

CALIDAD POSCOSECHA DE ALBAHACA ‘NUFAR’ (*Ocimum basilicum* L.) EN CONDICIONES DE REFRIGERACIÓN

**Eduardo López-Blancas¹; María Teresa Martínez-Damián^{1*};
María Teresa Colinas-León¹; Juan Martínez Solís¹; Juan Enrique Rodríguez-Pérez¹**

¹Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO. Correo-e: teremd13@gmail.com (*Autor para correspondencia).

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la refrigeración en la calidad poscosecha de albahaca ‘Nufar’. Albahaca empacada en película plástica, se almacenó a 5, 10 y 20 °C, por 18 días. Durante este período cada dos días se evaluaron: color (L, C, °h), sólidos solubles totales, acidez titulable, pérdida de peso, tasa de respiración, producción de etileno, clorofilas totales, carotenoides totales y vitamina C. Mediante una escala hedónica se evaluó: apariencia visual, turgencia, pudrición y aroma característico de albahaca. Los tratamientos de refrigeración conservaron el color hasta los 12 días de almacenamiento (DDA). En 5 y 10 °C el contenido de azúcares disminuyó a los 14 y 10 DDA, respectivamente. En 5 °C hubo menor acidez titulable y pérdida de peso y mayor tasa respiratoria, la producción de etileno fue baja hasta los 12 DDA; asimismo, preservó el mayor contenido de clorofilas y carotenoides, aunque, la vitamina C solo se conservó hasta los 4 DDA. Bajo refrigeración la apariencia visual y turgencia fue muy buena hasta los 10 y 12 DDA, respectivamente, las pudriciones fueron mayores de 10 % después de 10 DDA. El aroma característico fue perceptible hasta los 14 DDA. El almacenamiento a 5 y 10 °C, prolongó la calidad poscosecha de albahaca ‘Nufar’ durante 10 y 14 DDA respectivamente, mientras que a 20 °C, ésta solo se mantuvo por 4 DDA.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Almacenamiento, evaluaciones fisicoquímicas, fisiológicas y bioquímicas, escala hedónica, nutrición.

BASIL ‘NUFAR’ (*Ocimum basilicum* L.) POST-HARVEST QUALITY UNDER REFRIGERATION

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the refrigeration effect on postharvest quality of basil ‘Nufar’. Basil previously packed in plastic film, was stored at 5, 10 and 20 °C, for 18 days. The variables color (L, C, °h), total soluble solids, titratable acidity, weight loss, respiration rate, ethylene production, total chlorophyll, total carotenoids and vitamin C were evaluated, every two days, during the storage period. Visual appearance, turgor, rottenness and aroma of basil were evaluated using a hedonic scale. Refrigeration treatments retained the color until 12 days of storage (DOS). Sugar content decreased at 14 and 10 DOS, respectively, at 5 and 10 °C. Titratable acidity and weight loss were low and respiratory rate increased, ethylene production was low until 12 DOS at 5 °C; moreover it preserved the highest content of chlorophyll and carotenoids, although vitamin C was retained only until 4 DOS. Visual appearance and turgor were very good until 10 and 12 DOS, respectively; rottenness was greater than 10 % after 10 DOS, under refrigeration. The aroma was perceptible until 14 DOS. Storage at 5 and 10 °C, extended the postharvest quality of basil ‘Nufar’ during 10 and 14 DOS respectively, while at 20 °C, basil lasted only 4 DOS.

ADDITIONAL KEYWORDS: Storage, physicochemical, physiological and biochemical evaluations, hedonic scale, nutrition.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la albahaca (*Ocimum basilicum* L.) es una de las hierbas culinarias más populares (Kopsell *et al.*, 2005) utilizada para contribuir al aroma y gusto de los alimentos (Cantwell y Reid, 2007). Se ha cultivado desde hace siglos por sus cualidades de sabor y propiedades terapéuticas, se usan las hojas frescas o secas, al igual que sus aceites esenciales y semillas (Kopsell, 2005). En la medicina tradicional se emplea en la elaboración de fitofármacos (Hernández, 2001). En México, es la hierba aromática de mayor producción (ANÓNIMO, 2012).

Las hierbas frescas son cada vez más demandadas, debido a su sabor intenso cuando están recién cosechadas (Cantwell y Reid, 2007). No obstante, al igual que otras hierbas de hoja, la albahaca no puede mantenerse durante mucho tiempo después de la cosecha ya que su calidad disminuye; aún así, es posible prolongar su vida de anaquel al reducir su metabolismo y deshidratación (Martínez, 2007), para lo cual se recomienda que su transportación y almacenamiento se realice en condiciones de refrigeración (Cantwell y Reid, 2007); aunque presenta daños por frío si se almacena en temperaturas menores de 5 °C por más de tres días ya que se reduce considerablemente su aroma. Sin embargo, cuando se almacena por 12 días a 15 °C o por 8 días a 5 °C, su calidad se mantiene en condiciones óptimas (Lange y Cameron, 1994; Cantwell y Reid, 2007; Núñez *et al.*, 2012).

Por otra parte, el empaque en películas plásticas evita la pérdida de agua y además provee una atmósfera donde las hierbas frescas responden favorablemente a la reducción de O₂ e incremento en las concentraciones de CO₂ (Cantwell y Reid, 2007). En el empacado de unidades de consumo o preempacado, el producto se pesa y se envasa en charolas, o en bolsas, ya sea de polietileno o de papel (selladas o perforadas) hasta llegar al consumidor final (Shafiur, 2003).

Actualmente la conservación de la salud es de gran interés, es por ello que se recomienda el consumo de plantas frescas como fuente de antioxidantes naturales, ya que estudios epidemiológicos sugieren que el consumo de alimentos ricos en estos compuestos puede reducir el riesgo de cáncer y enfermedades cardiovasculares; esto ha motivado el reemplazo de antioxidantes sintéticos debido a las restricciones de carcinogenicidad que presentan para ser usados en alimentos (Zheng y Wang, 2001).

La presencia natural de antioxidantes retarda el daño oxidativo que afecta a lípidos y proteínas de las plantas, también ayuda a mantener las cualidades de color, sabor y aroma, caracteres de gran importancia que influyen en la vida poscosecha del producto y su valor comercial (Speisky *et al.*, 2006).

Las hierbas y especias son una fuente potencial de vitamina C y de otros compuestos antioxidantes como los carotenoides (Arcila *et al.*, 2004), sustancias que les confieren la caracterís-

INTRODUCTION

Basil (*Ocimum basilicum* L.) is one of the most popular culinary herbs (Kopsell *et al.*, 2005) used to contribute to the aroma and flavor of food (Cantwell and Reid, 2007) at global level. Basil has been cultivated for centuries due to the taste qualities and therapeutic properties; its fresh or dried leaves, essential oils and seeds are used (Kopsell, 2005). In traditional medicine, basil is used in the manufacture of herbal medicines (Hernández, 2001). Basil is the aromatic herb with greater production (ANÓNIMO, 2012).

Fresh herbs are increasingly in demand because of their intense flavor when they are freshly harvested (Cantwell and Reid, 2007). However, like other leafy herbs, basil could not be kept for a long time after harvest because its quality deteriorates; still, it is possible to prolong its shelf life by reducing its metabolism and dehydration (Martínez, 2007), for which it is recommended that transportation and storage is performed under refrigeration (Cantwell and Reid, 2007); although basil shows chilling damage by the cold if it is stored at temperatures below 5 °C for more than three days because the aroma is reduced. However, when basil is stored for 12 days at 15 °C or for 8 days at 5 °C, quality remains in optimal conditions (Lange and Cameron, 1994; Cantwell and Reid, 2007; Núñez *et al.*, 2012).

Moreover, to use plastic film as packing prevents water loss and also provides an atmosphere in which fresh herbs respond favorably to the reduction of O₂ and increase in CO₂ concentrations (Cantwell and Reid, 2007). In the packaging of prepackaged of consumption units, the product is weighed and packaged on trays, or in bags made of paper or polyethylene (sealed or perforated) until the final consumer (Shafiur, 2003).

Nowadays, health maintenance is of great interest, and for this reason, the consumption of fresh plants as a source of natural antioxidants is recommended because epidemiological studies suggest that consumption of foods rich in these compounds may reduce the risk of cancer and cardiovascular diseases; this has motivated the replacement of synthetic antioxidants due to the restrictions of carcinogenicity presented to be used in foods (Zheng and Wang, 2001).

The natural presence of antioxidants delays the oxidative damage affecting lipids and proteins of plants, and also helps maintain the qualities of color, flavor and aroma, characters of great importance influencing the postharvest life of the product and its commercial value (Speisky *et al.*, 2006).

Herbs and spices are a potential source of vitamin C and other antioxidant compounds such as carotenoids (Arcila *et al.*, 2004), substances that confer the feature of nutraceutical and functional food (Franke *et al.*, 2004; Sahlin *et al.*, 2004). In this context, the content of ascorbic acid can be used as

tica de alimento nutraceutico y funcional (Franke *et al.*, 2004; Sahlin *et al.*, 2004). En este contexto, el contenido de ácido ascórbico puede ser utilizado como indicador de la calidad nutricional de los alimentos, y al igual que los carotenoides, actúan como potentes antioxidantes que protegen a las células de los efectos de radicales libres y ayuda a reducir la sensibilidad de la piel hacia los rayos ultravioleta (Borges *et al.*, 2004).

