' west longitude, at an altitude of 1,030 masl (Anonymous, 1988).

Experiment location

The experimental work was carried out during the spring-summer cycle of 2012, in the Plant Science Department's Fruit Tree Physiology and Multi-Use Laboratories at the Universidad Autónoma Chapingo.

Evaluated treatments

The experiment consisted of storing peppermint in refrigeration (6 and 10 °C) and at room temperature (20 ± 2 °C). Then 250-g bunches were weighed and placed in transparent, low-density, sealed polyethylene bags (40 × 60 cm), with six holes per side with a diameter of 0.5 cm and total perforated area of 4.62 cm², simulating the marketing process for exports to the U.S. and Canada.

Experimental design

A completely randomized experimental design with four replications was used. In the evaluation of respiration rate, ethylene production and weight loss, the experimental unit consisted of a 50-g bunch. A 10-g bunch was used as the experimental unit to determine total chlorophyll, carotenoids and titratable acidity. In the hedonic scale evaluation, 135 g were used as the experimental unit. To quantify the different characters, the samples were stored in an ultra-low-temperature freezer at -80 °C. Only the determinations of the hedonic scale parameters were recorded on the proposed analysis day. All assessments were carried out during fifteen days in three-day periods.

Respiration rate and ethylene production

Respiration rate and ethylene production were determined according to the static method proposed by Davies (1980) with modifications. A 50-g bunch (sample) of peppermint was placed in an airtight container of known volume for one hour for all samples. After the time had elapsed, 5 ml of air were taken with a hypodermic syringe and transferred into a vacutainer vacuum at -20 °C until the reading was taken. The samples were injected

(muestra) de menta de 50 g en un recipiente hermético de volumen conocido por una hora para todas las muestras. Transcurrido el tiempo, se tomaron 5 ml de aire con una jeringa hipodérmica y se trasladaron a un vacutainer al vacío a -20 °C, hasta su lectura. Las muestras se inyectaron en un cromatógrafo de gases marca Varian® modelo 3400 CX con una columna capilar enmarcada de 27.5 cm de largo, 0.32 mm de diámetro interno y 0.45 mm de diámetro externo y 10 mm de grosor de película tipo abierto con una capa porosa de sílica fundida con base estacionaria de Porapak tipo Q. La temperatura de la columna fue de 80 °C; del detector, de 170 °C, y del inyector, de 150 °C. Se utilizó como estándar etileno (INFRA) 101 mg·L⁻¹ y CO₂ (INFRA) 460 mg·L⁻¹. El gas de arrastre fue helio con un flujo de 32.3 ml·min⁻¹ y la cantidad de muestra que se inyectó fue de 1.0 ml.

Pérdida de peso

En la misma muestra en la que se determinó la tasa de respiración y producción de etileno se evaluó el porcentaje de pérdida de peso donde se utilizó una balanza granataria con aproximación de 0.01 g, y se aplicó la siguiente fórmula:

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

Clorofila total y carotenoides

Se determinaron de acuerdo con la técnica propuesta por Lichtenthaler (1987), la cual consiste en tomar una muestra de 10 g finamente picada y realizar la extracción con acetona al 80 %. Se realizaron lecturas de absorbancia (A) a tres longitudes de onda (470, 652 y 663 nm), mediante el uso de un espectrofotómetro digital UV-VIS modelo Perkin Elmer. Los datos se reportan en µg·g⁻¹ de peso fresco (PF).

Acidez titulable

Se determinó de acuerdo con la metodología de la AOAC (Anónimo, 1990), para lo cual se licuó un manojo de 10 g en 50 ml de agua desionizada. Posteriormente se tomó una alícuota de 10 ml, la cual fue neutralizada con NaOH 0.1 N en las que se utilizó fenolftaleína como indicador. Los resultados se reportaron en porcentaje de ácido cítrico.

Escala hedónica

Se utilizó una escala hedónica propuesta por Martínez-Damián y Cantwell (2002), en la que se evaluó la apariencia visual, escala de color, amarillamiento, desarrollo de malos olores, abscisión de hojas y pudriciones, asignando calificaciones de la siguiente manera: apariencia visual (9 = excelente, 1 = indeseable), escala de color (5 = verde oscuro, 1 = amarillo + algo verde), amarillamiento (1 = ninguno, 5

into a Varian® Model 3400 CX gas chromatograph with a capillary column framed 27.5 cm long, 0.32 mm internal diameter and 0.45 mm outer diameter and 10 mm thick open-type film with a porous layer of silica fused with Porapak Q stationary phase. The column temperature was 80 °C, the detector 170 °C, and the injector 150 °C. Ethylene (INFRA) 101 mg·L⁻¹ and CO₂ (INFRA) 460 mg·L⁻¹ were used as standard. The carrier gas was helium with a 32.3 ml·min⁻¹ flow and the sample amount injected was 1.0 ml.

Weight loss

In the same sample in which respiration rate and ethylene production were determined, the weight loss percentage was assessed using a balance scale with 0.01 g approximation, and the following formula was applied:

$$\text{Weight loss} = \frac{\text{Initial weight} - \text{Final weight}}{\text{Final weight}} \times 100$$

Total chlorophyll and carotenoids

They were determined according to the technique proposed by Lichtenthaler (1987), which involves taking a 10-g finely chopped sample and performing the extraction with 80 % acetone. Absorbance (A) readings were performed at three wavelengths (470, 652 and 663 nm), using a Perkin Elmer UV-VIS model digital spectrophotometer. Data are reported in µg·g⁻¹ fresh weight (FW).

Titrateable acidity

It was determined according to the AOAC method (Anonymous, 1990), for which a 10-g bunch was liquefied in 50 ml of deionized water. Then we took a 10-ml aliquot, which was neutralized with 0.1 N NaOH, in which phenolphthalein was used as indicator. The results are reported in percent citric acid.

Hedonic scale

We used a hedonic scale proposed by Martínez-Damián and Cantwell (2002), in which visual appearance, color scale, yellowing, development of bad odors, leaf abscission and rots were assessed by assigning ratings as follows: visual appearance (9 = excellent, 1 = undesirable) color scale (5 = dark green, 1 = yellow + some green), yellowing (1 = none, 5 = severe), development of bad odors (1 = none, 5 = severe), leaf abscission (1 = low, 2 = medium, 3 = high) and rots (1 = none, 5 = severe).

