

EFFECTO DE LOS NIVELES DE DIFUSIVIDAD DE LA LUZ EN PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO SOBRE LA CALIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA HIERBABUENA (*Mentha spicata*)

ANDRÉS CAMILO LARA GUTIÉRREZ¹, JOHN FABIO ACUÑA C², GIOVANNA QUINTERO-ARIAS³

¹ Estudiante de Ingeniería Agrícola, auxiliar de investigación, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia. aclarag@unal.edu.co

² Ingeniero Agrícola PhD. Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia.

³ Ingeniera Agrícola MSc, Profesional Investigador, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Universidad Nacional De Colombia.

RESUMEN: Las condiciones ambientales a las cuales se somete un cultivo en su etapa de crecimiento y desarrollo, generan un impacto significativo en la calidad del producto cosechado durante el proceso de almacenamiento. En este trabajo se evaluó el comportamiento durante el almacenamiento de la hierbabuena (*Mentha spicata*), producida bajo dos invernaderos con diferentes niveles de difusividad de luz, ubicados en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Se midieron las variables de tasa de respiración, pérdida de peso, color de la superficie de la hoja y contenido de sólidos solubles totales a plantas seleccionadas en bloques al azar, provenientes de los dos ambientes generados por las películas plásticas. Se realizó un análisis de las variables poscosecha de los cultivos producidos bajo los dos ambientes mediante una comparación de medias utilizando distribución t-student. Los resultados muestran variaciones significativas en los parámetros de calidad y duración del producto en almacenamiento, como efecto de los niveles de difusividad de la luz, que afectan el comportamiento del cultivo en precosecha. Adicionalmente para observar el efecto de la difusividad combinado con estrés hídrico, se evaluó la calidad en almacenamiento de producto sometido a riego en capacidad de campo y riego reducido 75% de este valor.

PALABRAS-CLAVE: Hierbabuena (*Mentha spicata*), Poscosecha, Intensidad Respiratoria, Riego.

EFFECT OF DIFFUSIVITY LIGHT LEVELS IN GREENHOUSE PRODUCTION ABOUT QUALITY STORAGE OF MENTHA SPICATA

ABSTRACT: Environmental conditions to which a crops subjected to its stage of growth and development, have a significant impact on quality of harvested product during storage. In this paper, the performance during storage of the mint (*Mentha spicata*) produced on different environmental conditions was evaluated. In addition, to observing the effect of diffusivity combined with water stress, quality storage product under field capacity irrigation and watering reduced to 75% of this value was evaluated. The production was obtained from greenhouses with different levels of diffusivity of light, located at the Universidad Nacional de Colombia, campus Bogotá. Respiration rate, weight loss, color of leaf surface and Total Soluble Solids content were measured from plants selected to block randomly from the two environments generated by plastic films. A comparison of means was performed using t-student distribution. The results show significant variations in quality parameters and product life postharvest storage effect levels diffusivity of light, which affect crop performance preharvest

KEYWORDS: Postharvest, Respiratory Intensity, Irrigation.

INTRODUCCIÓN

El número de toneladas producidas de plantas aromáticas, según las Evaluaciones Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Colombiano, ha venido incrementándose progresivamente en los últimos años; el área cultivada en el país pasó de 194 hectáreas en 1997 a 713 has en 2005, y la producción a nivel nacional aumentó de 1.303 a 3.257 toneladas, siendo el departamento de Cundinamarca el mayor productor (CCI, 2007). Una alternativa interesante de comercialización de hierbas aromáticas recién cortadas ha sido empacarlas en bolsas o bandejas cubiertas con láminas de plástico con diferentes niveles de permeabilidad a CO₂, O₂ y vapor de agua (Murdock,

2002), sin embargo la comercialización generalizada de este tipo de empaques para hierbas culinarias se ha visto mermada debido a la alta perecibilidad y baja vida útil (Cantwell y Reid, 1993 - 2002)