Debido a que la temperatura de almacenamiento es uno de los factores más importantes para preservar la calidad de albahaca, y puesto que un manejo inadecuado como el almacenamiento a temperaturas menores de 5 °C le genera daños por frío (Cantwell y Reid, 2007), se planteó como objetivo de esta investigación evaluar el efecto de tres temperaturas de refrigeración (5, 10 y 20 °C) sobre características fisicoquímicas (color, sólidos solubles totales, acidez titulable), fisiológicas (pérdida de peso, tasa de respiración, producción de etileno), bioquímicas (clorofilas totales, carotenoides totales, vitamina C) y sensoriales (apariencia visual, pérdida de turgencia, pudrición, presencia de aroma) en la prolongación de la vida poscosecha de albahaca 'Nufar', previamente empacada en bolsas de polietileno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

El material vegetal fue Albahaca 'Nufar', con calidad de exportación, proporcionado por la empresa Glezte S.P.R. de R.L., localizada en Axochiapan, Morelos. Tallos secundarios (ramas o ramilletes) de albahaca se preempacaron en bolsas de polietileno de baja densidad de 40 x 60 cm con seis perforaciones de 0.5 cm de diámetro por lado, con un peso de 250 g cada una.

Ubicación del experimento y tratamientos

El experimento y la determinación de variables se realizaron en el Laboratorio de Usos Múltiples de la Universidad Autónoma Chapingo.

Los empaques de albahaca se almacenaron durante 18 días en dos cámaras frigoríficas a temperaturas de 5 y 10 °C y a temperatura ambiente (20 ± 2 °C).

La unidad experimental consistió en un empaque con 250 g de hojas y se empleó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. Durante el período de almacenamiento cada dos días se realizó la determinación de las variables respuesta.

Variables fisicoquímicas

Color, se determinó brillantez, pureza del color y ángulo de tono, los valores se obtuvieron directamente con un espectrofotómetro (X-Rite SP62); las lecturas se tomaron en el haz de tres hojas maduras de tres ramas. Sólidos solubles

an indicator of the nutritional quality of the food, and like carotenoids, act as potent antioxidants protecting cells from the effects of free radicals and helps to reduce skin sensitivity to ultraviolet rays (Borges *et al.*, 2004).

Because the storage temperature is one of the most important factors to preserve the quality of basil, and since improper handling, for example, storage at temperatures below 5 °C produces chilling injury (Cantwell and Reid, 2007), we proposed as aim of this study to evaluate the effect of three refrigeration temperatures (5, 10 and 20 °C) on physicochemical (color, total soluble solids, titratable acidity), physiological (weight loss, respiration rate, ethylene production), biochemical (total chlorophyll, total carotenoids, vitamin C) and sensory characteristics (visual appearance, loss of turgor, rottenness, presence of aroma) in prolonging postharvest life of basil 'Nufar', pre-packed in polyethylene bags.

MATERIALS AND METHODS

Plant Material

The plant material was Basil 'Nufar', with export quality, provided by the company Glezte S.P.R. de R.L., located at Axochiapan, Morelos. Secondary stems (branches or clusters) of basil were pre-packed in low density polyethylene bags of 40 x 60 cm with six holes of 0.5 cm of diameter per side, with a weight of 250 g each.

Site of the experiment and treatments

The experiment and determination of variables were performed at the Laboratory of multiple uses of the University of Chapingo.

Basil packages were stored for 18 days in two cold rooms at 5 and 10 °C and at room temperature (20 ± 2 °C).

The experimental unit was a package with 250 g of leaves and we used a completely randomized experimental design with four replications. During the storage period every other day the determination of the response variables was performed.

Physicochemical variables

Color: brightness, chroma and hue angle were determined, the values were obtained directly using a spectrophotometer (X-Rite SP62); readings were taken on the upper face of three mature leaves of three branches. Total soluble solids (TSS) and titratable acidity (TA) were assessed according to ANÓNIMO (1990). TSS were determined with a digital refractometer (ATAGO Pal-1), wherein three or four drops of juice of 5 g of macerated leaves with homogenizer were added, data was reported in °Brix. TA was assessed by titration, for which 5 g of leaf were liquefied in 25 ml of distilled water, then an aliquot of 5 ml was taken to be valued

totales (SST) y acidez titulable (AT), evaluados según ANÓNIMO (1990). Los SST se determinaron con un refractómetro digital (ATAGO Pal-1), en el cual se colocaron 3 o 4 gotas del jugo de 5 g de hojas maceradas con homogeneizador, los datos se reportaron en °Brix. La AT fue valorada por titulación, para lo cual, se licuaron 5 g de hoja en 25 ml de agua destilada, en seguida se tomó una alícuota de 5 ml para ser valorada con NaOH (0.1 N) y fenolftaleína como indicador; los datos se expresaron en porcentaje de ácido cítrico.

Variables fisiológicas

Pérdida de peso, se evaluó por medio de una balanza digital (OHAUS); los datos del porcentaje de pérdida de peso se obtuvieron por diferencia entre el peso inicial y final en cada día de evaluación, con la fórmula: % de pérdida de peso = (peso inicial - peso final) / peso inicial x 100. Tasa de respiración y producción de etileno, se determinó a través de un sistema cerrado con 50 g de hojas, del cual después de una hora, se tomó 1 ml del espacio de cabeza. Posteriormente, la muestra se inyectó, con una aguja hipodérmica, en un cromatógrafo de gases (VARIANT-3400) acondicionado con una columna Porapak $^{80}/_{100}$ de 2 mm x $1/8$ " y con 2 detectores, para CO₂ el detector de conductividad térmica (TCD) y para etileno el detector de ionización de flama (FID), manteniendo 150 °C en el inyector, 80 °C en el horno, 170 °C en el TCD y 250 °C en el FID y con 32.3 ml·min⁻¹ del flujo de He como gas acarreador. Como estándar se utilizó CO₂ (399 mg·litro⁻¹) y etileno (103 mg·litro⁻¹) (INFRA).

Variables bioquímicas

Estas variables se determinaron con un espectrofotómetro Génesis (10-UV): Las concentraciones de clorofilas totales y carotenoides totales, se determinaron por el método de Lichtenthaler (1987), 0.5 ml de extracto de acetona (2 g de hojas·10 ml de acetona⁻¹), se diluyeron en 20 ml de acetona pura, las lecturas se realizaron a 662, 645 y 470 nm. Las concentraciones se calcularon con las siguientes fórmulas: Clorofila a = $11.24A_{661.6} - 2.04A_{644.8}$; Clorofila b = $20.13A_{644.8} - 4.19A_{661.6}$; Clorofila total = $7.05A_{661.6} + 18.09A_{644.8}$; Carotenos = $(1000 A_{470} - 1.90 C_a - 63.14 C_b) / (214)$. La concentración de vitamina C, se determinó por el método del ácido metafosfórico (ANÓNIMO, 1990), 0.2 ml de extracto de ácido metafosfórico (2 g de hojas·4 ml⁻¹), se diluyeron en 1.3 ml de agua destilada y se adicionaron 5 ml de 2,6-Diclorofenol indofenol, las lecturas se realizaron a 515 nm, posteriormente se adicionaron 2 o 3 cristales de ácido ascórbico puro y nuevamente se tomó la lectura.

Evaluación sensorial

Se realizó mediante una escala hedónica que valoró ciertas características cualitativas de la planta (Núñez *et al.*, 2012). La medición se realizó por observación con el apoyo de una fotografía inicial de la muestra para distinguir las diferencias durante el tiempo de almacenamiento. Las variables

with NaOH (0.1 N) and phenolphthalein as indicator; data were expressed as percentage of citric acid.

Physiological variables

Weight loss was evaluated by means of a digital scale (OHAUS); weight loss percentage data were obtained by difference between the initial and final weight of each day of assessment, using the formula: % of weight loss = (initial weight - final weight) / initial weight x 100. Respiration rate and ethylene production were determined through a closed system with 50 g of leaves, from which after one hour, 1 ml of headspace was taken. Then, the sample was injected using a hypodermic needle, into a gas chromatograph (VARIANT-3400) conditioned with a column Porapak $^{80}/_{100}$ of 2 mm x $1/8$ " and two detectors, for CO₂ the thermal conductivity detector (TCD) and for ethylene, the flame ionization detector (FID), keeping the 150 °C in the injector, 80 °C in the oven, 170 °C in TCD and 250 °C in the FID and with 32.3 ml·min⁻¹ of flow of He as carrier gas. CO₂ (399 mg·liter⁻¹) and ethylene (103 mg·liter⁻¹) (INFRA) were used as standard.

Biochemical variables

These variables were determined with a Genesis spectrophotometer (10-UV): concentrations of total chlorophyll and total carotenoids were determined by the method of Lichtenthaler (1987), 0.5 ml of acetone extract (2 g of leaves·10 ml of acetone⁻¹), was diluted in 20 ml of pure acetone, the readings were made at 662, 645 and 470 nm. Concentrations were calculated using the following formulas: Chlorophyll a = $11.24A_{661.6} - 2.04A_{644.8}$; Chlorophyll b = $20.13A_{644.8} - 4.19A_{661.6}$; Total Chlorophyll = $7.05A_{661.6} + 18.09A_{644.8}$; Carotene = $(1000 A_{470} - 1.90 C_a - 63.14 C_b) / (214)$. The concentration of vitamin C was determine with the method of metaphosphoric acid (ANÓNIMO, 1990), 0.2 ml of metaphosphoric acid extract (2 g of leaves·4 ml⁻¹) were diluted in 1.3 ml of distilled water and 5 ml of 2,6-dichlorophenol indophenol were added; readings were performed at 515 nm, then, 2 or 3 pure ascorbic acid crystals were added and the reading was taken again.