Statistical analysis

An analysis of variance and comparison of means were performed using the Tukey test ($P \leq 0.05$). For the

= severo), desarrollo de malos olores (1 = ninguno, 5 = severo), abscisión de hojas (1 = bajo; 2 = medio; 3 = alto) y pudriciones (1 = ninguna, 5 = severo).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Para los datos obtenidos mediante la escala hedónica, se llevó a cabo un análisis no paramétrico mediante la prueba de Kruskal-Wallis. En ambos casos se empleó el paquete de análisis estadístico SAS Versión 9.0 (Anónimo, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tasa de respiración

Se ha encontrado que uno de los síntomas de mayor deterioro durante la senescencia en los productos agrícolas como la menta, donde las hojas son la principal parte de interés, lo constituye el proceso de respiración (Thompson, 2003; Do Nascimento y Pierre, 2003), el cual se ve afectado directamente por la temperatura (Smith *et al.*, 2003). En este trabajo se encontró que a partir de los nueve días de almacenamiento (dda), el tratamiento a temperatura ambiente fue estadísticamente superior ($P \leq 0.05$) respecto a 6 y 10 °C, con un rango de valores que fluctuaron de 9.31 a 16.41 mL CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (Cuadro 1), similar a lo reportado por Kenigsbuch *et al.*, (2007) en menta silvestre (*Mentha longifolia* L.) almacenada por seis días a 20 °C. Sin embargo, estos valores fueron menores a lo señalado por Loaiza y Cantwell (1997) en cilantro (*Coriandrum sativum* L.) manejado en condiciones de almacenamiento a 20 °C, con valores máximos de 70 y 94 µL CO₂·g⁻¹·h⁻¹.

Al respecto se ha señalado que las hierbas aromáticas, después de ser cosechadas y durante su manejo y transporte, son altamente susceptibles a una acelerada senescencia, acompañada por pérdidas de frescura, clorofila y calidad culinaria debido a su alto metabolismo donde, al igual que en otros productos perecederos, la temperatura es el factor más importante (Aharoni *et al.*, 1993; Cantwell y Reid, 1993 y Böttcher *et al.*, 1999). El uso de la refrigeración constituye una herramienta importante que contribuye a disminuir diversos procesos fisiológicos que conllevan a alterar su vida de anaquel, por lo cual mantiene durante mayor tiempo el valor nutritivo y comercial del producto (Rennie *et al.*, 2003).

Producción de etileno

Los problemas poscosecha más comunes que se presentan en hierbas frescas están asociados con su rápida senescencia, producto de su alta sensibilidad al etileno (Aharoni *et al.*, 1989; Giovannoni, 2007). En el caso de las condiciones de almacenamiento de la menta, en este

data obtained using the hedonic scale, a non-parametric analysis was carried out using the Kruskal-Wallis test. In both cases, the SAS version 9.0 statistical analysis package was used (Anonymous, 2002).

RESULTS AND DISCUSSION

Respiration rate

It has been found that one of the symptoms of greater deterioration during senescence in agricultural products such as peppermint, where the leaves are the main part of interest, is the respiration process (Thompson, 2003; Do Nascimento and Pierre, 2003), which is directly affected by temperature (Smith *et al.*, 2003). This study found that from nine days of storage (das), the respiration rate for the room temperature treatment was statistically higher ($P \leq 0.05$) than for the 6 and 10 °C treatments, with values ranging from 9.31 to 16.41 mL CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (Table 1), similar to that reported by Kenigsbuch *et al.* (2007) in wild mint (*Mentha longifolia* L.) stored for six days at 20 °C. However, these values were lower than those reported by Loaiza and Cantwell (1997) in cilantro (*Coriandrum sativum* L.) stored at 20 °C, with maximum values of 70 and 94 µL CO₂·g⁻¹·h⁻¹.

In this regard it has been noted that aromatic herbs, after harvesting and during handling and transport, are highly susceptible to accelerated senescence, accompanied by loss of freshness, chlorophyll and culinary quality due to their high metabolism where, as in other perishables, the temperature is the most important factor (Aharoni *et al.*, 1993; Cantwell and Reid, 1993 and Böttcher *et al.*, 1999). Cooling is an important tool that helps to reduce various physiological processes that alter its shelf life, so the product's nutritional and commercial life is maintained for a longer time (Rennie *et al.*, 2003).

Ethylene production

The most common postharvest problems that occur in fresh herbs are associated with their rapid senescence, which is due to their high sensitivity to ethylene (Aharoni *et al.*, 1989; Giovannoni, 2007). In the case of peppermint storage conditions, this study found that ethylene production began from the sixth day of storage, when the control treatment presented the statistically highest value (0.64 µL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹) compared to 6 and 10 °C. Storage at 6 and 10 °C showed similar behavior, 0.04 and 0.06 µL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹, respectively, a situation that changed on day nine, when the treatment at 6 °C statistically exceeded the 10 °C and control treatments, which behaved in a similar way (Table 2). In this regard, several authors such as Böttcher *et al.* (2003) and Nath *et al.* (2006) have reported on the effect of temperature and storage time on the quality of various fresh leaves. They indicate that high temperatures can accelerate their deterioration, as they favor an increase in cellular metabolism and

CUADRO 1. Tasa de respiración, producción de etileno y pérdida de peso en menta almacenada en refrigeración (6 y 10 °C) y en condiciones de temperatura ambiente.

TABLE 1. Respiration rate, ethylene production and weight loss in peppermint stored in refrigeration (6 and 10 °C) and in room temperature conditions.

Temperatura de almacenamiento / Storage temperature (°C)	TR ^y / RR ^y (mL CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	PE / EP (μL C ₂ H ₄ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	PP / WL (%)
		0 días de almacenamiento / days of storage	
	2.57*	0.04	-
		3 días de almacenamiento / days of storage	
6	3.65 a	0.04 a	0.85 b
10	3.75 a	0.22 a	0.84 b
Ambiente / Room	7.50 a	0.48 a	10.21 a
DMSH / HSD	3.88	0.53	2.18
		6 días de almacenamiento / days of storage	
6	3.58 b	0.04 b	1.22 b
10	4.97 b	0.06 b	1.44 b
Ambiente / Room	9.31 a	0.64 a	21.70 a
DMSH / HSD	4.2	0.53	10.10
		9 días de almacenamiento / days of storage	
6	3.64 b	0.08 b	1.57 b
10	5.18 b	0.16 ab	1.77 b
Ambiente / Room	10.76 a	0.53 a	30.27 a
DMSH / HSD	3.02	0.42	11.01
		12 días de almacenamiento / days of storage	
6	4.09 b	0.10 b	2.08 b
10	5.30 b	0.15 b	2.06 b
Ambiente / Room	13.65 a	1.18 a	36.72 a
DMSH / HSD	2.50	0.51	10.41
		15 días de almacenamiento / days of storage	
6	4.76 b	0.14 b	2.45 b
10	6.65 b	0.27 b	2.47 b
Ambiente / Room	16.41 a	1.22 a	44.33 a
DMSH / HSD	5.79	0.14	15.60

*Aquí aún no hay efecto de tratamientos, solo se reporta la media como referencia. ^yMedias con la misma letra dentro de columnas para cada periodo de almacenamiento, son iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. ^yTR: Tasa de respiración; PE: Producción de etileno; PP: Pérdida de peso.