El procesamiento mínimo de las hierbas aromáticas al momento de su empaque aumenta la frecuencia respiratoria de estos productos, que puede llevar a un inicio más rápido de los signos de senescencia de las hojas frescas y por consiguiente a la pérdida de calidad (Junqueira Gonçalves *et al.* 2012; Martínez Sánchez *et al.*, 2008), sin embargo la gran mayoría de estudios disponibles en hierbas aromáticas se encuentran enfocados 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) y al estudio de las características de los aceites esenciales (Calvo-Irabien *et al.*, 2009), pocos se encuentran enfocados con la fisiología poscosecha de la *Mentha spicata* (Aharoni *et al.*, 1993; Cantwell y Reid, 1993-2002; Böttcher *et al.*, 2002; Kenigsbuch *et al.*, 2007; Hassan y Mahfouz, 2010, Santos *et al.*, 2014) y en especial en el comportamiento poscosecha de la hierbabuena (Cantwell y Reid, 1993- 2002; Bedoya y Villamizar, 2006; Cruz-Alvarez *et al.*, 2013; Curutchet *et al.*, 2014).

Por su parte, el proyecto Merlín (2010) menciona que la Menta (*Mentha piperita*) almacenada a 5°C conserva una excelente calidad por 10 días, manteniendo el estado comercial de las plantas hasta los 17 días después de su almacenamiento, a partir de este momento el producto empieza a mostrar deterioro en sus hojas y tallos, presentando coloraciones amarillentas en sus hojas y pérdidas sustanciales en sabor y olor. Al someter la Menta a tratamiento con atmósfera modificada (10% de O₂ y 3,9% de CO₂) el producto tiene un tiempo de vida útil de 20 días para su comercialización.

Las condiciones ambientales a las cuales se someten los cultivos en su crecimiento y desarrollo, generan un impacto significativo en la calidad del producto cosechado durante el almacenamiento. Se sabe que el máximo beneficio económico se obtendrá utilizando el control optimizado del clima con un aumento de la temperatura cada vez que la estructura este cerrada y una reducción cuando esté abierta (Bailey, 1988). Sin embargo, los estudios referentes a los efectos de la difusividad de la radiación en el comportamiento poscosecha de la planta son escasos (Maghsoud, 1976; Bailey, 1981 -1988; Garzoli y Blackwell, 1987)

Por otro lado, varios estudios han demostrado que las prácticas de riego deficitario en cierta medida pueden llevar a aumentar la eficiencia en el uso del agua sin afectar significativamente el rendimiento de los cultivos en la producción (Ferrerres y Soriano, 2007). Los efectos del riego deficitario en diferentes cultivos han sido ampliamente estudiados por varias décadas (Inglés y Raja, 1996). El riego deficitario ha demostrado que tiene efectos variables sobre los atributos de calidad de diversos cultivos, pero su efecto específico sobre las plantas aromáticas se ha estudiado principalmente en el rendimiento y la calidad de sus aceites esenciales (Ram *et al.*, 2006; Okwany *et al.*, 2009, Okwany *et al.*, 2011, Telci *et al.*, 2006, ekren *et al.*, 2012, Meskelu *et al.*, 2014)

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento poscosecha de la hierbabuena (*Mentha Spicata*) producida bajo invernadero con difusividad de luz y láminas de riego específicas, almacenada bajo condiciones de refrigeración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Vegetal

Las plantas de hierbabuena (*Mentha spicata*) fueron seleccionadas en bloques al azar de un cultivo de dos meses provenientes de los ambientes generados por las películas plásticas con difusividad del 35% (SP) y del 82% (DF) y combinadas con riego en Capacidad de Campo (T1) y riego al 75 % de este valor (T2), ubicados en los invernaderos de la Facultad de Ciencias agrarias de la Universidad Nacional de Colombia (Bogotá D.C., Colombia); las plantas se cosecharon a las 10 semanas de ser trasplantadas. El material recolectado (36 plantas) fue llevado al laboratorio de poscosecha de la Universidad Nacional de Colombia depositado en bolsas de Polietileno de Baja Densidad (PEBD) con perforaciones del 25% de la superficie y almacenado durante tres semanas a 4 °C sin condiciones atmosféricas especiales. Las muestras fueron retiradas periódicamente en intervalos de un día entre muestreos, realizando 9 mediciones de variables a lo largo del estudio;

Actividad Respiratoria

Las muestras de hierbabuena se pesaron y se colocaron en un sistema cerrado en una cámara BioChamber 2000 de plástico con capacidad 2000 ml con un sensor de gas CO₂ para monitorear los niveles de dióxido de carbono mediante el control de la cantidad de radiación infrarroja absorbida por las moléculas de dióxido de carbono. Este monitoreo se realizó siempre en las mismas plantas para generar la curva de respiración.