Sensory evaluation

It was performed using a hedonic scale that assessed certain qualitative characteristics of the plant (Núñez *et al.*, 2012). The measurement was performed by observation with the support of an initial picture of the sample to distinguish differences in the storage time. The variables were visual appearance and loss of turgor (1=poor, 2=fair, 3=good, 4=very good, 5=excellent) and rottenness (0=0, 1=10, 2=20, 3=30, 4=40, 5=50 %); furthermore, the presence of the basil aroma (1= with, 2= without) was evaluated.

The data obtained were subjected to ANOVA and Tukey test ($\alpha=0.05$) using the SAS[®] program. The data obtained from

fueron apariencia visual y pérdida de turgencia (1=mala, 2=regular, 3=buena, 4=muy buena, 5=excelente) y pudrición (0=0, 1=10, 2=20, 3=30, 4=40, 5=50 %); adicionalmente se evaluó la presencia de aroma característico de albahaca (1=con, 2=sin).

Los datos obtenidos se sometieron a ANAVA y prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) con el programa SAS. Los datos obtenidos de la evaluación hedónica se analizaron por medio de la prueba de Kruskal-Wallis, con el programa InfoStat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables fisicoquímicas

El factor más importante en la calidad de las hierbas frescas además de la "frescura", es el color verde de sus hojas (Aharoni *et al.*, 1989), ya que este atributo influye en el comportamiento de percepción, elección y compra del producto (Pathare, 2013). A los 6 días de almacenamiento (DDA), en la brillantez (*L) se presentaron diferencias estadísticas entre el tratamiento de 5 °C (40.3) con los de 10 y 20 °C (42.1 y 42.5), estos últimos estadísticamente iguales (Figura 1). Este comportamiento implicó que a menor temperatura (5 °C) disminuye el brillo de las hojas, como en hongos comestibles, donde la disminución de *L indicó el oscurecimiento de los mismos (Campo y Gélvez, 2011).

De la misma manera, a 8 y 10 DDA, los valores de *L disminuyeron en los tratamientos de 5 y 10 °C (40.2 y 40.4) con respecto al de 20 °C (42.2), estadísticamente diferente a los de refrigeración. Este decremento de los valores de *L en el tratamiento de 5 °C, indica un síntoma inicial de daño por frío inducido (Cantwell y Redi, 2006). Por el contrario en el caso de cilantro y espinaca, la brillantez incrementó al disminuir la temperatura, probablemente debido a que estas hierbas no son sensibles a bajas temperaturas (5 °C) o por el uso de atmósferas controladas (Loaiza y Cantwell, 1997; Martínez y Cantwell, 2002).

Por otra parte, Pathare *et al.* (2013) mencionan que la variedad de índices utilizados para caracterizar el color de alimentos frescos, hace difícil la comparación de resultados, incluso para el mismo tipo de producto. En el caso de la pureza del color (*C), de 2 a 12 DDA los tratamientos de refrigeración fueron estadísticamente iguales entre ellos y diferentes al tratamiento de 20 °C. Esta temperatura de almacenamiento presentó el mayor valor de *C que aumento durante los DDA, implicando mayor intensidad del color percibido por los seres humanos (Pathare *et al.*, 2013). Posteriormente, a los 14 y 16 DDA los tratamientos de 5 y 10 °C fueron estadísticamente diferentes entre ellos (Figura 1). Los valores del ángulo de tono (°h), permanecieron constantes en los tratamientos de 5 y 10 °C hasta los 8 DDA; y entre 8 y 12 DDA, fueron estadísticamente diferentes con respecto al de 20 °C, el cual presentó durante el almacenamiento los menores valores (Figura 1).

the hedonic evaluation were analyzed by the Kruskal-Wallis test, using the InfoStat™ program.

RESULTS AND DISCUSSION

Physicochemical variables

The most important quality of fresh herbs in addition to the "coolness", is the green color of the leaves (Aharoni *et al.*, 1989), because this attribute affects the behavior of perception, selection and purchase of the product (Pathare, 2013). After 6 days of storage (DOS), brightness (*L) showed statistical differences between the treatment at 5 °C (40.3) compared to the treatments at 10 and 20 °C (42.1 and 42.5), these last two treatments were statistically equal (Figure 1). This behavior implied that at lower temperature (5 °C) decreases the brightness of the leaves, like in edible fungi, where lower *L indicated fungi darkening (Campo and Gélvez, 2011).

In a very equal way, at 8 and 10 DOS, *L values decreased at 5 to 10 °C (40.2 and 40.4) compared to 20 °C (42.2), statistically different from those of refrigeration. The decrease of *L values at 5 °C, indicates an initial symptom of induced chilling injury (Cantwell and Redi, 2006). On the contrary, in the case of coriander and spinach, the brightness increased as the temperature decreases, probably because these herbs are not sensitive to low temperatures (5 °C) or due to the use of controlled atmosphere (Loaiza and Cantwell, 1997; Martínez and Cantwell, 2002).

Moreover, Pathare *et al.* (2013)) mention that the variety of indices used to characterize the color of fresh food, makes it difficult to compare results, even for the same type of product. In the case of the chroma (*C); from 2 to 12 DOS, refrigeration treatments were statistically equal between them and different compared to 20 °C. This storage temperature had the highest value of *C which increased during the DOS, implying higher color intensity perceived by humans (Pathare *et al.*, 2013). Subsequently, at 14 and 16 DOS, treatments at 5 and 10 °C were statistically different (Figure 1). Hue angle (°h) values, remained constant for treatments at 5 and 10 °C until 8 DOS; and between 8 and 12 DOS, were statistically different compared to that at 20 °C, which had the lowest values during storage (Figure 1).

From 14 to 18 DOS, values decreased in the case of refrigeration treatments and statistical differences between these treatments were observed. The decrease observed in °h during storage agrees with the behavior of fresh culinary herbs such as watercress, chives, chard, dill and parsley (Aharoni *et al.*, 1989; Apeland, 1971). Although brightness and chroma decreased with the effect of temperature at 5 and 10 °C, they helped maintain higher values of hue angle during the DOS, indicating a permanence of green color in the leaves, coupled with the conservation of chlorophylls and carotenoids at such temperatures (Figure 3).

Posteriormente, de 14 a 18 DDA los valores disminuyeron en los tratamientos de refrigeración y hubo diferencias estadísticas entre dichos tratamientos. El decremento observado en °h durante el almacenamiento, coincide con el comportamiento de hierbas frescas culinarias como berros, cebollín, acelga, eneldo y perejil (Aharoni *et al.*, 1989; Apeland, 1971). Aunque la brillantez y pureza del color disminuyeron por el efecto de la temperatura de 5 y 10 °C, éstas contribuyeron a mantener los valores más altos del ángulo de tono durante los DDA, lo que indica una permanencia del color verde en las hojas, aunado a la conservación de clorofilas y carotenoides a dichas temperaturas (Figura 3).

En lo que respecta al contenido de sólidos solubles totales (SST), a los 8 y 10 DDA, los tratamientos de refrigeración presentaron valores de °Brix estadísticamente inferiores con respecto al de 20 °C (Figura 1). Ésto pudo deberse a que los azúcares son el principal sustrato consumido en el metabolismo respiratorio (Nei *et al.*, 2005) y dichos tratamientos

With respect to the content of total soluble solids (TSS), at 8 and 10 DOS, refrigeration treatments had °Brix values statistically lower compared to those of the treatment at 20 °C (Figure 1). This could be because sugars are the main substrate consumed in the respiratory metabolism (Nei *et al.*, 2005) and these treatments had a higher respiratory rate (Figure 2). At 12 DOS, the values increased in the treatment at 10 °C and statistical differences were observed among the three treatments (Figure 1); however, TSS decreased until 14 DOS at 5 °C, probably because senescence is an oxidative process in which the few sugars and acids contained in the leaves degrade (Shewfelt and Ruckner, 2003).

Basil is a succulent herb without storage tissues for the accumulation of sugars (Cantwell and Reid, 1993), just as in the case of fruits. So, starch is the main nonstructural carbohydrate storage (Büchi *et al.*, 1998). Moreover, the increase in °Brix content at 8, 12 and 16 DOS in treatments at 20, 10 and 5 °C respectively, may be because the plants lose