*Here there is still no treatment effect; the mean is reported only as a reference. ^yMeans with the same letter within a column for each storage period are equal (Tukey, $P \leq 0.05$). HSD: Honestly significant difference. ^yRR: Respiration rate; EP: Ethylene production; WL: Weight loss.

trabajo se encontró que la producción de etileno se inició a partir del día seis de almacenamiento, donde el tratamiento testigo presentó el valor estadísticamente más alto (0.64 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹) con relación a 6 y 10 °C. En el almacenamiento a 6 y 10 °C se observó un comportamiento similar de 0.04 y 0.06 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹, situación que cambio para el día nueve, donde el tratamiento a 6 °C superó estadísticamente a los de 10 °C y testigo, los cuales se comportaron de forma similar (Cuadro 2). Al respecto, varios autores como Böttcher *et al.* (2003) y Nath *et al.* (2006) han reportado el efecto de la influencia de la temperatura y el tiempo de almacenamiento sobre la calidad de diversas hojas frescas. De igual forma, indican que las altas temperaturas pueden acelerar su deterioro, dado que favorecen un incremento en el metabolismo celular y una mayor sensibilidad de los tejidos al efecto negativo del etileno (Böttcher *et al.*, 2002; Nei *et al.*,

increased tissue sensitivity to the negative effect of ethylene (Böttcher *et al.*, 2002; Nei *et al.*, 2005). Like other perishable products, aromatic herbs are affected by this growth regulator and present symptoms such as yellowing, leaf fall and epinasty (Cantwell and Reid, 2002; Kenigsbuch *et al.*, 2007; Hassan and Mahfouz, 2010). In the case of peppermint, it tends to be highly sensitive to high temperatures. However, the effect can be minimized by using appropriate temperatures during transportation and marketing (Aharoni *et al.*, 1993; Böttcher *et al.*, 2001).

The results obtained in this study are similar to those reported by Hruschka and Wang (1979), Cantwell and Reid (2002) and Kenigsbuch *et al.* (2007), who, through a study conducted on storage and shelf life in watercress (*Nasturtium officinale*), parsley (*Petroselinum crispum* L.)

2005). Al igual que otros productos perecederos, las hierbas aromáticas son afectadas por este regulador del crecimiento y presentan síntomas tales como el amarillamiento, caída de hojas y epinastia (Cantwell y Reid, 2002; Kenigsbuch *et al.*, 2007; Hassan y Mahfouz, 2010). En el caso particular de la menta, ésta suele ser altamente sensible. Sin embargo, el efecto puede ser minimizado con el uso de temperaturas adecuadas durante su transporte y comercialización (Aharoni *et al.*, 1993; Böttcher *et al.*, 2001).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son similares a lo reportado por Hruschka y Wang (1979), Cantwell y Reid (2002) y Kenigsbuch *et al.* (2007), quienes mediante un estudio realizado sobre el almacenamiento y vida de anaquel en berro (*Nasturtium officinale*), perejil (*Petroselinum crispum* L.) y menta (*Mentha piperita* L.), respectivamente, demostraron que a 0 °C se conservan en excelentes condiciones por dos semanas. Adicionalmente, encontraron que la menta tiene una vida de anaquel más corta, debido a que después de tres semanas solo un 25 % de la planta era comercializable, comparado con el 45 y 60 % para perejil y berro.

Pérdida de peso

Como se observa en los datos que se muestran en el Cuadro 2, referidos a pérdida de peso, se encontró que a los 9, 12 y 15 (dda) la menta almacenada a temperatura ambiente presentó una pérdida continua de peso del 44.3 % en relación a la almacenada en refrigeración (6 y 10 °C), los cuales mostraron valores estadísticamente similares de 2.44 y 2.47 %, respectivamente (Cuadro 1). Este comportamiento puede estar estrechamente vinculado con la pérdida de agua por transpiración, la cual se ve afectada por condiciones de temperatura elevada y una baja humedad relativa (Martínez-Romero *et al.*, 2007; Cuadra-Crespo y del Amor, 2010). Desde el punto de vista de la vida poscosecha de productos perecederos, el déficit de presión de vapor de agua es una de las medidas que adquiere primordial importancia, pues ésta mide la diferencia en la presión del vapor de agua al interior de un producto almacenado y su entorno (Ávila *et al.*, 2007). Según Ben-Yehoshua y Rodov, (2003), cuanto mayor sea el déficit de presión de vapor (un mayor gradiente), las pérdidas de agua serán superiores, lo que se traduce en pérdidas de peso en el transcurso del tiempo. En este sentido, Cantwell y Reid (1993), Loaiza y Cantwell (1997) y Cantwell y Reid (2002) reportan que hierbas aromáticas como el cilantro, mitsuba, eneldo y menta son altamente susceptibles a perder agua como producto de su alta transpiración. Si se almacenan a 20 °C se limita notablemente su vida de anaquel.

Clorofila total

El rápido deterioro de los atributos de apariencia visual en las hojas de los diversos productos agrícolas suele

and peppermint (*Mentha piperita* L.), respectively, showed that at 0 °C they are preserved in excellent condition for two weeks. Additionally, they found that peppermint has a shorter shelf life, because after three weeks only 25 % of the plant was marketable, compared with 45 and 60 % for parsley and watercress.

Weight loss

As can be seen in the data shown in Table 2, relating to weight loss, it was found that at 9, 12 and 15 (das) peppermint stored at room temperature presented a continuous weight loss of 44.3 % in relation to that stored in refrigeration (6 and 10 °C), which showed statistically similar values of 2.44 and 2.47 %, respectively (Table 1). This behavior can be closely linked with water loss through transpiration, which is affected by high temperature and low relative humidity conditions (Martínez-Romero *et al.*, 2007; Cuadra-Crespo and del Amor, 2010). In relation to the postharvest life of perishable goods, water vapor pressure deficit is one of the measures that acquires paramount importance, since it measures the difference between the water vapor pressure inside a stored product and in its environment (Ávila *et al.*, 2007). According to Ben-Yehoshua and Rodov, (2003), the higher the vapor pressure deficit (higher gradient), the higher the water losses will be, resulting in weight loss over time. In this regard, Cantwell and Reid (1993), Loaiza and Cantwell (1997) and Cantwell and Reid (2002) report that aromatic herbs like cilantro, mitsuba, dill and mint are highly susceptible to water loss as a result of their high transpiration. When stored at 20 °C, their shelf life is significantly limited.