Pérdida de peso

Las muestras de hierbabuena cosechadas se pesaron utilizando una balanza de precisión. La Pérdida de Peso (PP) se expresa como porcentaje del Peso Final (PF) con respecto al Peso Inicial (PI) aplicando la fórmula:

$$\% PP = [(PF - PI) * PF^{-1}] * 100 \quad (1)$$

Color de la superficie

Las mediciones de color se realizaron con un colorímetro Konica Minolta® CR-400. Con una superficie de medición circular de 8 mm de diámetro. Las lecturas se tomaron colocando la cabeza del colorímetro en la superficie adaxial de la hoja; registrando las coordenadas L*, a*, b* de la escala CIE y las funciones:

$$\text{Tono: } h^\circ = 180 + \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (2)$$

$$\text{Croma: } C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3)$$

Sólidos solubles

Las mediciones de Sólidos Solubles Totales (SST) se realizaron empleando un refractómetro Kikuchi® para lo cual se extrajo el zumo de cada muestra diluida en 50 ml de agua destilada, se filtró y homogenizó el zumo para verterle algunas gotas al refractómetro y corrigiendo el valor obtenido por medio de la siguiente ecuación:

$$SSTp = (SSTd \times Wd) / Wp \quad (4)$$

Donde

SSTp- porcentaje de sólidos de la pulpa, °Brix

SSTd- porcentaje de sólidos de la dilución pulpa-agua, °Brix

Wd- peso de la dilución pulpa-agua, g

Wp- peso de la pulpa empleada en la dilución, g

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividad Respiratoria

Aharoni *et al.* (1993), Cantwell y Reid (1993) y Böttcher *et al.* (1999), han señalado que las hierbas aromáticas después de ser cosechadas y durante su manejo y transporte, son altamente susceptibles a una senescencia acelerada, 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. Según Kader (2003), el Índice de Respiración (IR) de la espinaca y el perejil a 5°C es superior a 60 mgCO₂ kg⁻¹ h⁻¹; consecuente con los resultados obtenidos en este estudio (Tabla 1)

Se observó un comportamiento decreciente a lo largo del muestreo para las plantas producidas bajo las distintas condiciones mencionadas en el ensayo; en el caso del plástico no difuso (SP) el IR disminuyó 79,7% al final de su vida útil (20 días) respecto al primer día de la toma de datos para la lamina de riego del 100% de la Capacidad de Campo (T1), mientras que para la lamina del 75 % de la Capacidad de Campo (T2) dicha disminución fue de 53,7% respecto al primer día de almacenamiento. Para el plástico Difuso (DF) la diferencia entre los valores registrados para IR del primer día y el último día fue de 64,1% para T1 y 21,3% para T2; lo que permite evidenciar una influencia un por parte de la cubierta plástica y la lamina de riego empleada durante el desarrollo del cultivo.

Pérdida de peso

El porcentaje de pérdida de peso tuvo un incremento lineal a lo largo de los días de almacenamiento. Como se observa en la Tabla 1, la pérdida de peso no se vio afectada por la lámina de riego utilizada durante el crecimiento de la planta. Sin embargo, se encontró una variación respecto al tipo de plástico bajo el que se desarrolló el material vegetal, 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). Según Ben-Yehoshua y Rodov, (2003), cuanto mayor sea el déficit de presión de vapor, las pérdidas de agua serán superiores, lo que se traduce en pérdidas de peso en el transcurso del tiempo. Cantwell y Reid (1993 - 2002) y Loaiza y Cantwell (1997) reportan que hierbas aromáticas como el cilantro, la menta y la hierbabuena son altamente susceptibles a perder agua como producto de su alta transpiración, en el caso de la *Mentha spicata* este valor es de $1.8 \text{ ml g}^{-1} \text{ día}^{-1}$

Sólidos Solubles Totales (SST)

El consumo de los azúcares incluidos en la fracción SST durante el almacenamiento normalmente se relaciona con los procesos metabólicos normales, que corresponde a la evolución del metabolismo de la hoja durante el almacenamiento (Roura, Davidovich y del Valle, 2000; Balaguera-Lopez, 2012). Los SST están constituidos entre el 80 y 95% por azúcares disueltos en el jugo celular, el valor restante lo componen ácidos, vitaminas, entre otros.

