

EFEECTO DE LOS NIVELES DE DIFUSIVIDAD DE LA LUZ EN PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO SOBRE LA CALIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA HIERBABUENA (MENTHA SPICATA)

ANDRES CAMILO LARA GUTIERREZ¹, JESSICA VARGAS CRUZ², JOHN FABIO
ACUÑA C³, GIOVANNA QUINTERO-ARIAS⁴

¹ estudiante de ingeniería agrícola, auxiliar de investigación, departamento de ingeniería civil y agrícola, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. (+57) 3209008471, aclarag@unal.edu.co

² Ingeniería Agrícola Msc, Profesional Investigador, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, (+57) 3017421272, jevargasr@unal.edu.co

³ Ingeniero Agrícola Ph. D. Profesor Asociado, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. (+57) 3108567566, jfacunac@unal.edu.co

⁴ Ingeniería Agrícola Msc, Profesional Investigador, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, (+57) 3166931768, dgquintero@unal.edu.co

Apresentado al

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

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.

INTRODUCCION

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, pasando de 194 hectáreas en 1997 a 713 (has) en 2005 en área cultivada, y de 1.303 toneladas a 3.257 en producción a nivel nacional y siendo el departamento de Cundinamarca el mayor productor. 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). Y muy 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, 2007, Alvarez *et al.*, 2013; Curutchet *et al.*, 2014).

Las condiciones ambientales a las cuales se someten los cultivos en su etapa de 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 en el comportamiento poscosecha de la planta son escasos (Maghsood, 1976; Bailey, 1981 -1988; Garzoli y Blackwell, 1987)

Por otro lado, varios estudios han demostrado que las prácticas de riego deficitario en cierta medida puede llevar a aumentar la eficiencia en el uso del agua sin afectar significativamente el rendimiento de los cultivos en la producción (FAO, 2002; Fereres y Soriano, 2006). 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., Okwany 2006, et al., 2008, Okwany et al., 2011, Mekonnen y Kassahun, 2011, Telci et al., 2011, 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 muestreo 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 se expresa como porcentaje (%) respecto al peso inicial aplicando la fórmula

$$\% \text{ de pérdida de peso} = (\text{Peso final} - \text{Peso Inicial} / \text{Peso final}) \times 100 \text{ (1)}$$

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 así obtener un valor posteriormente el valor obtenido se corrige por medio de la siguiente ecuación:

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

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 E DISCUSSÃO

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 acelerada senescencia, acompañada por pérdidas de frescura, clorofila y calidad culinaria debido a su alto metabolismo donde, al igual que en otros productos perecederos, la temperatura es el factor más importante. Según Kader (1992), el índice de respiración de la espinaca y el perejil a 5 °C es mayor 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 ensayo para las plantas producidas con lámina de riego del 75% de la capacidad de Campo donde la respiración de las plantas producidas bajo el plástico no difuso es 1,092 veces mayor a la de las plantas producidas bajo el plástico difuso en un principio, pero al finalizar el muestreo el Índice de Respiración (IR) es 1,55 veces menor. No obstante para la lámina de riego del 100% de la Capacidad de Campo se observó que la respiración de las plantas producidas bajo el plástico difuso es 1,67 veces mayor a la de las plantas producidas bajo el plástico no difuso y al final del muestreo las plantas de invernadero DF presentaron IR 2,96 veces mayor que el de las del invernadero SP.

Pérdida de peso

El porcentaje de pérdida de peso tuvo un incremento lineal a lo largo de los días de almacenamiento. Como se puede observar 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; mostrando una disminución respecto a lo afirmado por (Curutchet *et al.*,2014). 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: $1.8 \text{ ml g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ en el caso de la *Mentha spicata*

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: 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 la diferencia entre el primer y el último día de almacenamiento fue 45,4% y 42,8 % superior 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 (*Mentha spicata*) sometida a condiciones de $3 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 10 días donde la diferencia entre el valor del primer día y el ultimo 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 .**

Días	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.

3.3. 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, 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. 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.**

Días	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 cromas y tono angular para ambas láminas de riego; observando una mayor saturación para las plantas con lamina de riego de 100% (Figura 1 A) acompañado a su vez de un comportamiento más irregular a lo largo del estudio y un tono angular inferior al de las plantas con lamina de riego T2 (Figura 2) Cantwell y Reid (2002) y Böttcher *et al.* (2003), indican 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 algunas de estas como la hierbabuena 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 %)