Total chlorophyll

The rapid deterioration in the external quality traits in the leaves of various agricultural products is often linked with the loss of color pigments such as chlorophyll, among others (Aharoni *et al.*, 1993). Therefore, one of the major goals in using refrigeration is to reduce the degradation of these compounds (Clydesdale, 1998; Shewfelt, 2003; Do Nascimento, 2008). Under the specific conditions generated in this investigation, it was observed that total chlorophyll content presented significant variation in the last three sampling periods (9, 12 and 15 das), when the treatment at 6 °C presented the highest value (9.32 µg·g⁻¹ fresh weight) relative to 10 °C and control treatments (Table 2).

This behavior is commonly linked to the contention, made in various papers, that there is a direct relationship between an increase in storage temperature and the degradation rate of pigments (chlorophylls and carotenoids) that inherently allow leaf and fruit coloration (Brosnan and Sun, 2001; Harpaz-Saad *et al.*, 2007). Refrigeration can be a useful tool because it significantly diminishes this degradation and maintains the visual quality (appearance of freshness and color) of horticultural products (Laurila and Ahve-

estar vinculada con la pérdida de pigmentos de color como la clorofila, entre otros (Aharoni *et al.*, 1993). Por lo tanto, uno de los mayores objetivos en el uso de refrigeración es disminuir la degradación de estos compuestos (Clydesdale, 1998; Shewfelt, 2003; Do Nascimento, 2008). Bajo las condiciones particulares generadas en esta investigación, se pudo observar que el contenido de clorofila total presentó variación significativa en los tres últimos periodos de muestreo (9, 12 y 15 dda), donde el tratamiento a 6 °C presentó el valor más alto (9.32 µg·g⁻¹ de peso fresco) con relación al de 10 °C y testigo (Cuadro 2).

Este comportamiento se encuentra ampliamente vinculado con lo indicado en diversos trabajos donde se sugiere una relación directa entre un incremento de la temperatura de almacenamiento y la tasa de degradación de pigmentos (clorofilas y carotenoides) que en forma intrínse-

nainen, 2002; Shewfelt, 2003; Smith *et al.* 2003), which in the case of fresh herbs such as peppermint is usually one of the most important characteristics (Böttcher *et al.*, 2002).

Moreover, this result was similar to that found in cilantro (*Coriandrum sativum* L.) by Hassan and Mahfouz (2012), who in a study on storage at 5 °C reported that the total chlorophyll content gradually decreased during storage but slowly in comparison with that maintained under ambient conditions. These authors also reported a similar result in basil (*Ocimum basilicum* L.) (Hassan and Mahfouz, 2010).

Carotenoids

With regard to carotenoid content, significant differences ($P \leq 0.05$) were detected for most of the evaluation

CUADRO 2. Contenido de clorofila total, carotenoides y acidez titulable en menta almacenada en refrigeración (6 y 10 °C) y en condiciones de temperatura ambiente.

TABLE 2. Total chlorophyll content, carotenoids and titratable acidity in peppermint stored in refrigeration (6 and 10 °C) and in room temperature conditions.

Temperatura de almacenamiento / Storage temperature (°C)	CT (µg·g ⁻¹ de peso fresco) / TC (µg·g ⁻¹ fresh weight)	C (µg·g ⁻¹ de peso fresco) / (µg·g ⁻¹ fresh weight)	AT ^y (% ácido cítrico) / TA ^y (% citric acid)
0 días de almacenamiento / days of storage			
	11.00*	0.34	0.40
3 días de almacenamiento			
6	11.07 a	0.27 a	1.06 a
10	10.82 a	0.31 a	1.03 a
Ambiente / Room	12.74 a	0.31 a	1.01 a
DMSH / HSD	4.98	0.05	0.23
6 días de almacenamiento / days of storage			
6	10.53 a	0.25 b	1.38 a
10	8.33 a	0.25 b	1.05 b
Ambiente / Room	8.16 a	0.33 a	0.72 c
DMSH / HSD	2.88	0.03	0.30
9 días de almacenamiento / days of storage			
6	9.91 a	0.21 b	1.41 a
10	7.78 b	0.25 ab	0.92 b
Ambiente / Room	6.01 c	0.30 a	0.77 c
DMSH / HSD	1.35	0.05	0.41
12 días de almacenamiento / days of storage			
6	10.27 a	0.17 b	1.62 a
10	5.93 b	0.22 b	1.34 a
Ambiente / Room	4.59 b	0.29 a	0.71 b
DMSH / HSD	2.44	0.06	0.39
15 días de almacenamiento / days of storage			
6	9.32 a	1.15 c	1.44 a
10	5.24 b	1.99 b	0.83 b
Ambiente / Room	3.09 c	2.94 a	0.65 b
DMSH / HSD	0.87	0.26	0.35

*Aquí aún no hay efecto de tratamientos, sólo se reporta media como referencia. ^yMedias con la misma letra dentro de columnas para cada periodo de almacenamiento son iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. ^yCT: Clorofila total; C: Carotenoides; AT: Acidez titulable.

*Here there is still no treatment effect; the mean is reported only as a reference. ^yMeans with the same letter within a column for each storage period are equal (Tukey, $P \leq 0.05$). HSD: Honestly significant difference. ^yTC: Total chlorophyll; C: Carotenoids; TA: Titratable acidity.

ca permiten la coloración de hojas y frutos (Brosnan y Sun, 2001; Harpaz-Saad *et al.*, 2007). El uso de la refrigeración puede ser una herramienta útil, ya que permite disminuir de manera importante esta degradación y mantener la calidad visual (aparición de frescura y de color) de los productos hortofrutícolas (Laurila y Ahvenainen, 2002; Shewfelt, 2003; Smith *et al.* 2003), que en el caso de hierbas frescas como la menta suele ser una de las características más importantes (Böttcher *et al.*, 2002).

Por otra parte, este resultado fue similar a lo encontrado en cilantro (*Coriandrum sativum* L.) por Hassan y Mahfouz (2012), quienes en un trabajo de almacenamiento a 5 °C reportan que el contenido de clorofila total fue disminuyendo gradualmente durante el almacenamiento pero de forma lenta en comparación a la mantenida bajo condiciones ambientales. De igual manera, estos autores también reportan un resultado similar en albahaca (*Ocimum basilicum* L.) (Hassan y Mahfouz, 2010).

