



Posharvest Characterization of Castilla Blackberry (*Rubus glaucus*) Treated with 1-Methylcyclopropene

*Caracterización de la poscosecha de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) tratada con 1-metilciclopropeno*

M.Sc. Tania María Guzmán, M.Sc. Karina Cuenca, M.Sc. Elizabeth Tacuri

Universidad Tecnológica Equinoccial, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

ABSTRACT. The effect of 1-MCP treatment on the main post-harvest parameters of Castilla blackberry (*Rubus glaucus*) during refrigerated storage was determined. The fruits were treated with a dose of 3 μL / L of 1-MCP for six hours at room temperature, and stored at two different temperatures (1 ° C and 12 ° C) for nine days leaving controls untreated. Blackberries treated with 1-MCP showed lower weight losses, color, firmness, and a lower degree of contamination, generating a lower maturity rate compared to control. Low temperature potentiated the effect of the inhibitor on the fruits, observing a greater delay in senescence at 10C. According to the results obtained, it was observed that the treatment with 1-MCP combined with the low temperatures delays the deterioration of the Castilla blackberry fruit. It is recommended to perform tests at other temperatures and storage times and apply 1-MCP, immediately after harvest.

Keywords: Postharvest, 1-MCP, *Rubus glaucus*, shelf life.

RESUMEN. Se determinó el efecto del tratamiento con 1-MCP sobre los principales parámetros postharvest de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) durante el almacenamiento refrigerado. Los frutos fueron tratados con una dosis de 3 μL /L de 1-MCP durante seis horas a temperatura ambiente, y almacenados a dos temperaturas diferentes (1°C y 12°C) durante nueve días dejando controles sin tratamiento. Las moras tratadas con 1-MCP presentaron menores pérdidas de peso, color, firmeza, y un menor grado de contaminación, generando un índice de madurez más bajo en comparación al control. La baja temperatura potenció efecto del inhibidor en los frutos, observándose un mayor retraso en la senescencia a 1°C. De acuerdo a los resultados obtenidos pudo observarse que el tratamiento con 1-MCP combinado con las bajas temperaturas retarda el deterioro de la mora de castilla. Se recomienda realizar ensayos a otras temperaturas y tiempos de almacenamiento y aplicar 1-MCP inmediatamente después de la cosecha.

Palabras clave: postharvest, 1-MCP, *Rubus glaucus*, vida útil

INTRODUCTION

Beyond the refrigeration, in numerous fruits and vegetables, different technologies are used usually postharvest in order to delay their deterioration; the inhibitor of the ethylene 1-methylcyclopropene (1-MCP) is one of them. This compound of low toxicity and stable temperature has been widely studied in recent years (Biswas *et al.*, 2014; Pongprasert y Srilaong, 2014; Torres *et al.*, 2016). Its action consists in blocking receptors of ethylene (hormone related to maturation in climacteric fruits), since its affinity for these sites is 10 times greater than that of ethylene (Chiriboga *et al.*, 2013; Rodoni *et al.*, 2014). It is also suggested that 1-MCP could reduce the production of ethylene

INTRODUCCIÓN

Más allá de la refrigeración, en numerosas frutas y hortalizas suelen emplearse diferentes tecnologías poscosecha a fin de retrasar su deterioro; entre ellas se destaca el inhibidor del etileno 1-metilciclopropeno (1-MCP). Este compuesto de baja toxicidad y estable a temperatura ambiente, ha sido ampliamente estudiado en los últimos años (Biswas *et al.*, 2014; Pongprasert y Srilaong, 2014; Torres *et al.*, 2016). Su acción consiste en bloquear sitios receptores del etileno (hormona relacionada con la maduración en frutos climatéricos), ya que su afinidad por estos sitios, es 10 veces mayor que la del etileno (Chiriboga *et al.*, 2013; Rodoni *et al.*, 2014). Igualmente se plantean que el 1-MCP puede dismi-

by inhibiting the genomic expression of the enzymes involved in its synthesis (Zhang *et al.*, 2012). Other studies also indicate that this important blocker also decreases the respiratory rate and as a consequence the production of CO₂ (Gardin *et al.*, 2012; Jamjumroon *et al.*, 2013).

Although the majority of the authors describe the action of 1-MCP in climacteric fruits (dependent on the ethylene), its wide protection to agricultural species, its easy application and efficacy, turn it into an attractive candidate in the postharvest treatments of non-climacteric fruits. In this regard, several studies show its action in horticultural products (not dependent on ethylene) (Chen *et al.*, 2015; Trevenzoli *et al.*, 2016), evidence that demonstrates the existence of mechanisms not yet clarified, which determine its action and effectiveness in these plants (Escobar *et al.*, 2014; Chen *et al.*, 2015; Watkins *et al.*, 2015).

The blackberry of Castilla (*Rubus glaucus*) is a non-climacteric fruit (not dependent on the ethylene), highly perishable, which presents high losses postharvest (Ramírez, 2012; Ayala *et al.*, 2013). During its storage, the softening of the pulp happens very quickly during the first days after the fruit is harvested. Loss of firmness is the main limiting factor of the time of conservation. Consistently, its shelf life is short (3-5 days to 0-1 °C and 80-95 % HR), registering postharvest losses between 70 - 80 % (Ramírez, 2012; Ayala *et al.*, 2013; Villegas *et al.*, 2016). In the places of sale, where the refrigeration temperatures are higher than 5°C, fruit senescence is accelerated, shortening fruit's shelf life to 1-2 days, and making numerous changes visible such as: softening, high coloration, dehydration, contamination by molds, etc. (Kaume *et al.*, 2012). These postharvest changes are associated with biochemical changes that lead to the ripening of the fruit and their manifestation depends on various factors like storage temperature, microbial load, fruit damage and others (Villegas *et al.*, 2016). The aim of this work was determining the effect of the treatment with 1-MCP on the main postharvest parameters of blackberry of Castilla (*Rubus glaucus*) during the refrigerated storage.