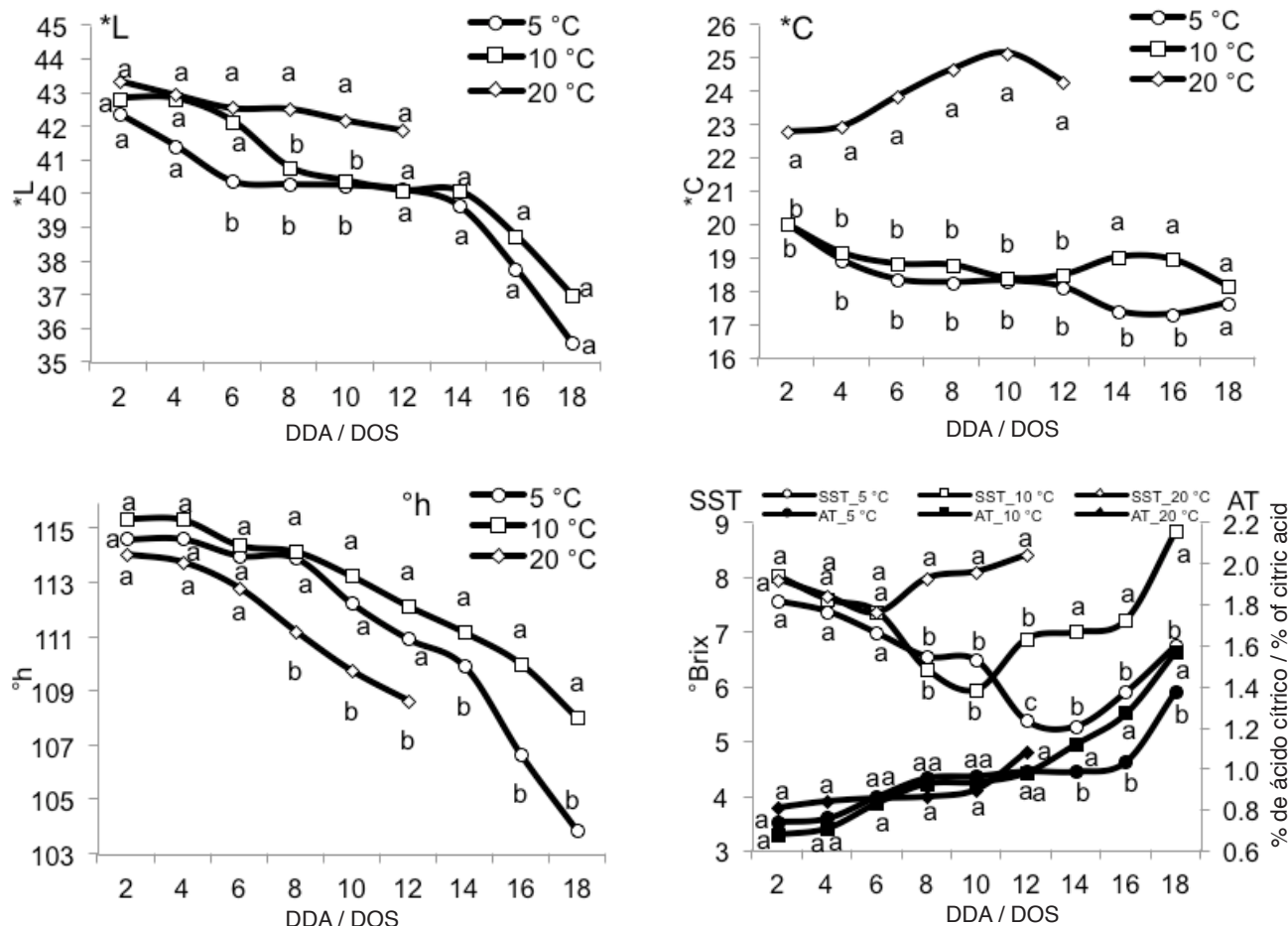


FIGURA 1. Variables fisicoquímicas: Color: Brillantez (*L), Pureza del color (*C) y ángulo de tono (°h); Sólidos solubles totales (SST) y acidez titulable (AT) en albahaca 'Nufar' almacenada durante 18 días a 5, 10 y 20 °C. Medias con igual letra entre los tratamientos en cada día de almacenamiento son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey a una $P \leq 0.05$.

FIGURE 1. Physicochemical variables: Color: Brightness (*L), chroma (*C) and hue angle (°h); Total soluble solids (TSS) and titratable acidity (TA) in basil 'Nufar' stored for 18 days at 5, 10 and 20 °C. Means with the same letter between treatments on each day of storage are statistically equal according to a Tukey $P \leq 0.05$.

presentaron una mayor tasa respiratoria (Figura 2). A los 12 DDA, se incrementaron los valores en el tratamiento de 10 °C y hubo diferencias estadísticas entre los tres tratamientos (Figura 1); sin embargo, en 5 °C los SST disminuyeron hasta los 14 DDA, probablemente debido a que la senescencia es un proceso oxidativo en el que se degradan los pocos azúcares y ácidos que se encuentran contenidos en las hojas (Shewfelt y Ruckner, 2003).

La albahaca es una hierba suculenta que no posee tejidos de reserva que permitan la acumulación de azúcares (Cantwell y Reid, 1993), como en el caso de los frutos. Así, solo se cuenta con el almidón como principal carbohidrato de almacenamiento no estructural (Büchi *et al.*, 1998). Por otra parte, el incremento en el contenido de °Brix a los 8, 12 y 16 DDA en los tratamientos de 20, 10 y 5 °C respectivamente, posiblemente se debe a que las plantas pierden humedad en un gradiente mayor con respecto al desdoblamiento del azúcar en la respiración (Ryugo, 1993).

La acidez titulable (AT) se incrementó durante el almacenamiento y solo de los 14 a 18 DDA hubo diferencia estadística entre la refrigeración de 5 y 10 °C, este último con la mayor AT (Figura 1). Probablemente las bajas temperaturas redujeron el desdoblamiento de los ácidos, conservando y aumentando los porcentajes de acidez, lo cual es importante para resistir al estrés por frío (Wills *et al.*, 1998). Cabe mencionar que durante el almacenamiento, el comportamiento de disminución e incremento de los SST y la AT respectivamente, coincidieron con Ávila *et al.* (2007) y Núñez *et al.* (2012).

Variables fisiológicas

El componente más abundante en los vegetales es el agua, que puede ser más del 90 % del total del peso del vegetal (Vicente, 2009). Cuando la pérdida de agua es abundante, por un elevado déficit de presión de vapor durante el almacenamiento, ésta se expresa como pérdida de peso en el transcurso del tiempo (Ben y Rodov, 2003).

En el presente estudio, el mayor porcentaje de pérdida de peso (% PP) se presentó en 20 °C, y de 6 a 12 DDA hubo diferencias significativas con respecto a los tratamientos de refrigeración, los cuales fueron estadísticamente iguales. A los 8 DDA en 20 °C, el % PP presentó valores de 10.7. A los 12 DDA se observó en 10 °C el mismo valor; en tanto que en 5 °C fue de 6.9 % PP. Posteriormente de los 14 a los 18 DDA las temperaturas de refrigeración de 5 y 10 °C difirieron significativamente (Figura 2).

La mayoría de las especies pierden su aspecto de “frescura” debido a la transpiración, lo que genera que el producto se marchite debido a la baja humedad (Thompson, 2007). El beneficio principal de utilizar películas plásticas es reducir la pérdida de agua y proveer atmósferas benéficas (Cantwell y Reid, 2007), que adicionado al uso de bajas temperaturas influyen en una menor pérdida de agua. Esta sinergia del envase y la temperatura de conservación probablemente

moisture at a greater gradient with respect to the splitting of sugars in respiration (Ryugo, 1993).

The titratable acidity (TA) increased during storage and only from 14-18 DOS showed statistical difference between the refrigeration treatments at 5 and 10 °C; the treatment with 10 °C had the highest TA (Figure 1). Low temperatures probably reduced the split of acids, maintaining and increasing the percentage of acid, which is important to resist cold stress (Wills *et al.*, 1998). It is noteworthy that during storage, the behavior of decrease and increase of TSS and TA respectively, coincided with Ávila *et al.* (2007) and Núñez *et al.* (2012).

Physiological variables

The most abundant component in plants is water, which can be over 90 % of the total weight of the plant (Vincent, 2009). When the loss of water is abundant, due to high vapor pressure deficit during storage, it is expressed as weight loss over time (Ben and Rodov, 2003).

In the present study, the highest percentage of weight loss (% WL) was present at 20 °C, and from 6-12 DOS, we observed significant difference with respect to the refrigeration treatments, which were statistically equal. At 8 DOS and 20 °C, the % WL showed values of 10.7. At 12 DOS we observed the same value at 10 °C; while at 5 °C the value was 6.9 % WL. Then, from 14 to 18 DOS, the refrigeration temperatures at 5 and 10 °C differed significantly (Figure 2).

Most species lose their “freshness” aspect due to transpiration, causing that the product withers due to low humidity (Thompson, 2007). The main benefit of using plastic film is to reduce water loss and provide good atmospheres (Cantwell and Reid, 2007), which added to the use of low temperatures lead to less water loss. This synergy of container and storage temperature probably explains that observed in the treatment at 5 °C which had less than 10 % WL during storage.

In the respiration rate (RR) at 2 DOS, we observed statistically significant differences between refrigeration treatments and that at 20 °C. From 4-12 DOS, we observed statistical difference among the three treatments. This behavior could be because the respiration rate is affected by temperature (Smith *et al.*, 2003), since at lower temperatures (5 °C) we observed higher respiration rate indicating stress. Moreover, at 8 DOS and 5 °C, we observed a climacteric peak (48.1 ml CO₂·kg⁻¹·h⁻¹), while at 16 DOS we observed the highest concentration (59.8 ml CO₂·kg⁻¹·h⁻¹); this increase showed in RR, is because the increase in ethylene production, observed at 6 and 14 DOS (Figure 2) precedes or accompanies the increase in CO₂ production (Brady and Speirs, 1991).