Los cambios ocurridos en los SST se resumen en la Tabla 1, para el caso de las plantas sometidas al plásticos SP con láminas T1 y T2 se presentó un incremento del 45,4% y 42,8 % respectivamente, con respecto al valor inicial; las excepciones se registraron sobre la evolución de las plantas sometidas al plástico DF con lamina T1 y T2 con un incremento del 20% y 68 % respectivamente. Sin embargo estos datos fueron mayores a lo señalado por Santos *et al.* (2014) en hierbabuena sometida a condiciones de $3 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 10 días, donde la diferencia entre el valor del primer día y el último día fue 31,3% inferior al valor inicial

TABLA 1. Respuesta fisiológica obtenida por la hierbabuena (*Mentha spicata*) en el almacenamiento a 4°C .
Physiological responses elicited by *Mentha spicata* in storage at 4°C

Día	Actividad Respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)				Pérdida de Peso (%)				Sólidos Solubles Totales (°Brix)			
	SP T1	SP T2	DF T1	DF T2	SP T1	SP T2	DF T1	DF T2	SP T1	SP T2	DF T1	DF T2
1	52,96	58,03	88,55	53,12	0	0	0	0	0,60	0,80	0,80	0,50
20	10,75	26,90	31,87	41,72	28,21	50,00	41,33	51,60	1,10	1,40	1,00	1,60

SPT1- plástico no difuso con lamina de riego del 100% de la Capacidad de Campo; SP T2- plástico no difuso con lamina de riego del 75% de la capacidad de campo; DF T1- plástico difuso con lamina de riego del 100% de la capacidad de campo; DF T2- plástico difuso 75% de la capacidad de campo.

Color de la Superficie

Cantwell y Reid (1993) y Kenigsbuch *et al.* (2007) afirman que, como todos los tejidos de hoja verde, las hierbas aromáticas se afectan negativamente por el etileno, lo que manifiestan con síntomas como amarillamiento, caída de las hojas y epinastia. Estos autores también afirman que el cambio de color es un factor que limita la vida útil de las verduras frescas y es causada principalmente por la degradación de los pigmentos y la incidencia de pardeamiento enzimático. Respecto al color registrado por las muestras de hierbabuena del estudio, se pudo observar una baja influencia del tipo de plástico utilizado, pero si una correlación con en los valores obtenidos en Luminosidad (L), Saturación (C) y tono angular (hue), respecto a la lámina de riego empleada (Tabla 2); consecuentes con lo afirmado por (Curutchet *et al.*,2014).

TABLA 2. Evolución del color obtenida por la hierbabuena (*Mentha spicata*) en el almacenamiento a 4°C . **Color evolution elicited by *Mentha spicata* in storage at 4°C**

Día	Luminosidad (L)				Tono Angular (hue) (°)				Saturación			
	SP T1	SP T2	DF T1	DF T2	SP T1	SP T2	DF T1	DF T2	SP T1	SP T2	DF T1	DF T2
1	31,14	26,86	30,59	26,48	119,85	130,20	119,16	127,07	12,95	8,96	11,08	9,09
20	33,46	25,59	28,00	24,62	117,00	116,13	98,25	120,91	12,14	7,24	6,44	6,79

SPT1- plástico no difuso con lamina de riego del 100% de la Capacidad de Campo; SP T2- plástico no difuso con lamina de riego del 75% de la capacidad de campo; DF T1- plástico difuso con lamina de riego del 100% de la capacidad de campo; DF T2- plástico difuso 75% de la capacidad de campo

Durante el almacenamiento se observaron cambios en el comportamiento respecto a croma y tono angular para ambas láminas de riego; observando una mayor saturación para las plantas con lamina de riego de 100% (Figura 1 A). Los Valores del parámetro L/ registrados en este trabajo fueron inferiores a los presentados por Therdthai y Zhou (2009) en *M. cordifolia* ($L = 35,4$) acompañado a su vez de un comportamiento más irregular a lo largo del estudio. Cantwell y Reid (2002) y Böttcher et al. (2003) exponen que, al igual que con otros productos perecederos, la temperatura es el factor más importante que afecta la vida de las hierbas frescas y señalan que 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 %).