METHODS

The fruits (*Rubus glaucus*) with a maturation grade of four were selected by uniformity of size, color and absence of damages or defects. Later, they were treated with a dose of 3 µL/L of 1-MCP for six hours to room temperature (Chiriboga *et al.*, 2013) in a plastic camera of 20 L of capacity previously sealed. Four different treatments were applied, where the fruits were stored at two different temperatures (1°C and 12°C) and relative moisture of 85-90 % for 9 days. Blackberries were located in polyethylene containers, with 395 cm³ of capacity (ten fruits per container), leaving witnesses fruits (without 1-MCP treatment), preserved in the same conditions. The variables (color, firmness, contamination, loss of weight, acidity and solid soluble) were analyzed during the zero, 3rd, 5th, 7th and 9th days.

Color determination was made by colorimetric measurement of the anthocyanin concentration using differential pH method and applying the formula: Antocianina (mg L⁻¹) = (A *

nuir la producción de etileno al inhibir la expresión genómica de las enzimas que participan en su síntesis (Zhang *et al.*, 2012). Otros estudios también indican que este importante bloqueador también disminuye la tasa respiratoria y como consecuencia la producción de CO₂ (Gardin *et al.*, 2012; Jamjumroon *et al.*, 2013).

Aunque la gran mayoría de los autores describen la acción del 1-MCP en frutos climatéricos (dependientes del etileno), su amplia protección a especies agrícolas su fácil aplicación y eficacia, lo convierten en un candidato atractivo en los tratamientos poscosecha de frutos no climatéricos. En tal sentido varios estudios demuestran su acción en productos hortofrutícolas (no dependientes del etileno) (Chen *et al.*, 2015; Trevenzoli *et al.*, 2016), evidencia que demuestra la existencia de mecanismos aún no esclarecidos, que determinan su acción y eficacia en estas plantas (Escobar *et al.*, 2014; Chen *et al.*, 2015; Watkins *et al.*, 2015).

La mora de castilla (*Rubus glaucus*) es un fruto no climatérico (no dependiente del etileno), altamente perecedero y que presenta elevadas pérdidas poscosecha (Ramírez, 2012; Ayala *et al.*, 2013). Durante su almacenamiento, el ablandamiento de la pulpa ocurre muy rápidamente durante los primeros días después de cosechado el fruto. Esta pérdida de firmeza, es el principal limitante del tiempo de conservación. Consecuentemente su vida de anaquel es corta (3-5 días a 0-1 °C y 80-95 % HR), registrándose pérdidas poscosecha entre 70 - 80% (Ramírez, 2012; Ayala *et al.*, 2013; Villegas *et al.*, 2016). En los sitios de venta donde las temperaturas de refrigeración son superiores a los 5°C la senescencia del fruto se acelera, acortando su vida útil a 1-2 días, y haciendo visibles numerosos cambios como: reblandecimiento, elevada coloración, deshidratación, contaminación por mohos etc. (Kaume *et al.*, 2012). Estos cambios poscosecha están asociados con cambios bioquímicos que conducen a la maduración del fruto y su manifestación depende de diversos factores como: temperatura de almacenamiento, carga microbiana, daños del fruto entre otros (Villegas *et al.*, 2016).

El objetivo del presente trabajo consistió en determinar el efecto del tratamiento con 1-MCP sobre los principales parámetros poscosecha de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) durante el almacenamiento refrigerado.

MÉTODOS

Los frutos (*Rubus glaucus*) con grado de maduración de cuatro fueron seleccionados por uniformidad de tamaño, color y ausencia de daños o defectos. Posteriormente fueron tratados con una dosis de 3 µL/L de 1-MCP durante seis horas a temperatura ambiente (Chiriboga *et al.*, 2013) en cámara plástica previamente sellada de 20 L de capacidad. Se aplicaron cuatro tratamientos diferentes en total, donde los frutos fueron almacenados a dos temperaturas diferentes (1°C y 12°C) y humedad relativa de 85-90% durante 9 días. Para ello las moras se ubicaron en contenedores de polietileno, con capacidad de 395 cm³, a razón de diez frutos por contenedor, dejando frutos testigos (sin tratamiento de 1-MCP), conservados en las mismas condiciones. Durante los días 0, 3, 5, 7 y 9, se analizaron las variables: color, firmeza, contaminación, pérdida de peso, acidez y sólidos solubles totales.

La determinación del color se realizó por medición colorimétrica de la concentración de antocianina utilizando el método de pH diferencial y aplicando la fórmula: Antocianina (mg L⁻¹)

molecular weight * FD * 1000) / (ε * 1) where A = the absorbance earlier studied; FD = the dilution factor; ε = the molar extinction coefficient (Giusti & Wrolstad, 2001).

The rate of fungal contamination was determined visually immediately after the containers opening. In each fruit the presence of fungi was observed individually, those that presented a visible contamination were considered contaminated. The results were expressed as percentage of fruits infected by fungi.

Physico-Chemical Parameters. The determination of total soluble solid (TSS) was carried out placing two drops of the sample on the surface of the prism of a refractometer ATAGO. Measurement was taken in Brix grades (°Brix). The acidity titrate (TA) was determined by potentiometric measurements and it was expressed in Meq of the predominant acid (malic acid). Firmness of the fruit was determined using penetrometer digitalis EXTECH, with a strength of 196 Newton. Digital Measuring Instrument was used to determine the weight of the fruits.

The TA and SST data were expressed as Rate of Ripeness (RR) from the relation TSS/TA. The results of color, weight, firmness and contamination, were determined as percentages of loss, according to the initial and final indicators values, in accordance with the following formula:

$$\% \text{ of losses (parameter)} = \frac{\text{Initial Value} - \text{Final Value}}{\text{Initial}} \cdot 100$$

Design: To measure the effect of 1-MCP in the fruits, a randomized block design was made with a 2 x 4 x 2 factorial arrangement ("with 1-MCP" and "without 1-MCP") x (storage times: zero, 3rd, 5th, 7th and 9th days) x (storage temperature: 1; 12 °C). The information obtained was analyzed by a triplicated using ANOVA and the means of the results were compared by the test LSD of Fisher with 95 % of confidence α = 0, 05.