Cantwell (2007) highlights that the atmospheres with high concentrations of CO₂ (5-10 %) maintain the green color

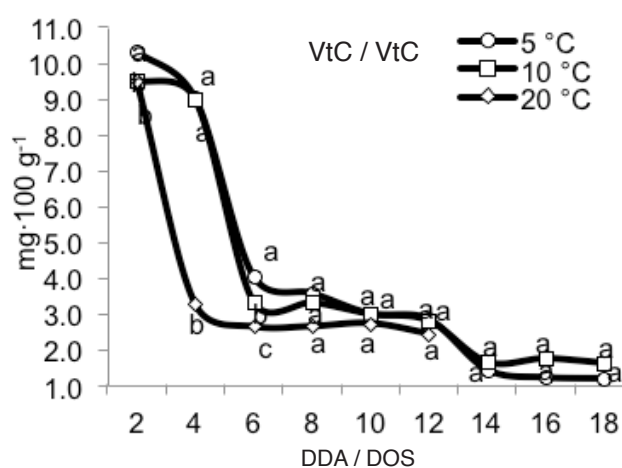
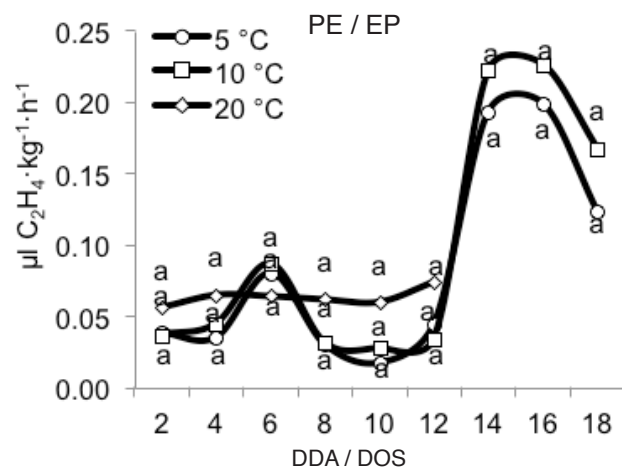
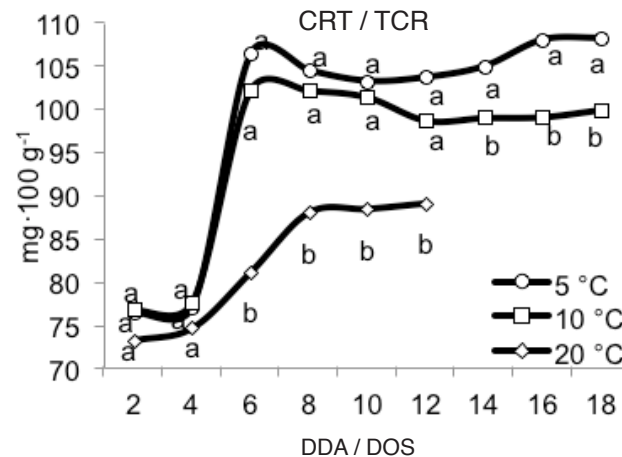
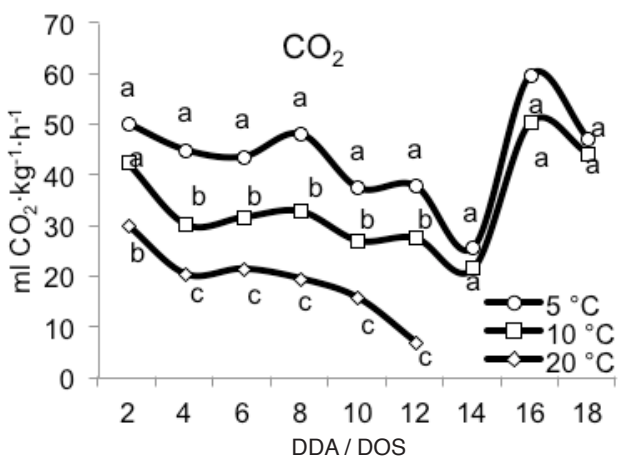
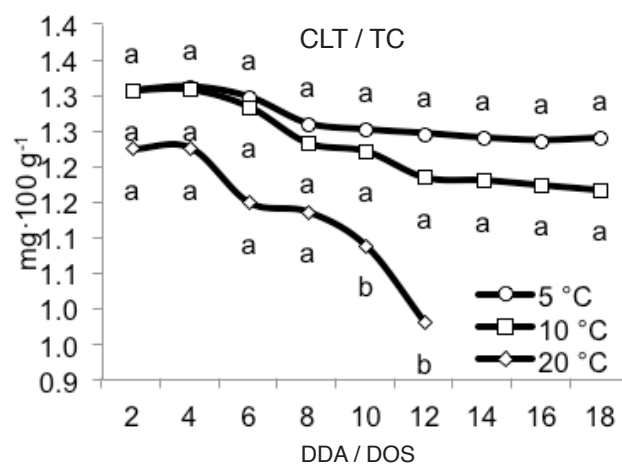
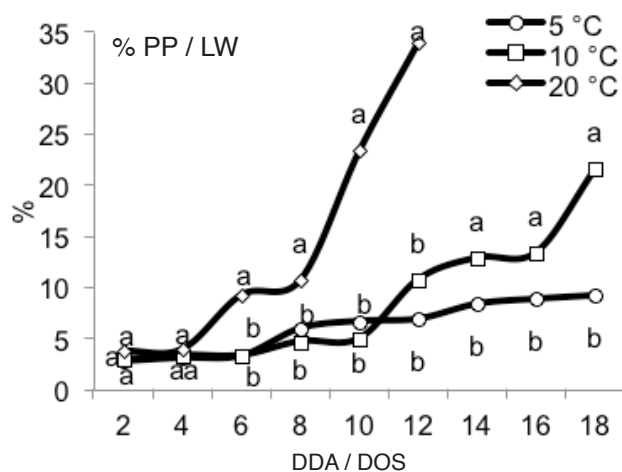


FIGURA 2. Variables fisiológicas: pérdida de peso (%PP), tasa de respiración (CO_2) y producción de etileno (PE) en albahaca 'Nufar' almacenada durante 18 días a 5, 10 y 20 °C. Medias con igual letra entre los tratamientos en cada día de almacenamiento son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey a una $P \leq 0.05$.

FIGURE 2. Physiological variables: weight loss (% WL), respiration rate (CO_2) and ethylene production (EP) in basil 'Nufar' stored for 18 days at 5, 10 and 20 °C. Means with the same letter between treatments on each day of storage are statistically equal according to a Tukey $P \leq 0.05$.

FIGURA 3. Variables bioquímicas: clorofilas totales (CLT), carotenoides totales (CRT) y vitamina C (VtC) en albahaca 'Nufar' almacenada durante 18 días a 5, 10 y 20 °C. Medias con igual letra entre los tratamientos en cada día de almacenamiento son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey a una $P \leq 0.05$.

FIGURE 3. Biochemical variables: total chlorophylls (TC), total carotenoids (TCR) and vitamin C (VtC) in basil 'Nufar' stored for 18 days at 5, 10 and 20 °C. Means with the same letter between treatments on each day of storage are statistically equal according to a Tukey $P \leq 0.05$.

explica lo observado en el tratamiento de 5 °C que presentó menores de 10 % PP durante el almacenamiento.

En la tasa de respiración (TR) a 2 DDA se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de refrigeración y el de 20 °C. De 4 a 12 DDA se observó diferencia estadística entre los tres tratamientos. Este comportamiento pudo deberse a que la tasa de respiración es afectada por la temperatura (Smith *et al.*, 2003), ya que a menor temperatura (5 °C) se presentó mayor tasa de respiración indicando un estrés. Por otra parte, a los 8 DDA en el tratamiento de 5 °C se observó un pico climaterico (48.1 ml CO₂·kg⁻¹·h⁻¹), mientras que a los 16 DDA presentó la concentración más alta (59.8 ml CO₂·kg⁻¹·h⁻¹); este aumento mostrado en la TR, se debe a que el incremento en la producción de etileno, observado a los 6 y 14 DDA (Figura 2) precede o acompaña al aumento en la producción de CO₂ (Brady y Speirs, 1991).

Cantwell (2007) destaca que las atmósferas con altas concentraciones de CO₂ (5 a 10 %) mantienen el color verde y reducen la pudrición en hierbas como perejil y cilantro; sin embargo, no son beneficiosas en reducir la susceptibilidad al daño por frío en albahaca.

Los tratamientos de refrigeración tuvieron producción similar de etileno (PE), y a los 6 DDA presentaron un pico climaterico (0.08 µl C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹) (Figura 2). De igual forma a los 14 y 16 DDA se incrementaron los valores de PE en los tratamientos de refrigeración, siendo visibles los síntomas de daño por etileno descritos por Cantwell y Reid (2007), como el amarillamiento, caída de hojas y epinastia (encurvamiento del pecíolo).

Los tratamientos de 5 y 10 °C mostraron los menores valores de PE a los 2, 4, 8, 10 y 12 DDA, fue debido a que las temperaturas bajas durante el almacenamiento pueden minimizar la PE (Cantwell y Reid, 2007). Los valores obtenidos en la TR y PE se encuentran dentro de los rangos referidos por Cantwell (2006) para hierbas frescas culinarias almacenadas en refrigeración de 10 °C, en la TR (25 – 80 ml CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) y en la PE (0.10 – 0.57 µl C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹).

Variables bioquímicas

En los 10 y 12 DDA el contenido de clorofilas presentaron diferencias estadísticas entre las temperaturas de refrigeración, con respecto al de 20 °C (Figura 3), siendo en este último donde el contenido de clorofila fue menor durante todo el almacenamiento. El efecto observado fue debido a que la clorofila se degrada por factores ambientales como luz y temperatura (Wills *et al.*, 1998), así como por radicales libres, productos finales de hidroperóxidos inestables (Yamauchi y Watada, 1991). Este comportamiento del contenido de clorofila, concuerda con estudios realizados en albahaca en refrigeración (Hassan y Mahfouz, 2010; Núñez *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2005), donde el contenido de clorofila

and reduce rottenness in herbs like parsley and coriander; however, these are not beneficial in reducing susceptibility to chilling injury in basil.