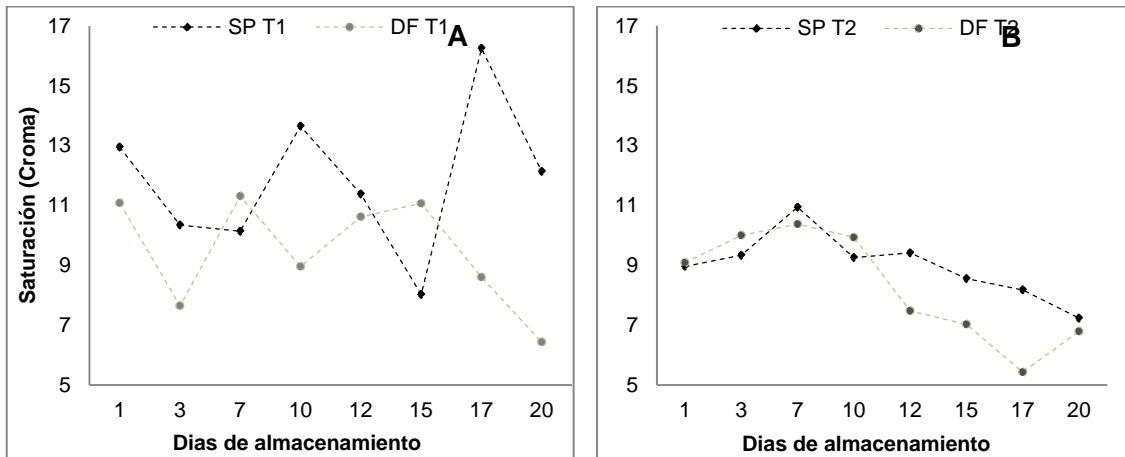


FIGURA 1. Comportamiento de la saturación de color de las hojas de hierbabuena con respecto a la lámina de Riego empleada. A- 100% de capacidad de campo, B- 75% de capacidad de campo.

Por su parte, Sothornvit y Kiatchanapaibul (2009) alegan que en los vegetales la disminución en el tono angular se debe a la degradación de los pigmentos de clorofila de color verde brillante a verde oliva y finalmente a amarillo. Wong, Amikha Prasad, y O'Hare (2005) señalaron que a 2°C, los daños fisiológicos son la causa principal de la disminución de la apariencia de las hojas de *Brassica pekinensis*. Asimismo, los autores informaron que el tono angular no disminuyó a esta temperatura y 123,7° al final de su vida útil (27 días) diferente a lo registrado durante el almacenamiento donde se registró un tono angular inferior en las plantas de plástico SP y lamina de riego del 75 % de la capacidad de campo 116,13° al final de su vida útil (20 días) y en las plantas con lámina de riego T1 (Figura 2) 117,00° y 98,25° al final de su vida útil (20 días) para los plásticos SP y DF respectivamente

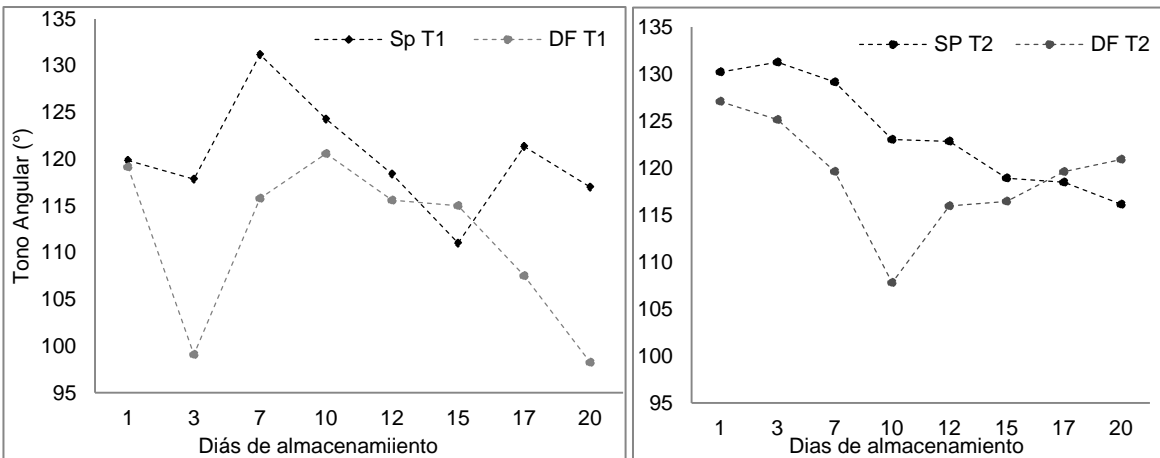


FIGURA 2. Comportamiento del tono angular de las hojas de hierbabuena con respecto a la lámina de Riego empleada. A- 100% de capacidad de campo, B- 75% de capacidad de campo.