RESULTS AND DISCUSSION

The analysis of variance LSD of Fisher demonstrated significant differences (p<0.05) between fruits with 1-MCP and without 1-MCP. By linking the treatments according to temperature, it was observed that loss of firmness increases by rising temperature (Figure 1). The biggest losses of firmness (>50%) were evidenced at 12oC in fruits without 1-MCP and the least (<20 %) in fruits with 1-MCP at 1 °C. In accordance with the results, the temperature of 1oC, 1-MCP delays even 4d the loss of firmness of the fruit. In climacteric fruits like: banana, papaya, apple, mango, zapote and tomato, significant reductions of the firmness were caused by the action of 1-MCP compared to control fruits (Piriyaivinit *et al.*, 2011; Su y Gubler, 2012; Parra y Fischer, 2013; Lee *et al.*, 2014; Pongprasert y Srilaong, 2014).

Similar studies in non-climacteric fruits also show that the treatment with 1-MCP can delay for a certain time (days) the loss of firmness in the fruit (Gómez *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2016). Similar studies results in yellow and red pitahaya are also evidences of the effect of 1-MCP in the firmness of non-climacteric fruits (Torres *et al.*, 2016).

This behavior of the fruits treated with 1-MCP has been related to the decrease of polygalacturonasa and celulasa ac-

= (A * Peso molecular * FD * 1000) / (ε * 1) donde A = Es la absorbancia antes calculada; FD = Es el factor de dilución; ε = El coeficiente de extinción molar (Giusti y Wrolstad, 2001).

El índice de contaminación fúngica se determinó visualmente de manera inmediata al abrir los contenedores. En cada fruto se observó individualmente la presencia de hongos, se consideraron contaminados aquellos que presentaron una contaminación visible. Los resultados se expresaron como porcentaje de frutos infectados por hongos.

Parámetros físico- químicos. La determinación de los sólidos solubles totales (SST) se efectuó colocando dos gotas de la muestra sobre la superficie del prisma de un refractómetro ATAGO, tomándose la medida en grados Brix (°Brix). La acidez titulable (AT) se determinó por titulación potenciométrica, y se expresó en Meq del ácido predominante (ácido málico). La firmeza del fruto se determinó utilizando penetrómetro digital EXTECH, con fuerza de 196 Newton. El peso de los frutos se realizó en balanza digital.

Los resultados de la AT y SST se expresaron como Índice de Madurez (IM) a partir de la relación SST/AT. Los resultados del color, peso, firmeza y contaminación se determinaron como porcentajes de pérdida, en función de los valores iniciales y finales de estos indicadores, de acuerdo a la siguiente formula:

Diseño: Para medir el efecto del 1-MCP en los frutos, se realizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 2x4x2 ("con 1-MCP" y "sin 1-MCP") x 4 (tiempos de almacenamiento: 0, 1, 3, 5, 7, 9 días) x 2 (temperatura de almacenamiento: 1, 12 °C). Los datos obtenidos fueron analizados por triplicado mediante ANOVA y las medias de los resultados comparadas por el test LSD de Fisher con 95% de confianza α=0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza LSD de Fisher evidenció diferencias significativas (p<0.05) entre frutos con 1-MCP y sin 1-MCP. Al relacionar los tratamientos en función de la temperatura se observó que la perdida de firmeza se incrementa con el aumento de la temperatura (Figura1). Las mayores pérdidas de firmeza (>50%) se manifestaron a los 12°C en frutos sin 1-MCP y las menores (<20%) en frutos con 1-MCP a 1 °C. Conforme a los resultados, a la temperatura de 1°C, el 1-MCP retrasa hasta 4d la pérdida de firmeza del fruto.

En frutos climatéricos como: banano, papaya, manzana, mango, chicozapote y tomate, se hallaron reducciones significativas de la firmeza por acción del 1-MCP en comparación con frutos controles (Piriyaivinit *et al.*, 2011; Su y Gubler, 2012; Parra y Fischer, 2013; Lee *et al.*, 2014; Pongprasert y Srilaong, 2014). Estudios similares en frutos no climatéricos también demuestran que el tratamiento con 1-MCP puede retardar por cierto tiempo (días) la pérdida de firmeza en el fruto (Gómez *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2016). Resultados similares de estudios en pitahaya amarilla y roja, también son evidencias del efecto del 1-MCP en la firmeza de frutos no climatéricos (Torres *et al.*, 2016).

tivities (Huerta-Ocampo *et al.*, 2012). It has been seen that the firmness of the fruits is directly related to the activity of these enzymes, which degrade pectine and cellulose, respectively and causing the softening of the fruit (Huerta-Ocampo *et al.*, 2012). Several authors affirm that the action of 1-MCP blocks the chain of metabolic signs that lead to the action of these enzymes and this effect has been evident several times in climacteric fruits, as in non-climacteric ones fruit (Huerta-Ocampo *et al.*, 2012; Botondi *et al.*, 2014; Krishnakumar y Thirupathi, 2014). In addition, it is referred that the process advances from the interior of the fruit towards the exterior, and for such a reason, when loss of firmness is evident in the external crust of the fruit; it is an indicator of the loss of internal firmness (Huerta-Ocampo *et al.*, 2012; Torres *et al.*, 2016).

In concordance with the obtained results, several authors also point out that the effect of the methylcyclopropene can decrease with the increase of the temperature of storage (Biswas *et al.*, 2014). Studies in Arrayana mandarin indicate that this effect between storage temperatures becomes significant at temperatures higher than 6 °C (Gómez *et al.*, 2015).

All fruits showed an increase in the losses of weight as the days passed. For both storage temperatures (1°C and 12°C) (Figure 2), there were significant differences ($p < 0.05$) in fruits with and without 1-MCP from 3-9d of storage. At the temperature of 12°C, the highest levels of weightloss were achieved (> 10 %) towards 9d, and at the temperature of 1°C the weightloss (<10%) in the same period was lower. These results indicate that these combined treatments (temperature and 1-MCP) delay the weight loss of Castilla blackberry treated with 1-MCP up to 4d at 12°C and up to 7 d at 1°C.