Carotenoides

Con relación al contenido de carotenoides, se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) durante la mayor parte del periodo de evaluación. El tratamiento a temperatura ambiente presentó el mayor contenido de estos pigmentos ($2.94 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ PF), excepto a los nueve días donde mostró un comportamiento estadísticamente similar al de 10 °C (Cuadro 2). Esto sugiere que el uso de bajas temperaturas (6 y 10 °C) incide en la disminución de los diversos procesos metabólicos degradativos de los productos perecederos, evitando la pérdida de clorofila, principal pigmento en hojas y frutos inmaduros (Clydesdale, 1998; Do Nascimento, 2008), y de forma paralela también impide la biosíntesis de carotenoides (colores amarillos, naranjas y rojos) (Yamauchi y Watada, 1991). Se ha observado que los carotenoides aparecen lentamente al degradarse el color verde inducido por la presencia de clorofila (Ferrante y Francini, 2006). Lo anterior coincide con lo indicado por Maestrelli (2000) y Shewfelt (2003), quienes indican que el color es un indicador cosmético de la calidad en frutas y hortalizas, el cual sufre relativamente pocas alteraciones durante el almacenamiento. Los cambios que se suscitan son consecuencia de la variación en la composición de los pigmentos naturales, como son las clorofilas, antocianinas y carotenoides, o en el peor de los casos, son ocasionados por reacciones de oscurecimiento enzimático.

Acidez titulable

Se encontró que el uso de bajas temperaturas (6 °C) favoreció un incremento de la acidez titulable (% ácido cítrico), excepto a los doce días de almacenamiento, donde presentó un comportamiento similar al tratamiento a 10 °C con valores de 1.62 y 1.34 % de ácido cítrico, respectivamente. Este resultado puede estar vinculado al efecto de

period. The room temperature treatment had the highest content of these pigments ($2.94 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ FW), except at nine days where it showed a statistically similar behavior to the 10 °C treatment (Table 2). This suggests that using low temperatures (6 and 10 °C) helps decrease the various degradative metabolic processes in perishable products, thereby avoiding the loss of chlorophyll, the primary pigment in immature leaves and fruit (Clydesdale, 1998; Do Nascimento, 2008), and at the same time also prevents biosynthesis of carotenoids (yellow, orange and red colors) (Yamauchi and Watada, 1991). It has been observed that carotenoids appear slowly when degrading the green color induced by the presence of chlorophyll (Ferrante and Francini, 2006). This coincides with the position of Maestrelli (2000) and Shewfelt (2003), who indicate that color is a cosmetic indicator of fruit and vegetable quality, which undergoes relatively little change during storage. The changes that occur are due to variation in the composition of natural pigments, such as chlorophylls, anthocyanins and carotenoids, or in the worst cases are caused by enzymatic browning reactions.

Titratable acidity

It was found that the use of low temperatures (6 °C) favored an increase in titratable acidity (% citric acid), except at twelve days of storage, when it presented a behavior similar to the treatment at 10 °C with values of 1.62 and 1.34 % citric acid, respectively. This result may be linked to the effect of temperature on the decreased intensity of the respiratory process (Do Nascimento and Pierre, 2003), given that during its implementation, and the consequent generation of cellular energy, the sugars contained in the storage organs, such as fruits and roots, are used as main substrates (Davies, 1980; Giovannoni, 2007). Additionally, Nei *et al.* (2005) and Nath *et al.* (2006) report that the carbohydrate concentration in leaves is low, and that by advancing senescence due to the direct effect of ambient temperature, the substrate is exhausted. Because of this, the organic acids are converted into the main respiratory substrate (Peiris *et al.*, 1997; Alvarado *et al.*, 2004). In the same vein, Rogers (1973) and Figueroa *et al.* (2005) mention that in agricultural products whose organ of economic interest is not the fruit but the leaf blade, an important aspect of its deterioration is that an excessive decrease in respiratory substrates is involved. The rate of speed at which this occurs depends in part on the amount of reserves present at harvest.

Hedonic scale

According to the nonparametric Kruskal-Wallis test, it was found that low temperatures (6 and 10 °C) favored ($P \leq 0.05$) a better visual appearance (with values of nine; Table 3) at 6, 9, 12 and 15 days, behavior which may be associated with the decrease in the chlorophyll degradation

la temperatura en la disminución de la intensidad del proceso respiratorio (Do Nascimento y Pierre, 2003), dado que durante su realización, y la consecuente generación de energía celular, se utilizan como sustratos principales los azúcares contenidos en los órganos de almacén como son frutos y raíces (Davies, 1980; Giovannoni, 2007). Adicionalmente, Nei *et al.* (2005) y Nath *et al.* (2006) reportan que en hojas la concentración de carbohidratos es baja, y que al avanzar la senescencia por efecto directo de la temperatura ambiental, este sustrato se agota. Debido a esto, los ácidos orgánicos se convierten en el principal sustrato respiratorio (Peiris *et al.*, 1997; Alvarado *et al.*, 2004). En este mismo sentido, Rogers (1973) y Figueroa *et al.* (2005) mencionan que en los productos agrícolas cuyo órgano de interés económico no es el fruto sino la lámina foliar, un aspecto importante de su deterioro es que se involucra una disminución excesiva de los sustratos respiratorios. La tasa de velocidad con que esto ocurre depende en parte de la cantidad de reservas presentes al momento de ser cosechadas.

rate, and some processes involved with senescence (Laurila and Ahvenainen, 2002; Shewfelt, 2003). This coincides with the findings of Cantwell and Reid (1993), who report that basil stored for 10 days at 10 °C maintained its visual appearance to an excellent degree and remained in good marketing condition.

A key quality trait of fresh herbs is the green color of their leaves (Aharoni *et al.*, 1989), and in this study it was found that from six days, cooling favored the conservation of the green color of the peppermint bunches, in contrast to what was observed in the control treatment where color loss was evident, coupled with the appearance of yellowish colors visible in the last two evaluation periods.

It was found that the room temperature treatment increased leaf fall from the sixth day of storage, and likewise also led to the development of bad odors in the last two samplings. With regard to the presence of rots, no statistical difference was detected among treatments; this may be

CUADRO 3. Promedios de rangos de Kruskal-Wallis en menta almacenada en refrigeración (6 y 10 °C) y en condiciones de temperatura ambiente.

TABLE 3. Kruskal-Wallis range means in peppermint stored in refrigeration (6 and 10 °C) and in room temperature conditions.