Refrigeration treatments had similar ethylene production (EP), and at 6 DOS, these treatments showed a climacteric peak (0.08 µl C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹) (Figure 2). In the same way, at 14 and 16 DOS, EP values increased in the refrigeration treatments, with the ethylene injury symptoms described by Cantwell and Reid (2007) as yellowing, leaf fall and epinasty (curvature of the petiole).

Treatment at 5 and 10 °C showed the lowest values of EP at 2, 4, 8, 10 and 12 DOS, because low temperatures during storage can minimize EP (Cantwell and Reid, 2007). The values obtained in RR and EP are within the ranges reported by Cantwell (2006) for fresh culinary herbs stored under refrigeration at 10 °C, in the RR (25 – 80 ml CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) and the EP (0.10 – 0.57 µl C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹).

Biochemical variables

At 10 and 12 DOS, chlorophyll content was statistically different among refrigeration temperatures, compared to 20 °C (Figure 3); this last treatment had the lowest content of chlorophyll during the storage. The effect observed was because chlorophyll degrades by environmental factors such as light and temperature (Wills *et al.* 1998) and by free radical, final products of unstable hydroperoxides (Yamauchi and Watada, 1991). This behavior of chlorophyll content, agrees with studies on basil under refrigeration (Hassan and Mahfouz, 2010; Núñez *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2005), where the chlorophyll content decreased gradually during storage and to a lesser ratio compared to the basil stored under room temperature.

Total carotenoids differed statistically from 6-12 DOS between refrigeration treatments and its absence (20 °C, Figure 3), where the lowest values were maintained. These results agree with Núñez *et al.* (2012) who report the highest carotenoid content in basil stored under refrigeration. This differs from the behavior of spinach refrigerated under controlled atmosphere, which had a lower content of this pigment at lower temperature (Martinez and Cantwell, 2002).

The mechanism controlling carotenoid accumulation is largely unknown, since the amount of these compounds in the tissue is not attributed only to the ability to synthesize carotenoids, because some of them are accumulated in small amounts (Tanaka *et al.*, 2008).

Treatments at 5 and 10 °C were statistically different from 14 to 16 DOS. During leaf plant senescence appears the loss of greenery due to the degradation of chlorophyll and carotenoid biosynthesis (Yamauchi and Watada, 1991). By degrading this molecule, we generate not colored compounds,

disminuyó gradualmente durante el almacenamiento y en menor proporción comparado con la albahaca almacenada bajo temperatura ambiente.

Los carotenoides totales difirieron estadísticamente de 6 a 12 DDA entre los tratamientos de refrigeración y la ausencia de ésta (20 °C, Figura 3), donde se mantuvieron los valores más bajos. Estos resultados concuerdan con Núñez *et al.* (2012) quienes reportan el mayor contenido de carotenoides en albahaca almacenada en refrigeración. Esto difiere del comportamiento de espinaca refrigerada en atmósferas controladas, la cual tuvo menor contenido de este pigmento a menor temperatura (Martínez y Cantwell, 2002).

El mecanismo que controla la acumulación de carotenoides es en gran parte desconocido, ya que la cantidad de estos compuestos en los tejidos no se atribuye exclusivamente a la capacidad de sintetizar carotenoides, ya que algunos de ellos los acumulan en pequeñas cantidades (Tanaka *et al.*, 2008).

De 14 a 16 DDA los tratamientos de 5 y 10 °C fueron estadísticamente diferentes entre sí. Durante la senescencia de vegetales de hoja se origina la pérdida de verdor debido a la degradación de la clorofila y a la biosíntesis de carotenoides (Yamauchi y Watada, 1991). Al degradarse esta molécula se generan compuestos no coloreados, que permite la expresión de los carotenos, desde coloraciones amarilla hasta púrpura (Borovsky y Paran, 2008); en este proceso de degradación la temperatura es el factor de mayor influencia (Yamauchi y Watada, 1993).

La vitamina C es un nutriente, que al disminuir o degradarse durante el almacenamiento, afecta la calidad nutricional de las plantas (Kader, 2007; Tavarini, 2008), así como a la capacidad antioxidante (Majchrzak, 2004). En este estudio, a los 2 DDA el contenido de ácido ascórbico fue mayor en el tratamiento de 5 °C y diferente a los de 10 y 20 °C (iguales entre sí). Sin embargo, a los 4 DDA los tratamientos de refrigeración fueron estadísticamente iguales y diferentes al de 20 °C (Figura 3), el cual tuvo el menor contenido de vitamina C durante el almacenamiento.

La temperatura es el factor con la mayor influencia sobre la degradación de la vitamina C (Rapisarda, 2008; Tavarini, 2008), en altas temperaturas ocurre la rápida pérdida de ácido ascórbico especialmente en vegetales de hoja (Lee y Kader, 2000) como espinacas y puerro (*Allium ampeloprasum* 'porrum') (Kevers *et al.*, 2007). El almacenamiento en bajas temperaturas (5 y 10 °C), durante 4 DDA, mantuvo las características nutricionales. De los 14 a 16 DDA, se presentó el menor contenido en 5 °C, probablemente debido a que al ser un cultivo sensible al frío ($\leq 5^{\circ}\text{C}$), mostró mayores pérdidas de vitamina C en temperaturas bajas y periodos de almacenamiento prolongado (Lee y Kader, 2000). Por otra parte, cuando se inicia la senescencia de hojas el contenido de vitamina C disminuye, a la par de la degradación de los tejidos (Kalt, 2005).

which allow the expression of carotenes, from yellow to purple coloration (Borovsky and Paran, 2008); in this process of degradation, temperature is the strongest influence (Yamauchi and Watada, 1993).

Vitamin C is a nutrient that when it decreases or degrades during storage affects the nutritional quality of plants (Kader, 2007; Tavarini, 2008) as well as the antioxidant capacity (Majchrzak, 2004). In this study, at two DOS, ascorbic acid content was higher in the treatment at 5 °C and different from the treatments at 10 and 20 °C (which were equal to each other). However, at 4 DOS, refrigeration treatments were statistically equal and different from the treatment at 20 °C (Figure 3), which had the lower content of vitamin C during storage.

Temperature is the factor with the greatest influence on degradation of vitamin C (Rapisarda, 2008; Tavarini, 2008), at high temperatures appears the rapid loss of ascorbic acid, especially leafy vegetables (Lee and Kader, 2000) like spinach and leek (*Allium ampeloprasum* 'porrum') (Kevers *et al.*, 2007). Storage at low temperatures (5 and 10 °C) for 4 DOS, kept the nutritional characteristics. From 14 to 16 DOS, we observed the lower content at 5 °C, probably for being a cold-sensitive crop ($\leq 5^{\circ}\text{C}$) it showed greater losses of vitamin C in low temperatures and periods of prolonged storage (Lee and Kader, 2000). Moreover, when leaf senescence starts, the content of vitamin C and tissue degradation decrease (Kalt, 2005).

Hedonic evaluation

Among the many sensory characteristics of fresh vegetables, appearance is paramount, coupled with the nutritional qualities that today are becoming more relevant to consumers (Kevers, 2007). In this respect, the visual appearance between 8 and 12 DOS of refrigeration treatments were statistically different compared to the treatment at 20 °C, which only kept appropriate appearance until 6 DOS (Figure 4). The visual quality declined linearly with the increase of days of storage and temperature (Lopez and Runkle, 2008).

Temperature is one of the most important factors affecting the life of fresh herbs, like in other perishable products (Cantwell and Reid, 2007). Refrigeration kept good appearance until 14 DOS, highlighting the treatment at 10 °C by showing the best appearance throughout storage. The results are similar to reports on basil stored under refrigeration at 10 °C for 10 days, which indicates that the visual quality was excellent, and basil was kept in good condition until after four weeks (Cantwell and Reid, 1993).

With respect to the turgor loss at 4 and 12 DOS, we observed statistical differences between refrigeration treatments compared to the treatment at 20 °C, however, from 6 to 10 DOS, only statistically significant differences were observed between the treatment at 5 °C and the treatment at

Evaluación hedónica

Entre las muchas características sensoriales de las hortalizas frescas, la apariencia es de primordial importancia, aunado a las cualidades nutricionales que hoy en día son cada vez más relevantes para los consumidores (Kevers, 2007). En este sentido, la apariencia visual entre 8 y 12 DDA de los tratamientos de refrigeración fueron estadísticamente diferentes con respecto al de 20 °C, el cual sólo hasta los 6 DDA mantuvo apariencia adecuada (Figura 4). La calidad visual declinó linealmente con el incremento en los días de almacenamiento y temperatura (López y Runkle, 2008).

La temperatura es uno de los factores más importantes que afecta la vida de las hierbas frescas, al igual que en otros productos perecederos (Cantwell y Reid, 2007). La refrigeración mantuvo buena apariencia hasta los 14 DDA, destaca el tratamiento de 10 °C al presentar la mejor apariencia durante todo el almacenamiento. Los resultados obtenidos se

20 °C, this last agreed statistically to the treatment at 10 °C (Figure 4). In this context the treatment at 5 °C highlights, because it had the best turgor during storage. These results agree with Núñez *et al.* (2012) who found that turgor in basil grown without plastic cover (mulching) and stored under refrigeration at 5 °C lasted for 12 DOS.

Rottenness showed only statistical difference at 10 and 12 DOS between treatments at 5 and 10 °C compared to the treatment at 20 °C, which had the highest rottenness during storage (Figure 4). The lowest value of rottenness in refrigeration treatments was probably due to microorganisms provoking rottenness reduce their metabolic activity when these are exposed to low temperatures and relative humidity close to saturation (Namesny, 1993).

Aroma presented no statistical difference between treatments during storage; however, it lasted until 6 DOS; then, the aroma was not perceptible at 14 DOS (Figure 4).