Este comportamiento de los frutos ante 1-MCP se ha relacionado con la disminución de la actividad de las poligalacturonasa y celulasa (Huerta-Ocampo *et al.*, 2012). Se ha visto que la firmeza de los frutos está relacionada directamente con la actividad de estas enzimas, que degradan la peptina y la celulosa (respectivamente), causando el reblandecimiento de fruto (Huerta-Ocampo *et al.*, 2012; Botondi *et al.*, 2014; Krishnakumar y Thirupathi, 2014). Varios autores plantean que la acción del 1-MCP bloquea la cadena de señales metabólicas que conducen a la acción de estas enzimas y este efecto se ha manifestado tanto en frutos climatericos, como no climatericos (Huerta-Ocampo *et al.*, 2012; Torres *et al.*, 2016). Asimismo se plantea, que el proceso avanza desde el interior del fruto hacia el exterior, y por tal razón, cuando se manifiesta pérdida de firmeza en la corteza externa del fruto, es un indicador la pérdida de firmeza interna (Huerta-Ocampo *et al.*, 2012; Krishnakumar y Thirupathi, 2014).

En correspondencia con los resultados obtenidos, varios autores también señalan que el efecto del metilciclopropeno puede disminuir con el incremento de la temperatura de almacenamiento (Biswas *et al.*, 2014). Estudios en mandarina Arrayana señalan que este efecto entre temperaturas de almacenamiento, se hace significativo a temperaturas mayores a 6°C (Gómez *et al.*, 2015).

Todos los frutos manifestaron un incremento de la pérdida de peso con el de cursar de los días. Para ambas temperaturas de almacenamiento (1°C y 12°C) (Figura 2), existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) en frutos con y sin 1-MCP desde 3-9d de almacenamiento. A la temperatura de 12°C, se alcanzaron los mayores niveles de pérdida de peso (>10%) hacia el 9d, y a la temperatura de 1°C fue menor la pérdida de peso (<10%) en igual periodo. Estos resultados indican que ambos tratamientos combinados (temperatura y 1-MCP) retrasan la pérdida de peso de la mora de castilla tratada con 1-MCP hasta 4d a 12°C y hasta 7 d a 1°C.

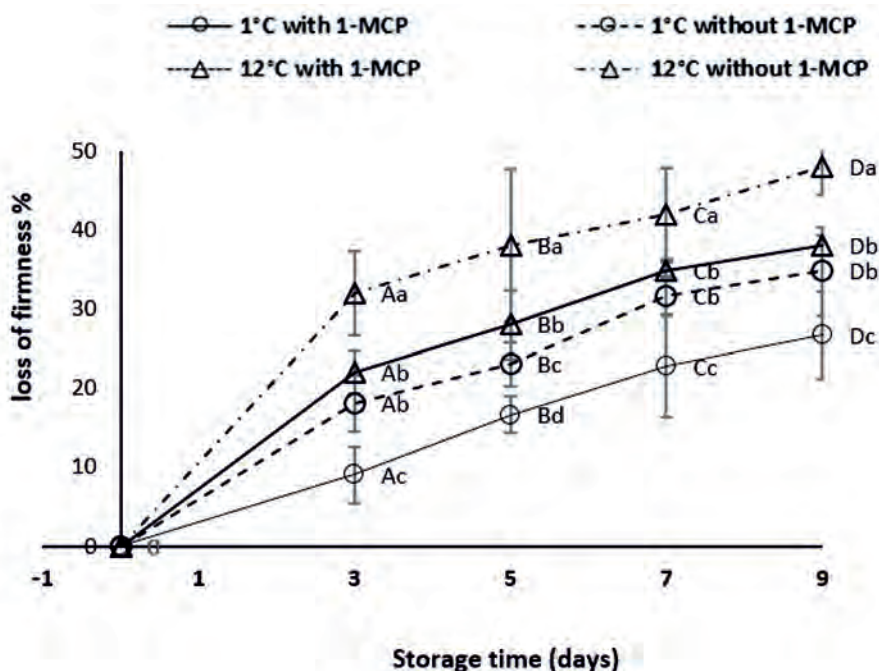


FIGURE 1. Firmness behavior of *Rubus glaucus* fruits at different temperatures (1°C and 12 °C) and storage time of fruits (treated: “with 1-MCP” and controls: “without 1-MCP”) (different letters indicate significant differences at the level of 0, 05, uppercase (days) lowercase (treatments)).
 FIGURA 1. Pérdida de firmeza de *Rubus glaucus* a diferentes temperaturas de almacenamiento (1°C y 12 °C) (tratados: “con 1-MCP” y controles: “sin 1-MCP”) (letras distintas indican diferencias significativas a nivel de 0,05; mayúsculas (días) minúsculas (tratamientos)).