Temperatura de almacenamiento / Storage temperature (°C)	AV / VA	EC / CS	A / Y	DMO / DBO	AH / LAL	P / R
0 días de almacenamiento / days of storage						
-	9.00*	5.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3 días de almacenamiento / days of storage						
6	9.00 a	5.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 a
10	9.00 a	5.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 a
Ambiente / Room	9.00 a	3.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 a
6 días de almacenamiento / days of storage						
6	9.00 a	5.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 b	1.00 a
10	9.00 a	5.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 b	1.00 a
Ambiente / Room	9.00 a	2.00 b	1.00 a	1.00 a	2.00 a	2.00 a
9 días de almacenamiento / days of storage						
6	9.00 a	5.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 b	1.00 a
10	9.00 a	5.00 a	1.00 a	2.00 a	1.00 b	1.00 a
Ambiente / Room	3.00 b	1.00 b	3.00 a	2.00 a	2.00 a	2.00 a
12 días de almacenamiento / days of storage						
6	9.00 a	5.00 a	1.00 a	1.00 b	1.00 b	1.00 a
10	9.00 a	4.00 a	1.00 a	2.00 b	1.25 b	1.00 a
Ambiente / Room	1.00 b	1.00 b	5.00 b	5.00 a	3.00 a	2.00 a
15 días de almacenamiento / days of storage						
6	9.00 a	5.00 a	1.00 a	1.00 b	1.00 b	1.00 a
10	9.00 a	4.00 a	1.00 a	2.00 b	1.50 b	1.00 a
Ambiente / Room	1.00 b	1.00 b	5.00 b	5.00 a	3.00	3.00 a

*Aquí aún no hay efecto de tratamientos, solo se reporta rango como referencia. ²Literales corresponden a comparaciones de medias de rangos por tratamientos para un diseño completamente al azar (Conover, 1980). AV: Apariencia visual; EC: Escala de color; A: Amarillamiento; DMO: Desarrollo de malos olores; NAH: Nivel de abscisión de hojas; P: Pudriciones.

*Here there is still no treatment effect; the mean is reported only as a reference. ²Literals correspond to comparisons of range means by treatments for a completely randomized design (Conover, 1980). VA: Visual appearance; CS: Color scale; Y: Yellowing; DBO: Development of bad odors; LAL: Leaf abscission level; R: Rots.

Escala hedónica

De acuerdo con el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis, se encontró que las bajas temperaturas (6 y 10 °C) favorecieron ($P \leq 0.05$) una mejor apariencia visual (con valores de nueve; Cuadro 3), a los 6, 9, 12 y 15 dda, comportamiento que puede estar asociado con la disminución de la tasa de degradación de clorofila, y algunos procesos implicados con la senescencia (Laurila y Ahvenainen, 2002; Shewfelt, 2003). Lo anterior coincide con lo mencionado por Cantwell y Reid (1993), quienes reportan que la albahaca almacenada por 10 días a 10 °C mantuvo su apariencia visual de forma excelente y en buenas condiciones de comercialización.

Una característica fundamental de calidad en las hierbas frescas es el color verde de sus hojas (Aharoni *et al.*, 1989), y en este estudio se detectó que a partir de seis dda el uso de refrigeración favoreció la conservación del color verde de los manojos de menta, en contraste a lo que se observó en el tratamiento testigo donde la pérdida de color fue evidente aunado con la aparición de colores amarillentos mostrado en los dos últimos periodos de evaluación.

Se encontró que el tratamiento a temperatura ambiente incrementó la caída de hojas a partir del día seis de almacenamiento; de igual forma también generó el desarrollo de malos olores en los dos últimos muestreos. En lo que respecta a la presencia de pudriciones, en este trabajo no se logró detectar diferencia estadística entre tratamientos, esto tal vez está asociado con la duración del periodo de almacenamiento (15 dda), el cual pudo ser insuficiente para el desarrollo de los mismos. Cantwell y Reid (1993) y Kenigsbuch *et al.* (2007) indican que como todos los tejidos de hoja verde, las hierbas se afectan negativamente por el etileno, lo que manifiestan con síntomas como amarillamiento, caída de las hojas y epinastia (encurvamiento del pecíolo). Por su parte, Cantwell y Reid (2002) y Böttcher *et al.* (2003) indican que de manera análoga con otros productos perecederos, la temperatura es el factor más importante que afecta la vida de las hierbas frescas. Estos mismos autores señalan que algunas de estas hierbas como la menta son susceptibles a amarillamiento, por lo que siempre debe considerarse su manejo mediante el uso de refrigeración y humedad relativa cercana al punto de saturación (98 a 100 %).

CONCLUSIONES

El uso de refrigeración permitió mantener sin cambios significativos la tasa de respiración y la producción de etileno. De igual manera se logró observar una reducción en los cambios de pérdida de peso, clorofila total, carotenoides, acidez titulable y atributos de apariencia visual requeridos en la comercialización de la menta.

associated with the duration of the storage period (15 das), which could be insufficient for their development. Cantwell and Reid (1993) and Kenigsbuch *et al.* (2007) indicate that like all green leaf tissues, herbs are negatively affected by ethylene, which results in symptoms such as yellowing, leaf fall and epinasty (curvature of the petiole). For their part, Cantwell and Reid (2002) and Böttcher *et al.* (2003) indicate that as is the case with other perishables, temperature is the most important factor affecting the shelf life of fresh herbs. These same authors point out that some of these herbs, like peppermint, are susceptible to yellowing, so their handling through the use of cooling and relative humidity near saturation point (98-100 %) should always be considered.

CONCLUSIONS

Cooling allowed maintaining, without significant changes, respiration rate and ethylene production. Similarly, a decrease was observed in changes related to weight loss, total chlorophyll, carotenoids, titratable acidity and external quality traits required for marketing peppermint.

End of English Version

LITERATURA CITADA

- AHARONI, A.; DVIR, O.; CHALUPOWICZ, D.; AHARON, Z. 1993. Coping with postharvest physiology of fresh culinary herbs. *Acta Horticulturae* 344: 69-77. http://www.actahort.org/books/344/344_8.htm
- AHARONI, N.; REUVENI, A.; DVIR, O. 1989. Modified atmospheres in film packages delay senescence and decay of green vegetables and herbs. *Acta Horticulturae* 258: 255-262. http://www.actahort.org/books/258/258_28.htm
- ALVARADO P., A.; BERDUGO, C. A.; FISCHER, G. 2004. Efecto de un tratamiento de frío (a 1,5 °C) y la humedad relativa sobre las características físico-químicas de frutos de uchuva *Physalis peruviana* L. durante el posterior transporte y almacenamiento. *Agronomía Colombiana* 22(2): 147-159. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/viewFile/17755/18581>
- ANÓNIMO. 1988. Enciclopedia de los municipios de México. Vol. 5. Municipios de Morelos. Secretaría de Gobernación. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. D.F., México. 649 p.
- ANÓNIMO. 1990. Official Methods and Analysis. 14th Ed. Published for the Association of Official Analytical Chemists Inc. Arlington, VA., USA. 1006 p.
- ANÓNIMO. 2002. SAS/STAT user's guide: Statistics, Ver. 9.00. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA. 1503 p.
- ÁVILA R., H. G.; CUSPOCA R., J. A.; FISHER, G.; LIGARRETO M., G. A.; QUICAZAN DE C., M. C. 2007. Caracterización