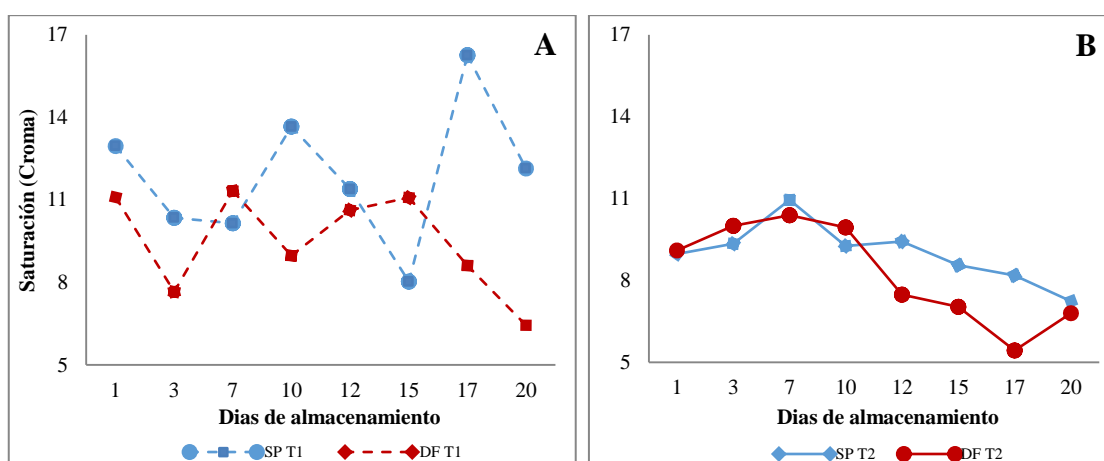


FIGURA 1. Comportamiento de la saturación de color de las hojas de hierbabuena con respecto a la lámina de Riego empleada. **A-** 100% de capacidad de campo, **B-** 75% de capacidad de campo.

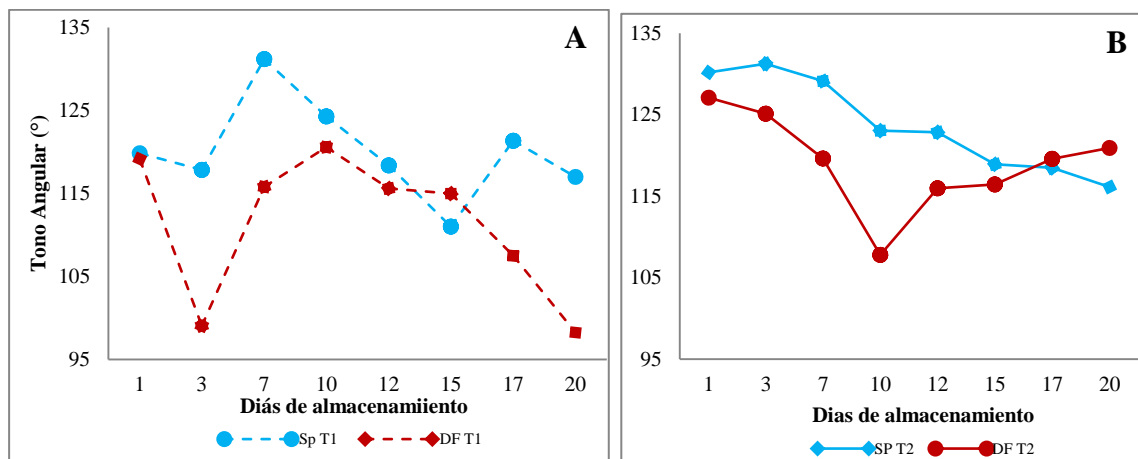


FIGURA 2. Comportamiento del tono angular de las hojas de hierbabuena con respecto a la lámina de Riego empleada. **A-** 100% de capacidad de campo, **B-** 75% de capacidad de campo.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo mostraron que el almacenamiento refrigerado a una temperatura de 4°C de plantas de hierbabuena producidas en invernadero bajo condiciones de difusividad del 82% y lámina de riego del 75% de la Capacidad de Campo incrementa el tiempo de almacenamiento en fresco al reducir moderadamente la actividad respiratoria y observándose una reducción en la variación de pérdida de peso, atributos de apariencia visual requeridos en la comercialización de la hierbabuena y sólidos solubles, totales frente a los demás tratamientos empleados.

REFERENCIAS

AHARONI, A.; DVIR, O.; CHALUPOWICZ, D.; AHARON, Z. 1993. **Coping with postharvest physiology of fresh culinary herbs**. Acta Horticulturae 344: 69-77.

BALAGUERA-LOPEZ, H E. **Cambios durante la maduración**. Notas de clase del curso tecnología de la poscosecha, Universidad Nacional de Colombia, 2012, p. 15.

BEN-YEHOSHUA, S.; RODOV, V. 2003. **Transpiration and water stress**, pp. 1-49. In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables. BARTZ, J. A.; BRENCHT, J. K. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.

BÖTTCHER, H.; GÜNTHER, I.; FRANKE, R. 2002. **Physiological postharvest response of peppermint (*Mentha x piperita* L.) herbs.** Gartenbauwissenschaft 67(6): 243-254.

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.

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 * 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)

HRUSCHKA, H. W.; WANG, C. Y. 1979. **Storage and Shelf Life of Packaged Watercress, Parsley, and Mint.** United States Department of Agriculture, Science and Education Administration. Marketing. Research Report. 35 p.

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.

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.