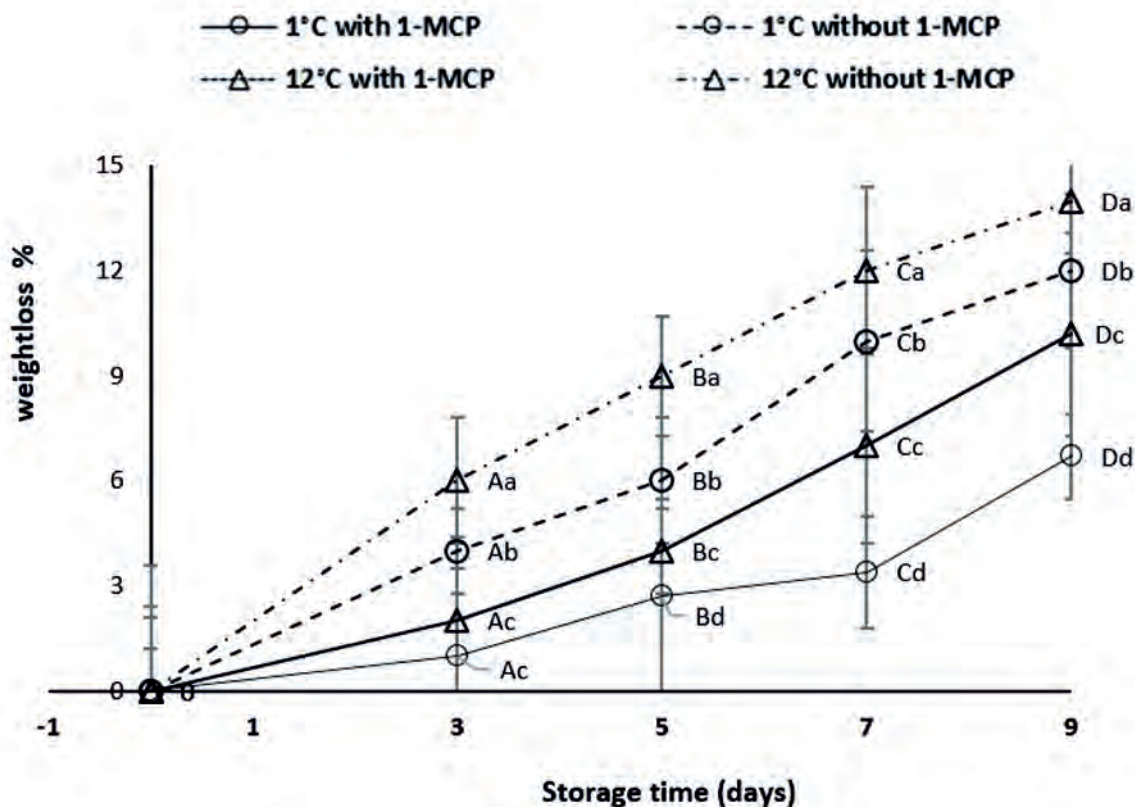


FIGURE 2. Weightloss of *Rubus glaucus* fruits at different temperatures (1°C and 12 °C) and storage time of fruits (treated: “with 1-MCP” and controls: “without 1-MCP”) (different letters indicate significant differences at the level of 0, 05, uppercase (days) lowercase (treatments)).
 FIGURA 2. Pérdida de peso de *Rubus glaucus* a diferentes temperaturas de almacenamiento (1°C y 12 °C) (tratados: “con 1-MCP” y controles: “sin 1-MCP”) (letras distintas indican diferencias significativas a nivel de 0,05; mayúsculas (días) minúsculas (tratamientos)).

The manifestation of weightloss with the treatment of 1-MCP is variable and dependent on several factors. In tangerine fruits stored at temperatures of 6 and 12 °C with and without application of 1-MCP, significant differences in weight loss were observed during the 34 days of storage. Pears and mangoes showed a decrease in weightloss as the dose of 1-MCP increases. However, orange fruits did not show significant differences in their weight depending on the concentration of 1-MCP, but they did depend on the temperature (Sun *et al.*, 2012).

Several studies indicate that during the storage of the fruits, low temperatures delay the process of transpiration and the losses of water in the fruit (Balaguera-López *et al.*, 2014). On the other hand, high temperatures cause an opposite effect in the transpiration process and therefore, the fruit loses weight due to dehydration (Villalobos *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2014; Gómez *et al.*, 2015). In the case of blackberries, their small size increases their volume area ratio, increasing moisture and weight losses (Ayala *et al.*, 2013).

Castilla blackberry fruits at room temperature show up to 50% of weight loss due to dehydration, however, at temperatures lower than 4 °C, the losses decrease mainly due to the metabolic reactions of the fruit (Villegas *et al.*, 2016). In correspondence with the obtained results, the action of the 1-MCP added to the low temperatures, could generate low rates of transpiration and therefore, a decrease in dehydration

La manifestación de la pérdida de peso con el tratamiento de 1-MCP es variable y dependiente de diversos factores. En frutos de mandarina almacenados a temperaturas de 6 y 12°C con y sin aplicación de 1-MCP se observaron diferencias significativas en la pérdida de peso durante los 34 días de almacenamiento. Peras y mangos mostraron una disminución de la pérdida de peso conforme aumenta la dosis de 1-MCP. Sin embargo, frutos de naranja no mostraron diferencias significativas en su peso en función de la concentración de 1-MCP pero sí en función de la temperatura (Sun *et al.*, 2012).

Varios estudios señalan que durante el almacenamiento de los frutos, las bajas temperaturas retrasan el proceso de transpiración y las pérdidas de agua en el fruto (Balaguera-López *et al.*, 2014). Por otra parte las altas temperaturas provocan un efecto contrario en el proceso de transpiración y como consecuencia, el fruto pierde peso por deshidratación (Villalobos *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2014; Gómez *et al.*, 2015). Para el caso de las moras, su pequeño tamaño aumenta su relación área volumen, incrementando las pérdidas de humedad y de peso (Ayala *et al.*, 2013).

Las moras de castilla a temperatura ambiente manifiestan hasta un 50% de pérdida de peso por deshidratación sin embargo, temperaturas menores de 4°C las pérdidas disminuyen debido fundamentalmente a las reacciones metabólicas del fruto (Villegas *et al.*, 2016). En correspondencia con los resultados obtenidos, la acción del 1-MCP sumado a las bajas temperaturas, pudo generar bajas tasas de transpiración y por ende una disminución de la deshidratación y de la pérdida de

and weight loss. Both events responded appropriately to extend the shelf life of the fruit.

The color did not vary depending on the temperature in 3d (Figure 3). From 5d to 7d the loss of color of the fruits became more visible, at both temperatures (1°C and 12°C) and both the treated fruits and controls showed significant differences with respect to the control ($p < 0.05$). However, by the ninth day no differences were found by treatment (Figure 7), therefore, the combined effect 1-MCP and temperature in blackberries delays the loss of color until 7d.

peso. Ambos eventos respondieron convenientemente para la alargar la vida útil del fruto.

El color no varió en función de la temperatura en el 3d (Figura 3). A partir del 5d hasta 7d se hizo más visible la pérdida de coloración de los frutos, en ambas temperaturas (1°C y 12°C) y tanto los frutos tratados como controles de mostraron diferencias significativas con respecto al control ($p < 0,05$). Sin embargo para el noveno día no se hallaron diferencias por tratamiento (Figura 3) por lo tanto el efecto combinado 1-MCP y temperatura en moras de castilla retrasa la pérdida de color hasta 7d.