- fisicoquímica y organoléptica del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) almacenado a 2 °C. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 60(2): 4179-4193. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/viewFile/24466/25058>
- BEN-YEHOSHUA, S.; RODOV, V. 2003. Transpiration and water stress, pp. 1-49. In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables. BARTZ, J. A.; BRENCHE, J. K. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- BÖTTCHER, H.; GÜNTHER, I.; BAUERMANN, U. 1999. Physiological postharvest responses of marjoram (*Majorana hortensis* Moench). Postharvest Biology and Technology 15(1): 41-52. doi: 10.1016/S0925-5214(98)00065-9
- BÖTTCHER, H.; GÜNTHER, I.; FRANKE, R. 2002. Physiological postharvest response of peppermint (*Mentha x piperita* L.) herbs. Gartenbauwissenschaft 67(6): 243-254. http://www.ulmer.de/Artikel.dtl/7204-6-02-4_Mzc0NA.PDF?UID=4AA0B4A1C5C08E135BBF8422BEBE231512D8420F73D4AE95
- BÖTTCHER, H.; GÜNTHER, I.; FRANKE, R.; WARNSTORFF, K. 2001. Physiological postharvest responses of Matricaria (*Matricaria recutita* L.) flowers. Postharvest Biology and Technology 22(1): 39-51. doi: 10.1016/S0925-5214(00)00178-2
- BÖTTCHER, H.; GÜNTHER, I.; KABELITZ, L. 2003. Physiological postharvest responses of Common Saint-John's wort herbs (*Hypericum perforatum* L.). Postharvest Biology and Technology 29(3): 342-351. doi: 10.1016/S0925-5214(03)00057-7
- BROSNAN, T.; SUN, D. W. 2001. Precooling techniques and applications for horticultural products-a review. International Journal of Refrigeration 24(2): 154-170. doi: 10.1016/S0140-7007(00)00017-7
- CALVO-IRABIEN, L. M.; YAM-PUC, J. A.; DZIB, G.; ESCALANTE-EROSA, F.; PEÑA-RODRÍGUEZ, L. M. 2009. Effect of postharvest drying on the composition of Mexican oregano (*Lippia graveolens*) essential oil. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants 15(3): 281-287. doi: 10.1080/10496470903379001
- CANTWELL, M. I.; REID, M. S. 1993. Postharvest physiology and handling of fresh culinary herbs. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants 1(3): 93-127. doi: 10.1300/J044v01n03_09
- CANTWELL, M. I.; REID, M. S. 2002. Postharvest handling systems: fresh herbs, pp. 327-332. In: Postharvest Technology of Horticultural Crops. KADER, A. A. (ed.). University of California. California, USA.
- CLYDESDALE, F. M. 1998. Color: origin, stability, measurement, and quality, pp. 175-190. In: Food Storage Stability. TAUB, I. A.; SINGH, R. P. (eds.). CRC Press. Florida, USA. <http://www.crcnetbase.com/doi/abs/10.1201/9781420048988.ch7>
- COREY, K. A. 1989. Postharvest preservation of fresh herbs, fundamentals and prospects. The Herb, Spice and Medicinal Plant Digest 7(3): 2-4. Cambio de autores: KENNETH, A.; COREY, F. por COREY, K. A.
- CUADRA-CRESPO, P.; DEL AMOR, M. F. 2010. Effects of postharvest treatments on fruit quality of sweet pepper at low temperature. Journal of the Science of Food and Agriculture 90(15): 2716-2722. doi: 10.1002/jsfa.4147
- DJERIDANE, A.; YOUSFI, M.; NADJEMI, B.; BOUTASSOUNA, D.; STOCKER, P.; VIDAL, N. 2006. Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. Food Chemistry 97(4): 654-660. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.04.028
- DAVIES, D. D. 1980. Anaerobic metabolism and the production of organic acids, pp. 581-611. In: The Biochemistry of Plants. Metabolism and Respiration. DAVIES, D. D. (ed.). Academic Press. New York, USA.
- DO NASCIMENTO N., M. C. 2008. Color Atlas of Postharvest: Quality of Fruits and Vegetables. Blackwell Publishing. Singapore. 448 p.
- DO NASCIMENTO N., M. C.; PIERRE, E. J. 2003. Storage temperature, pp. 1-20. In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables. BARTZ, A. J.; BRENCHE, K. J. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- DORMAN, H. J. D.; KOSAR, M.; KAHLOS, K.; HOLM, Y.; HILTUNEN, R. 2003. Antioxidant properties and composition of aqueous extracts from Mentha species, hybrids, varieties, and cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51(16): 4563-4569. doi: 10.1021/jf034108k
- FERRANTE, A.; FRANCINI, A. 2006. Ethylene and leaf senescence, pp. 51-67. In: Ethylene Action in Plants. KHAN, A. N. (ed.). Springer-Verlag. Heidelberg, Germany. doi: 10.1007/978-3-540-32846-9_3
- FIGUEROA, I.; COLINAS, M. T.; MEJIA, J.; RAMÍREZ, F. 2005. Postharvest physiological changes in roses of different vase life. Ciencia e Investigación Agraria 32(3): 167-176.
- GIOVANNONI, J. J. 2007. Fruit ripening and its manipulation, pp. 278-295. In: Annual Plant Reviews. Volume 26. Senescence Processes in Plants. GAN, S. (ed.). Blackwell Publishing, Ltd. Oxford, UK. doi: 10.1002/9780470988855.ch12
- HARPAZ-SAAD, S.; AZOULAY, T.; ARAZI, T.; BEN-YAAKOV, E.; METT, A.; SHIBOLETH, Y. M.; HÖRTENSTEINE, S.; GIDONI, D.; GAL-ON, A.; GOLDSCHMIDT, E. E.; EYAL, Y.; 2007. Chlorophyllase is a rate-limiting enzyme in chlorophyll catabolism and is posttranslationally regulated. Plant Cell 19(3): 1007-1022. doi: 10.1105/tpc.107.050633
- HASSAN, F. A. S.; MAHFOUZ, S. A. 2012. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the postharvest senescence of coriander leaves during storage and its relation to antioxidant enzyme activity. Scientia Horticulturae 141: 69-75. doi: 10.1016/j.scienta.2012.04.021
- HASSAN, F. A. S.; MAHFOUZ, S. A. 2010. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on sweet basil leaf senescence and ethylene production during shelf-life. Postharvest Biology and Technology 55(1): 61-65. doi: 10.1016/j.postharvbio.2009.07.008
- HRUSCHKA, H. W.; WANG, C. Y. 1979. Storage and Shelf Life of Packaged Watercress, Parsley, and Mint. United States Department of Agriculture, Science and Education Administration. Marketing. Research Report. 35 p.
- KANATT, R. S.; CHANDER, R.; SHARMA, A. 2007. Antioxidant potential of mint (*Mentha spicata* L.) in radiation-processed