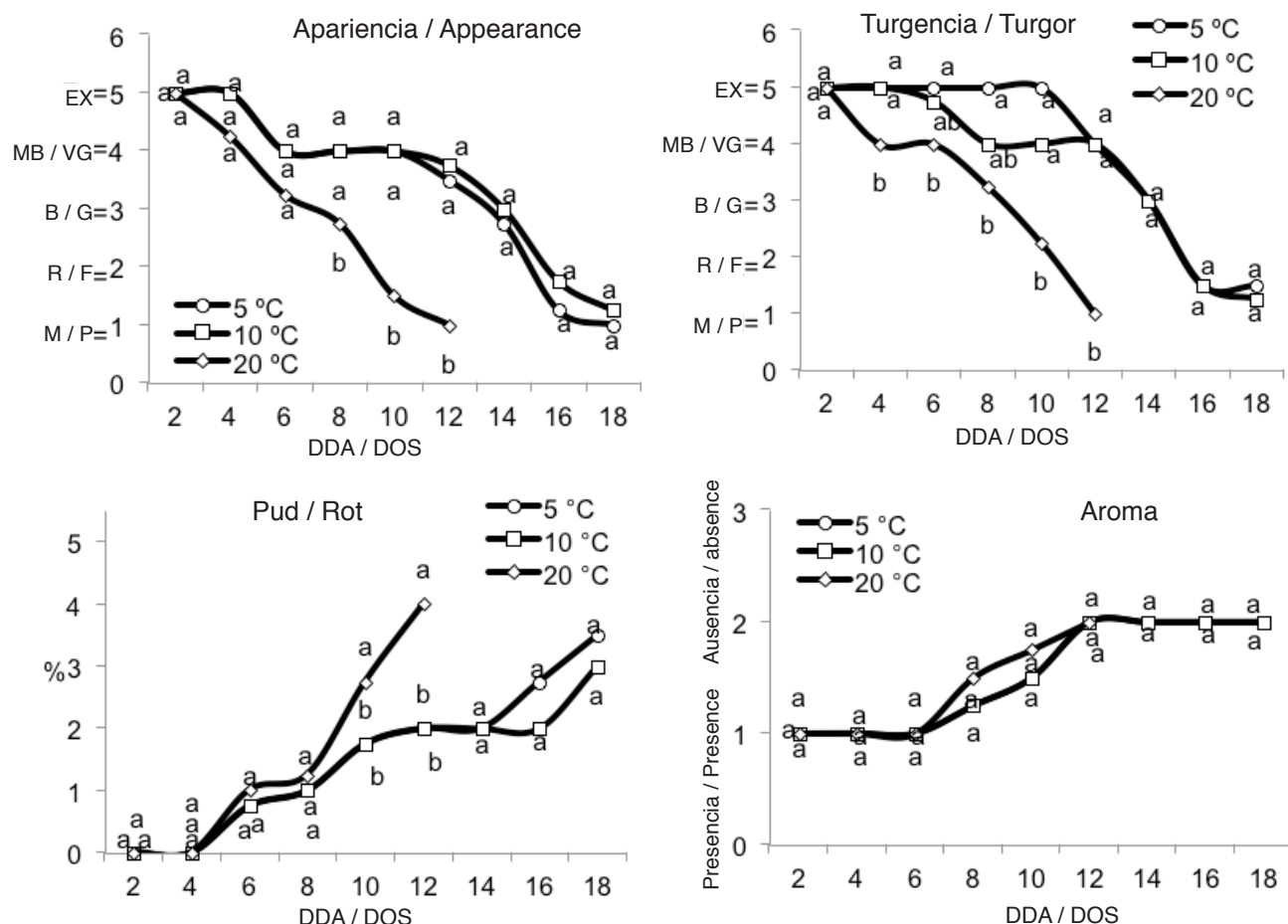


FIGURA 4. Evaluación sensorial: apariencia visual, pérdida de turgencia, porcentaje de pudrición (Pud), presencia de aroma en albahaca 'Nufar' almacenada durante 18 días a 5, 10 y 20 °C. Medias con igual letra entre los tratamientos en cada día de almacenamiento son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). M = Malo, R = Regular, B = Bueno, MB = Muy Bien, EX= Excelente

FIGURE 4. Sensory evaluation: visual appearance, loss of turgor, percentage of rottenness (Rot), presence of aroma in basil 'Nufar' stored for 18 days at 5, 10 and 20 °C. Means with the same letter between treatments on each day of storage are statistically equal (Tukey, $P \leq 0.05$). P = poor, F = fair, G = good, VG = very good, EX= excellent.

asemejan con reportes en albahaca almacenada en refrigeración en 10 °C durante 10 días, donde se indica que la calidad visual fue excelente, y se mantuvo en buenas condiciones hasta después de cuatro semanas (Cantwell y Reid, 1993).

En lo que respecta a la pérdida turgencia, en 4 y 12 DDA las diferencias estadísticas se presentaron entre los tratamientos de refrigeración con el de 20 °C, sin embargo, de 6 a 10 DDA, solo hubo diferencias estadísticas entre el tratamiento de 5 °C y el de 20 °C, éste último igualó estadísticamente al de 10 °C (Figura 4). En este contexto resalta, el tratamiento de 5 °C, el cual tuvo la mejor turgencia durante el almacenamiento. Estos resultados concuerdan con Núñez *et al.* (2012) quienes encontraron que la turgencia en albahaca cultivada sin cubierta plástica (acolchado) y almacenada en refrigeración de 5 °C se mantuvo hasta los 12 DDA.

En pudrición solo hubo diferencias estadísticas a los 10 y 12 DDA entre los tratamientos de 5 y 10 °C con el de 20 °C, quien presentó la mayor pudrición durante el almacenamiento (Figura 4). La menor pudrición en los tratamientos de refrigeración probablemente fue debida a que los microorganismos causantes de éstas, reducen su actividad metabólica al ser expuestos a bajas temperaturas y a humedad relativa cercana al punto de saturación (Namesny, 1993).

El aroma, no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos durante el almacenamiento; no obstante, permaneció hasta los 6 DDA, y posteriormente en 14 DDA, ya no fue perceptible (Figura 4). Este comportamiento puede atribuirse a la pérdida de compuestos del tipo bencenoides (Klimánková *et al.*, 2008), por el efecto de la refrigeración y el tiempo de almacenamiento, ya que la producción de volátiles es preponderante en el aroma, la cual es un componente muy importante para la calidad comestible (Kader, 2007).

De 8 a 12 DDA, los tratamientos de refrigeración presentaron mayor aroma que el de 20 °C, aunque esta percepción fue muy baja y no logró destacar diferencias estadísticas entre los tratamientos, ya que el olor debe poseer ciertas propiedades moleculares con el fin de producir una impresión sensorial y debe ocurrir en una concentración suficientemente alta para tener la capacidad de interactuar con uno o más de los receptores olfativos (Schwab, 2008).

CONCLUSIONES

El almacenamiento en refrigeración prolongó la vida poscosecha de la albahaca 'Nufar', especialmente bajo 10 °C donde se preservaron las características fisicoquímicas, fisiológicas, bioquímicas y sensoriales durante 14 días. La refrigeración a 5 °C conservó durante 10 días los atributos de calidad dentro del rango de aceptación para los consumidores, constatando que la temperatura más baja no siempre es la óptima para maximizar la vida postcosecha de la albahaca 'Nufar'. La calidad de la albahaca 'Nufar' almacenada a temperatura ambiente (20 °C) solo se mantuvo durante cuatro días.

This behavior can be attributed to the loss of benzenoid compounds (Klimánková *et al.* 2008), due the effect of the refrigeration and storage time, since the production of volatiles is predominant in the aroma, which is a very important component for eating quality (Kader, 2007).

The refrigeration treatments had higher aroma compared to the treatment at 20 °C from 8 to 12 DOS, although this perception was very low and failed to highlight statistical differences among treatments, since the scent must possess certain molecular properties in order to produce a sensory impression and must occur at a high concentration to be able to interact with one or more olfactory receptors (Schwab, 2008).

CONCLUSIONS

Storage under refrigeration extended the postharvest life of basil 'Nufar', especially below 10 °C where the physicochemical, physiological, biochemical and sensory characteristics for 14 days were preserved. Refrigeration at 5 °C for 10 days retained quality attributes within the acceptance range for consumers, noting that the lowest temperature is not always optimal to maximize the postharvest life of basil 'Nufar'. The quality of Basil 'Nufar' lasted for only four days when basil was stored at room temperature (20 °C).