CONCLUSION

Los resultados del presente trabajo mostraron que las plantas de hierbabuena regadas con una lámina del 75% de la Capacidad de Campo y cultivadas bajo invernadero con una cubierta difusa, mantienen excelente calidad hasta por 17 días de almacenamiento refrigerado a 4°C y permanecen con calidad comercializable hasta por 20 días, igualando los resultados obtenidos por el tratamiento con atmósfera modificada (10% de O₂ y 3,9% de CO₂) presentados en el proyecto Merlín (2010)

REFERENCIAS

- ABLE, A. J., WONG, L. S., AMIKHA PRASAD, A., & O'HARE, T. J. 2005. **The physiology of senescence in detached pak choy leaves (*Brassica rapa* var. *chinensis*) during storage at different temperatures.** *Postharvest Biology and Technology*, 35, 271–278.
- AHARONI, A.; DVIR, O.; CHALUPOWICZ, D.; AHARON, Z. 1993. **Coping with postharvest physiology of fresh culinary herbs.** *Acta Horticulturae* 344: 69-77.
- BAILEY, B. J. 1981. **"The reduction of thermal radiation in glasshouse by thermal screens"**. *Agric. Engng Res.*, 26: 215-224.
- BAILEY, B. J. 1988. **"Control strategies to enhance the performance of greenhouse thermal Screens"**. *Agric. Engng Res.*, 40: 187-198.
- BALAGUERA-LOPEZ, H. E. **Cambios durante la maduración.** Notas de clase del curso tecnología de la poscosecha, Universidad Nacional de Colombia, 2012, p. 15.
- BEDOYA, L.; VILLAMIZAR, F. 2006. **CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y FISIOLÓGICA POSCOSECHA DE MENTA (*Mentha spicata* L.) ALMACENADA A TRES TEMPERATURAS CON Y SIN EMPAQUE.** Memoria del Primer Congreso Colombiano de Horticultura. (pp.230). Bogotá. Universidad Jorge Tadeo Lozano
- BEN-YEHOSHUA, S.; RODOV, V. 2003. **Transpiration and water stress**, pp. 1-49. In: *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. BARTZ, J. A.; BRECHT, 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.
- 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
- CALVO-IRABIEN, L. M.; YAM-PUC, J. A.; DZIB, G.; ESCALANTEEROSA, 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.
- 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.
- CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL (CCI). 2007. **Producción de plantas aromáticas** pp. 45-47. En: 2. Entorno Nacional. Plan Hortícola Nacional – PHN. Corporación Colombia Internacional (CCI). Bogotá, D.C.
- 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.
- CURUTCHET, A.; DELLACASSA, E.; RINGUELET, J.-A.; CHAVES, A.-R.; VIÑA, Z.-S. 2014. **Nutritional and sensory quality during refrigerated storage of fresh-cut mints (*Mentha x piperita* and *M. spicata*).** a review. *Critical Reviews in Food Chemistry* 143 (2014) 231–238.
- CRUZ-ÁLVAREZ, O.; MARTÍNEZ-DAMIÁN, M. T.; BERYL COLINAS-LEÓN, M. T.; RODRÍGUEZ-PÉREZ, J. E.; RAMÍREZ-RAMÍREZ, S. P. **Cambios de calidad en poscosecha de menta (*Mentha x piperita* L.) almacenada en refrigeración.** revista chapingo serie horticultura [en línea] 2013, 19 (Septiembre-

Diciembre)