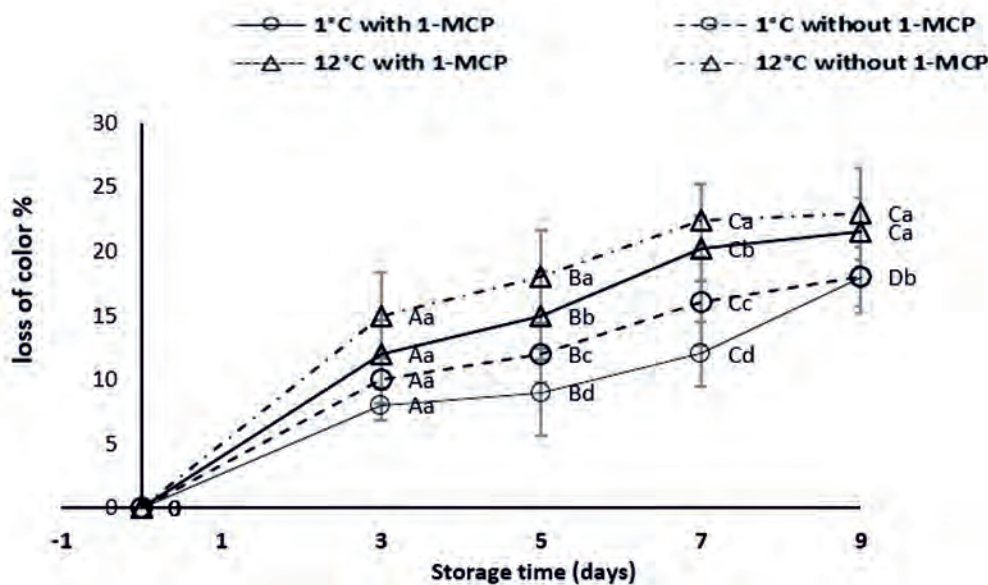


FIGURE 3. Loss of color of *Rubus glaucus* fruits at different temperatures (1°C and 12 °C) and storage time (treated: “with 1-MCP” and controls: “without 1-MCP”) (different letters indicate significant differences at the level of 0, 05, uppercase (days) lowercase (treatments)).

FIGURA 3. Pérdida de color de *Rubus glaucus* a diferentes temperaturas de almacenamiento (1°C y 12 °C) (tratados: “con 1-MCP” y controles: “sin 1-MCP”) (letras distintas indican diferencias significativas a nivel de 0,05; mayúsculas (días) minúsculas (tratamientos)).

The delay of the loss of color is usually important to extend the useful life of the fruit. Substantial color changes in the Castilla blackberries (from wine red to dark purple) is due, among other factors, to anthocyanin, the higher the degree of ripeness of the fruits, the synthesis of this pigment increases (Salinas-Moreno *et al.*, 2009). It has been seen that, depending on the temperature, the 1-MCP can vary the response to the color of some fruits. In pears treated with 1-MCP, a greater loss of color was observed at a temperature of 0 °C than at 20 °C. In climacteric fruits, 1-MCP decreases the activity of chlorophyllase causing the loss of chlorophyll (Sun *et al.*, 2012). Tomato fruits, treated with 1-MCP showed a slow color change and low levels of lycopene, but in pear fruits, it was found that doses of 0.3 μ LL-1 were sufficient to delay the change of the epidermis color (Sun *et al.*, 2012).

The blackberries treated on the third and fifth day presented a better overall appearance and less contamination (Figure 4a and b) generating a lower deterioration index, compared to the control, until ninth day of storage at 1 °C. This result showed that in the control fruits, the step towards senescence and microbial deterioration was faster than in the fruits treated with 1-MCP.

El retraso de la pérdida de color suele ser importante para alargar la vida útil del fruto; cambios sustanciales de color en las moras de castillas (de rojo vino a púrpura oscuro) se debe entre otros factores, a las antocianinas, mientras mayor es el grado de madurez de los frutos la síntesis de este pigmento se incrementa (Salinas-Moreno *et al.*, 2009). Se ha visto que el 1-MCP dependiendo la temperatura puede variar la respuesta al de color de algunos frutos. En peras tratadas con 1-MCP se observó una mayor pérdida de color a una temperatura de 0°C que a 20°C. En frutos climatéricos, el 1-MCP disminuye la actividad de la clorofilasa ocasionando la pérdida de clorofila (Sun *et al.*, 2012). Frutos de tomate, tratados con 1-MCP mostraron un cambio de color lento y bajos niveles de licopeno, pero en frutos de pera, se halló que dosis de 0,3 μ LL-1 fueron suficientes para retardar el cambio del color de la epidermis (Sun *et al.*, 2012).

Las moras tratadas en el tercer y quinto día presentaron una mejor apariencia general y menor contaminación (Figuras 4 a y b) generando un índice de deterioro más bajo, en comparación al control, hasta noveno día de almacenamiento a 1°C. Este resultado evidencia que en las frutas controles, el paso hacia la senescencia y el deterioro microbiano fue más rápido que los frutos tratados con 1-MCP.