End of English Version

LITERATURA CITADA

- AHARONI, N.; REUVENI, A.; DVIR, O. 1989. Modified atmospheres in film packages delay senescence and decay of fresh herbs. *Acta Horticulturae* 258: 255-262. http://www.actahort.org/books/258/258_28.htm
- ANÓNIMO. 1990. Official Methods and Analysis. Official Analytical Chemists (AOAC). SIDNEY, W. (ed.). Washington, D. C. USA. 1094 p.
- ANÓNIMO. 2012. Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>
- APELAND, J. 1971. Factors affecting respiration and colour during storage of parsley. *Acta Horticulturae* 20: 43-52. http://www.actahort.org/books/20/20_6.htm
- ARCILA-LOZANO, C. C.; LOARCA-PIÑA, G.; LECONA-URIBE, S.; GONZÁLEZ M., E. 2004. El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 54(1): 100-111. http://www.alanrevista.org/ediciones/2004-1/oregano_propiedades_composicion_actividad_biologica.asp
- ÁVILA R., H. G.; CUSPOCA R., J. A.; FISCHER, G.; LIGARRETO M., G. A.; QUICAZÁN 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/ojs/index.php/refame/article/download/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. doi: 10.1201/9780203910092.ch5
- BORGES M., R. M.; VON A., M. C.; MACHADO P. S., M. E. 2004. Análisis sensorial y ácido ascórbico de hortalizas en fresco y ultracongeladas. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 4(4): 240-245. doi: 10.1080/11358120409487765
- BOROVSKY, Y.; PARAN, I. 2008. Chlorophyll breakdown during pepper fruit ripening in the chlorophyll retainer mutation is impaired at the homolog of the senescence inducible stay-green gene. *Theoretical and Applied Genetics* 117(2): 235-240. doi: 10.1007/s00122-008-0768-5
- BRADY, C. J.; SPEIRS, J. 1991. Ethylene in fruit ontogeny and abscission, pp. 235-258. *In: The Plant Hormone Ethylene*. MATTOO, A. K.; SUTTLE, J. C. (eds.). CRC Press. Florida, USA.
- BÜCHI, R.; BACHMANN, M.; KELLER, F. 1998. Carbohydrate metabolism in source leaves of sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.), a starch-storing and stachyose-translocating labiate. *Journal of Plant Physiology* 153(3): 308-315. doi: 10.1016/S0176-1617(98)80156-9
- CAMPO V., Y.; GÉLVEZ O., V. M. 2011. Efecto de la termosonicación sobre las propiedades fisicoquímicas del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) fresco empacado al vacío. *Bistua* 9(2): 55-63. <http://www.redalyc.org/pdf/903/90322644010.pdf>
- CANTWELL, M. I.; REID, M. S. 1993. Postharvest physiology and handling of fresh culinary herbs. *Journal Herbs Spices and Medicinal Plants* 1(3): 93-127. doi: 10.1300/J044v01n03_09
- CANTWELL, M. I.; REID, M. S. 2006. Hierbas: (Hierbas frescas culinarias). Postharvest Technology Research Information Center. University California. Davis, California, USA. 3 p. http://postharvest.ucdavis.edu/Hortalizas/Hierbas_Hierbas_frescas_culinarias/
- CANTWELL, M. I.; REID, M. S. 2007. Sistemas de manejo postcosecha: hierbas frescas, pp. 367-372. *In: Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. KADER, A. A. (ed.). Series de Horticultura Postcosecha No. 24. University California. Davis, California, USA.
- FRANKE, A. A.; CUSTER, L. J.; ARAKAKI, C.; MURPHY, S. P. 2004. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis* 17(1): 1-35. doi: 10.1016/S0889-1575(03)00066-8
- 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
- HERNÁNDEZ D., L.; RODRÍGUEZ J., M. 2001. Actividad antimicrobiana de plantas que crecen en Cuba. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 6(2): 44-47. http://www.bvs.sld.cu/revistas/pla/vol6_2_01/pla02201.pdf
- KADER, A. A. 2007. Biología y tecnología postcosecha: un panorama, pp. 43-53. *In: Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. KADER, A. A. (ed.). University California. Davis, California, USA.
- KALT, W. 2005. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. *Journal of Food Science* 70(1): 11-19. doi: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb09053.x
- KEVERS, C.; FALKOWSKI, M.; TABART, J.; DEFRAIGNE, J. O.; DOMMES, J.; PINCEMAIL, J. 2007. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55(21): 8596-8603. doi: 10.1021/jf071736j
- KLIMANKOVA, E.; HOLADOVA, K.; HAJŠLOVA, J.; CAJKA, T.; POUŠTKA, J.; KOUDELA, M. 2008. Aroma profiles of five Basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars grown under conventional and organic conditions. *Food Chemistry* 107(1): 464-472. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.07.062
- KOPSELL, D. A.; KOPSELL, D. E.; CURRAN, J. C. 2005. Carotenoid and chlorophyll pigments in Sweet Basil grown in the field and greenhouse. *HortScience* 40(5): 1230-1233. <http://hortsci.ashspublications.org/content/40/5/1230.full.pdf>
- LANGE, D.D.; CAMERON, A. C. 1994. Postharvest shelf life of sweet Basil (*Ocimum basilicum*). *Hortscience* 29(2): 102-103. <http://hortsci.ashspublications.org/content/29/2/102.full.pdf>
- LEE, S. L.; KADER, A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20(3): 207-220. doi: 10.1016/S0925-5214(00)00133-2
- LICHTENTHALER, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids, pigments of photosynthetic biomembranes, pp. 350-382. *In: Methods in Enzymology*. 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>
- LÓPEZ, G. R.; 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(1): 95-102. doi: 10.1016/j.postharvbio.2008.05.012
- MAJCHRZAK, D.; MITTER, S.; ELMADFA, I. 2004. The effect of ascorbic acid on total antioxidant activity of black and green teas. *Food Chemistry* 88(3): 447-451. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.01.058
- MARTÍNEZ-DAMIÁN, M. T.; CANTWELL 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.; 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
- NAMESNY, V. A. 1993. Post-recolección de Hortalizas. Ediciones de Horticultura, S. L. Barcelona, España. 330 p.

- 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
- NÚÑEZ-LÓPEZ, V.; MARTÍNEZ-DAMIÁN, M. T.; COLINAS-LEÓN, M. T. 2012. Fisiología poscosecha de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) con y sin acolchado. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(3): 307-315. doi: 10.5154/r.rchsh.2009.12.104
- PATHARE, P. B.; LINUS O., U.; AL-SAID, F. A. J. 2013. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food Bioprocess Technology*. 6(1): 36-60. doi: 10.1007/s11947-012-0867-9
- RAPISARDA, P.; LO BIANCO, M.; PANNUZZO, P.; TIMPANARO, N. 2008. Effect of cold storage on vitamin C, phenolics and antioxidant activity of five orange genotypes [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. *Postharvest Biology and Technology* 49(3): 348-354. doi: 10.1016/j.postharvbio.2008.02.002
- RYUGO, K. 1993. *Fruticultura: Ciencia y Arte*. AGT Editor. México. 460 p.
- SAHLIN, E.; SAVAGE, G. P.; LISTER, C. E. 2004. Investigation of antioxidant properties of tomatoes after processing. *Journal Food Composition and Analysis* 17(5): 635-647. doi: 10.1016/j.jfca.2003.10.003
- SCHWAB, W.; DAVIDOVICH-RIKANATI, R.; LEWINSOHN, E. 2008. Biosynthesis of plant-derived flavor compounds. *The Plant Journal* 54(4): 712-732. doi: 10.1111/j.1365-313X.2008.03446.x
- SHAFIUR, M. R. 2003. *Manual de Conservación de los Alimentos*. Acibia. Zaragoza España. 874 p.
- SHEWFELT, R. L.; RÜCKNER, B. 2003. *Fruit and Vegetable Quality*. Technomic Publishing Company Inc. Pensilvania, USA. 330 p.
- SILVA, F.; SILVA S., R. H.; DE ANDRADE, N. J.; ALMEIDA B., L. C.; DIAS C., V. W.; LIMA, R. R.; MELO P., R. V. 2005. Basil conservation affected by cropping season, harvest time and storage period. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40(4): 323-328. doi: 10.1590/S0100-204X2005000400002
- SMITH, P. J.; RAMASWAMY, H. S.; RANGANNA, B.; VIJAYA, R. G. S. 2003. Packaging of fruits and vegetable, pp. 539-554. *In: Handbook of Postharvest Technology*. CHAKRAVERTY, A.; MUJUMDA, R. S. A.; RAGHAVAN, S. G. V.; RAMASWAMY, H. S. (eds.). Marcel Dekker Inc. New York, USA.
- SPEISKY, H.; ROCCO, C.; CARRASCO C., LISSI, E. A.; LÓPEZ-ALARCÓN, C. 2006. Antioxidant screening of medicinal herbal teas. *Phytotherapy Research* 20(6): 462-467. doi: 10.1002/ptr.1878
- TANAKA, Y.; SASAKI, N.; OHMIYA, A. 2008. Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids. *The Plant Journal* 54(4): 733-749. doi: 10.1111/j.1365-313X.2008.03447.x
- TAVARINI, S.; DEGL I., E.; REMORINI D.; MASSAI R.; GUIDI L. 2008. Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. *Food Chemistry* 107(1): 282-288. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.08.015
- THOMPSON, J. E. 2007. Sistemas de almacenamiento, pp. 131-148. *In: Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. KADER, A. A. (ed.). University of California. Davis, California, USA.
- VICENTE, A. R.; MANGANARIS, G. A.; SOZZI, G. O.; CRISOSTO, C. H. 2009. Nutritional quality of fruits and vegetables, pp. 58-93. *In: Postharvest Handling: A Systems Approach*. FLORKOWSKI, W. J.; SHEWFELT, R. L.; BRUECKNER B.; PRUSSIA, S. E. (eds.). Elsevier Inc.-Academic Press. USA. <http://ucanr.edu/datastoreFiles/234-1260.pdf>
- WILLS, R. B.; MCGLASSON; GRAHAM D.; JOYCE D. 1998. *Postharvest*. CAB. International. Wallingford, Uk. 262 p.
- 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>
- YAMAUCHI, N.; WATADA, A. E. 1993. Pigments changes in Parsley leaves during storage in controlled or ethylene containing atmosphere. *Journal of Food Science* 58(3): 616-618. doi: 10.1111/j.1365-2621.1993.tb04339.x
- ZHENG, W.; WANG, S. Y. 2001. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49(11): 5165-5170. doi: 10.1021/jf010697n