- lamb meat. *Food Chemistry* 100(2): 451-458. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.09.066
- KENIGSBUCH, D.; CHALUPOWICZ, D.; AHARON, Z.; MAURER, D.; AHARONI, N. 2007. The effect of CO₂ and 1-methylcyclopropene on the regulation of postharvest senescence of mint, *Mentha longifolia* L. *Postharvest Biology and Technology* 43(1): 165-173. doi: 10.1016/j.postharvbio.2006.08.003
- LAURILA, E.; AHVENAINEN, R. 2002. Minimal processing in practice: fresh fruits and vegetables, pp. 219-244. In: *Minimal Processing Technologies in the Food Industry*. OHLSSON, T.; BENGTSSON, N. (eds.). Woodhead Publishing, Ltd. Cambridge, England.
- LEWERS, S. K.; LUO, Y.; VINYARD, T. B. 2012. Evaluating strawberry breeding selections for postharvest fruit decay. *Euphytica* 186(2): 539-555. doi: 10.1007/s10681-012-0654-8
- LICHTENTHALER, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids, Pigments of photosynthetic biomembranes, pp. 350-382. In: *Methods in Enzymology* Vol. 148. PACKER, L.; DONCE, R. (eds.). Academic Press Inc. New York, USA. doi: 10.1016/0076-6879(87)48036-1
- LOAIZA, J.; CANTWELL, M. I. 1997. Postharvest physiology and quality of cilantro (*Coriandrum sativum* L.). *HortScience* 32(1): 104-107. <http://hortsci.ashspublications.org/content/32/1/104.full.pdf+html>
- LOW, D. T. 2006. A reason to season: the therapeutic benefits of spices and culinary herbs. *Explore* 2(5): 446-448. doi:10.1016/j.explore.2006.06.010
- MAESTRELLI, A. 2000. Fruit and vegetables: the quality of raw material in relation to freezing, pp 27-55. In: *Managing Frozen Foods*. KENNEDY J., C. (ed.). Woodhead Publishing Limited. Cambridge, England.
- MARTÍNEZ-DAMIÁN, M. T.; CANTWELL D. T., M. 2002. Cambios de calidad en espinaca almacenada en atmosferas controladas. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 8(1): 49-62. <http://www.chapingo.mx/revistas/viewpdf/?id=Mjg5>
- MARTÍNEZ-ROMERO, D.; BAIEN, G.; SERRANO, M.; GUILLÉN, F.; VALVERDE, J. M.; ZAPATA, P.; CASTILLO, S.; VALERO, D. 2007. Tools to maintain postharvest fruit and vegetable quality through the inhibition of ethylene action: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 47(6): 543-560. doi: 10.1080/10408390600846390
- MILIAUSKAS, G.; VENSKUTONIS, P. R.; VAN BEEK, T. A. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry* 85(2): 231-237. doi: 10.1016/j.foodchem.2003.05.007
- MIMICA-DUKIN, N.; BOZIN, B. 2008. *Mentha* L. species (Lamiaceae) as promising sources of bioactive secondary metabolites. *Current Pharmaceutical Design* 14(29): 3141-3150. doi: 10.2174/138161208786404245
- NATH, P.; TRIVEDI, P. K.; SANE, V. A.; SANE, A. P. 2006. Role of ethylene in fruit ripening, pp. 151-184. In: *Ethylene Action in Plants*. KHAN, N. A. (ed.). Springer-Verlag. Heidelberg, Germany. doi: 10.1007/978-3-540-32846-9_8
- NEI, D.; UCHINO, T.; SAKAI, N.; TANAKA, S.-I. 2005. Effect of high temperature on the apparent activation energy of respiration of fresh produce. *Postharvest Biology and Technology* 37(3): 277-285. doi: 10.1016/j.postharvbio.2005.05.001
- NICKAVAR, B.; ALINAGHI, A.; KAMALINEJAD, M. 2008. Evaluation of the antioxidant properties of five *Mentha* species. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research* 7(3): 203-209. http://ijpr.sbm.ac.ir/?_action=articleInfo&article=766
- PEIRIS, K. H. S.; MALLON, J. L.; KAYS, S. J. 1997. Respiratory rate and vital heat of some specialty vegetables at various storage temperatures. *HortTechnology* 7(1): 46-49. <http://horttech.ashspublications.org/content/7/1/46.full.pdf+html>
- RENNIE, T. J.; VIGNEAULT, C.; DEELL, J. R.; VIJAYA, R. G. S. 2003. Cooling and storage, pp. 505-538. In: *Postharvest Technology: Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices*. CHAKRAVERTY, A.; MUJUMDAR, S. A.; RAGHAVAN, S. G. V.; RAMASWAMY, H. S. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- ROGERS, M. N. 1973. An historical and critical review of postharvest physiology research on cut flowers. *HortScience* 8(3): 189-194.
- ROSELLO, S.; ADALID, A. M.; CEBOLLA-CORNEJO, J., NUEZ, F. 2011. Evaluation of the genotype, environment and their interaction on carotenoid and ascorbic acid accumulation in tomato germoplasm. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91 (6): 1014-1021. doi: 10.1002/jsfa.4276
- SHEWFELT, L. R. 2003. Color, pp. 313-323. In: *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. BARTZ, J. A.; BRENCHT, J. K. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- SMITH, J. P.; RAMASWAMY, H. S.; RAGHAVAN, G. S. V.; RANGANNA, B. 2003. Packaging of fruits and vegetables, pp. 539-553. In: *Handbook of Postharvest Technology. Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices*. CHAKRAVERTY, A.; MUJUMDAR, A. S. R.; RAGHAVAN, G. S. V.; RAMASWAMY, S. H. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA. doi: 10.1201/9780203911310.ch19
- THOMPSON, A. K. 2003. *Fruit and Vegetables: Harvesting, Handling and Storage*. Blackwell Publishing, Ltd. New York, USA. 482 p.
- VERMA, R. S.; RAHMAN, L.; VERMA, R. K.; CHAUHAN, A. KADAV, A. K.; SINGH, A. 2010. Essential oil composition of menthol mint (*Mentha arvensis*) and peppermint (*Mentha piperita*) cultivars at different stages of plant growth from Kumaon region of western Himalaya. *Open Access Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 1(1): 13-18. <http://epubs.icar.org.in/ejournal/index.php/JMAP/article/view/4375/1711>
- YAMAUCHI, N.; WATADA, A. E. 1991. Regulated chlorophyll degradation in spinach leaves during storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 116(1): 58-62. <http://journal.ashspublications.org/content/116/1/58.full.pdf+html>
- ZHENG, W.; WANG, S. Y. 2001. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 49(11): 5165-5170. doi: 10.1021/jf010697n