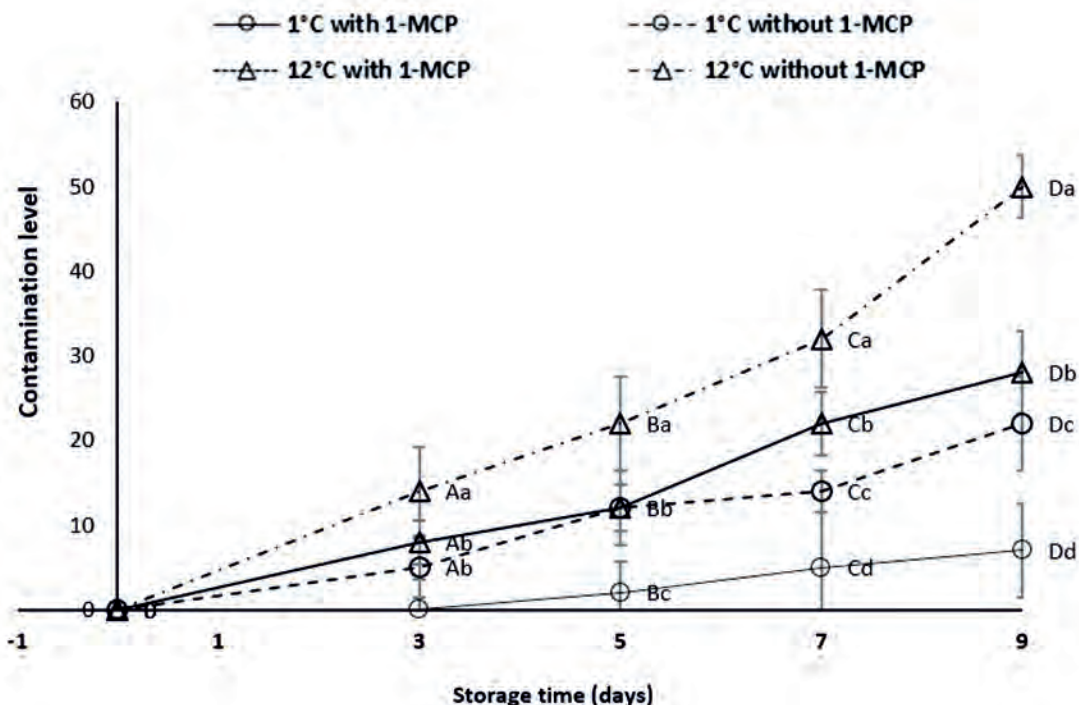


FIGURE 4. Contamination level of *Rubus glaucus* fruits at different temperatures (1°C and 12 °C) and storage time of fruits (treated: “with 1-MCP” and controls: “without 1-MCP”) (different letters indicate significant differences at the level of 0, 05, uppercase (days) lowercase (treatments)).
 FIGURA 4. Niveles de contaminación de *Rubus glaucus* a diferentes temperaturas de almacenamiento (1°C y 12°C) (tratados: “con 1-MCP” y controles: “sin 1-MCP”) (letras distintas indican diferencias significativas a nivel de 0,05; mayúsculas (días) minúsculas (tratamientos)).

The appearance of damages in the fruit is closely related to the firmness of the fruit and the ability of the microorganisms present and the surface to penetrate inwards. In general, fungi are the microbial groups that most quickly colonize berry fruits (Ramírez, 2012; Zhang *et al.*, 2012; Villegas *et al.*, 2016). In correspondence with the results obtained, in several studies in climacteric and non-climacteric fruits, it has been seen that 1-MCP delays the damage caused by microorganisms showing a better overall appearance of the fruits after the harvest (Su y Gubler, 2012; Amornputti *et al.*, 2014).

In Figure 5 it is shown that, by increasing the storage time, the TSS/TA ratio of controls and treatments also increases. From the third day, until the seventh, these increases showed significant differences ($p < 0.05$) between controls and treatments, but already on the ninth day the differences were not significant at the temperature of 12°C. However, at 1°C, differences were observed between treatments (with 1-MCP) and controls, up to 9d. The fruits treated with 1-MCP had lower TSS/TA ratio, evidence that supports the role of 1-MCP in the delay of senescence in non-climacteric fruits.

With the advance of maturation, there is an increase in sugars and a decrease in the acidity of the fruits, for this reason it is natural to observe increases in the TSS/TA ratio. The reason for these increases indicates the advance of the fruits towards senescence. In climacteric fruits this advance is due to the increase of the respiratory rate at the cellular level, where the organic acids, transformed into sugars, are used as an energy source (Hassan y Mahfouz, 2012). In the case of non-climacteric fruits, such as Castilla blackberry, the respiratory rate remains

La aparición de daños en el fruto está muy relacionada con la firmeza del fruto y la habilidad de los microorganismos presentes y la superficie de penetrar hacia el interior. Por lo general los hongos son los grupos microbianos que más rápidamente colonizan los frutos tipo baya (Ramírez, 2012; Zhang *et al.*, 2012; Villegas *et al.*, 2016). En correspondencia con los resultados obtenidos varios estudios en frutos climatericos y no climatericos, se ha visto que el 1-MCP retrasa el daño causado por microorganismos evidenciándose una mejor apariencia general de los frutos después de la cosecha (Su y Gubler, 2012; Amornputti *et al.*, 2014).

La Figura 5 muestra que al aumentar el tiempo de almacenamiento, también aumenta la relación SST/AT, de controles y tratamientos. A partir del tercer día, hasta el séptimo estos incrementos mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre controles y tratamientos pero ya en el noveno día las diferencias no fueron significativas a la temperatura de 12°C. Sin embargo, a 1°C se siguieron observando diferencias entre trataminetos (con 1-MCP) y controles, hasta el 9d. Los frutos tratados con 1-MCP tuvieron menor relación SST/AT, evidencia que fundamenta el papel del 1-MCP en el retraso de la senescencia en frutos no climatericos.

Con el avance de la maduración, se manifiesta un incremento de los azúcares y una disminución de la acidez de los frutos, por tal motivo es natural observar incrementos de la relación SST/AT. La razón de estos incrementos indica el avance de los frutos hacia la senescencia. En frutos climatericos este avance se debe al aumento de la tasa respiratoria a nivel celular, donde los ácidos orgánicos, transformados en azúcares, son utilizados como fuente de energía (Hassan y Mahfouz, 2012). Para el caso de los no climatericos como la mora de castilla la

constant, however, the same effect of delayed senescence is observed. Other non-climacteric fruits experience a similar behavior (Serna-Cock *et al.*, 2013; Gomez *et al.*, 2015; Torres *et al.*, 2016).

tasa respiratoria permanece constante, sin embargo se observa el mismo efecto de retraso de la senescencia. Otros frutos no climatericos experimentan un comportamiento similar (Serna-Cock *et al.*, 2013; Gómez *et al.*, 2015; Torres *et al.*, 2016).