- 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
- 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
- EKREN, S., SONMEZ, C., OZCAKAL, E., KURTTAS, Y.S.K., BAYRAM, E., GURGULU, H., 2012. **The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (Ocimum basilicum L.).** Agricultural Water Management 109, 155– 161.
- ENGLISH, M.J. AND RAJA, S. N. 1996. **“Perspective on deficit irrigation.”** Agric.Water Management, 32: 1-14.
- FERERES, E., SORIANO, M.A., 2007. **Deficit irrigation for reducing agricultural water use.** J. Exp. Bot. 58:147–159.
- GARZOLI, K.V. y BLACKWELL, J. 1987. **“An analysis of thenocturnal heat loss from a double skin plastic greenhouse”.** J. Agric. Engng Res., 36: 75-85.
- 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
- JUNQUEIRA-GONÇALVES, M. P., ZU-NIGA, G. E., ZARATE, H., ARCOS, K., GANGA, A., & MILTZ, J. (2012). **Effect of γ -radiation on chives safety and quality.** International Journal of Food Science & Technology, 47(11), 2436e2443
- KADER, A.; SALTVEIT, M.E. 2003. **Respiration and gas exchange.** In: Bartz, J.A. and Brecht, J.K. (eds). Postharvest physiology and pathology of vegetables. Marcel Dekker, New York, 7-29.
- 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
- LOAIZA, J.; CANTWELL, M. I. 1997. **Postharvest physiology and quality of cilantro (Coriandrum sativum L.).** HortScience 32(1): pp104-107. <http://hortsci.ashspublications.org/content/32/1/104.full.pdf+html>
- MAGHSOOD, J.1976. **“A study of solar energy parameters in plastic-covered greenhouse”.** J. Agric. Engng Res., 21: 305-312.
- MARTÍNEZ-ROMERO, D; BAILEN, 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.
- MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A., ALLENDE, A., CORTES-GALERA, Y., & GIL, M. I. (2008). **Respiration rate response of four baby leaf Brassica species to cutting at harvest and fresh cut washing.** Postharvest Biology and Technology, 47(3), 382-388.
- MESKELU, E *et al.*;2014. **Spearmint (Mentha spicata L.) Response to Deficit Irrigation.** International Journal of Recent Research in Life Sciences (IJRRLS)Vol. 1, Issue 1, pp 22-30
- 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
- MURDOCK, D. H. (2002). **Encyclopedia of Foods: A Guide to Healthy Nutrition.** San Diego,California: Academic Press.
- 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
- OKWANY RO, PETERS TR, RINGER KL (2009) **Effect of sustained deficit irrigation on hay and oil yield of native spearmint (Mentha spicata).** In irrigation and drainage for food, energy and the environment. In: 5th international conference on irrigation and drainage, Salt Lake City, Nov 3–6, pp 239–252

- OKWANY, R.O., T.R. PETERS, K.L. RINGER, D.B. WALSH AND M. Londono. 2011. **Impact of sustained deficit irrigation on spearmint (*Mentha spicata* L.) biomass production, oil yield and oil quality.** Irrig. Sci. DOI: 10.1007/s00271-011-0282-4
- PROYECTO MERLÍN II. 2010. PROTOCOLO DE MENTA. pp. 18-21. En: **Protocolo Técnico y Logístico Hierbas Aromáticas.** Proyecto Merlín II. Bogotá, D.C.
- RAM, D., RAM, M., AND SINGH, R. 2006. **Optimization of water and nitrogen application to menthol mint (*Mentha arvensis* L.) through sugarcane trash mulch in a sandy loam soil of semi arid subtropical climate.** Biresource Technology 97:886-893
- ROURA, S. I., DAVIDOVICH, L. A., & DEL VALLE, C. E. (2000). **Quality loss in minimally processed Swiss chard related to amount of damaged area.** LWT – Food Science and Technology, 33(1), 53–59.
- SANTOS, J, HERRERO, M; MENDIOLA, J.A; OLIVA-TELES, M.T.; IBAÑEZ, E.; DELERUE-MATOS, C; OLIVEIRA, M.B.P.P.2014. **Fresh-cut aromatic herbs: Nutritional quality stability during shelf-life.** LWT - Food Science and Technology 59 (2014) 101-107.
- TELCI, I., BAYRAM, E., YILMAZ, G., AVCI, B., 2006. **Variability in essential oil composition of Turkish basils (*Ocimum basilicum* L.).** Biochem. Syst. Ecol. 34, 489–497.
- THERDTHAI, N., & ZHOU, W. (2009). **Characterization of microwave vacuum drying and hot air drying of mint leaves (*Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen).** Journal of Food Engineering, 91, 482–489.
- SOTHORNVIT, R. AND P. KIATCHANAPAIBUL. 2009. **Quality and shelf-life of washed fresh-cut asparagus in modified atmosphere packaging.** LWT-Food Sci. Technol. 42:1484–1490.