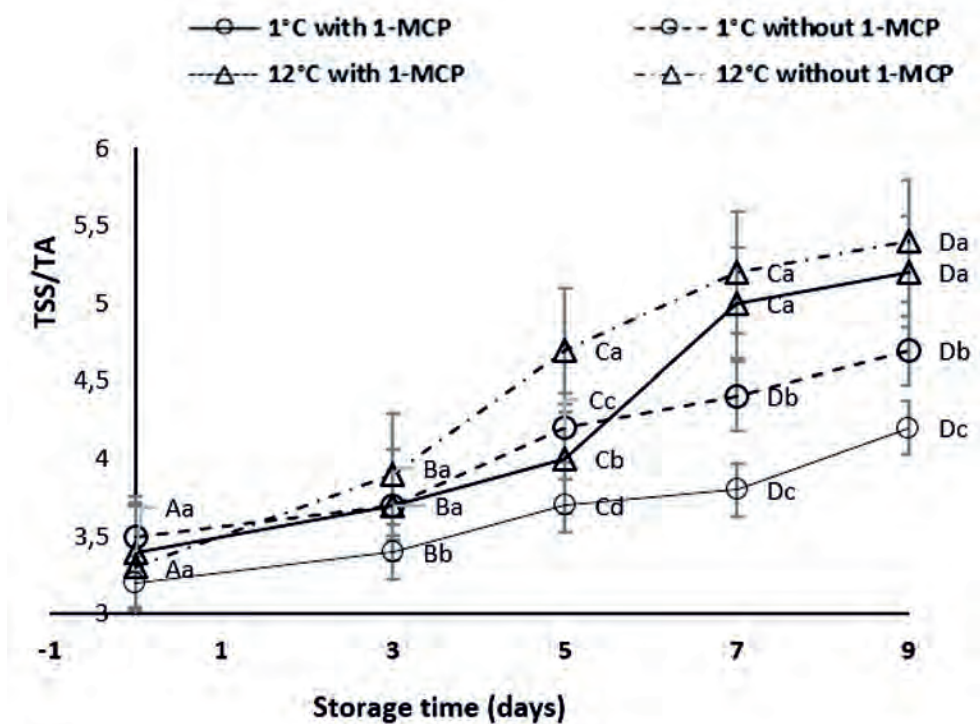


FIGURE 5. TSS/TA ratio of *Rubus glaucus* fruits at different temperatures (1°C and 12 °C) and storage time of fruits (treated: “with 1-MCP” and controls: “without 1-MCP”) (different letters indicate significant differences at the level of 0, 05, uppercase (days) lowercase (treatments)).

FIGURA 5. Relación entre sólidos solubles y acidez titulable de *Rubus glaucus* a diferentes temperaturas de almacenamiento (1°C y 12°C) (tratados: “con 1-MCP” y controles: “sin 1-MCP”) (letras distintas indican diferencias significativas a nivel de 0,05; mayúsculas (días) minúsculas (tratamientos)).

It is affirmed, in most of the fruits, climacteric and non-climacteric, 1-MCP delays the metabolic reactions that propitiate starches transformation in simple sugars (Su & Gubler, 2012; Serna-Cock *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2016). Several studies refer that 1-MCP avoids the intensive increase of the respiration, hence the use of the sugar as an energy source in the respiratory process is slowed down, stopping the processes of aging of the fruit (Hassan & Mahfouz, 2012). On the other hand, it has also been seen that this compound can maintain for a longer time period the action of antioxidant enzymes (Han *et al.*, 2015) 5.0 or 50.0 μM and this event, added to the metabolic stop caused by low temperatures (Biswas *et al.*, 2014), could explain the results obtained. In the case of non-climacteric fruits, such as Castilla blackberry, a delay in these metabolic processes, explains the delay in the deterioration and senescence, in comparison with the control fruits.

Se plantea que en la mayoría de los frutos, climatericos y no climatericos el 1-MCP retrasa las reacciones metabólicas que propician la transformación de almidones en azúcares simples (Su y Gubler, 2012; Serna-Cock *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2016). Varios estudios plantean que el 1-MCP evita el incremento acelerado de la respiración y por ende la utilización de los azúcares como fuente de energía en el proceso respiratorio se enlentece, deteniendo los procesos de envejecimiento del fruto (Hassan y Mahfouz, 2012). Por otra parte también se ha visto que este compuesto puede mantener por un periodo más largo de tiempo la acción de enzimas antioxidantes (Han *et al.*, 2015) 5.0 or 50.0 μM y este evento, sumado a la parada metabólica causada por las bajas temperaturas (Biswas *et al.*, 2014), podría explicar los resultados obtenidos. Para el caso de frutos no climatéricos como la mora de castilla un retardo de estos procesos metabólicos, explicaría el aplazamiento en del deterioro y senescencia, en comparación con los frutos controles.

CONCLUSIONS

- The combined use of low temperatures and treatment with 1- MCP delays the process of aging of Castilla blackberry. It is recommended to do essays at other temperatures and storage times and to apply 1-MCP immediately after harvest.

CONCLUSIONES

- El empleo combinado de bajas temperaturas y tratamiento con 1- MCP retrasa el proceso de senescencia de la mora de castilla. Se recomienda realizar ensayos a otras temperaturas y tiempos de almacenamiento y aplicar 1-MCP inmediatamente después de la cosecha.

REFERENCES / REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORNPUTTI, S.; KETSA, S.; VAN DOORN, W.G.: "Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on storage life of durian fruit", *Postharvest Biology and Technology*, 97: 111-114, 2014, ISSN: 0925-5214, DOI: 10.1016/j.postharvbio.2014.06.011, Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521414001665>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- AYALA, S.L.C.; VALENZUELA, R.C.P.; BOHÓRQUEZ, P.Y.: "Variables determinantes de la madurez comercial en la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth)", *Revista Scientia Agroalimentaria*, 1: 39-44, 2013, ISSN: 2339-4684, Disponible en: <http://revistas.ut.edu.co/index.php/scientiaagro/article/view/29>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- BALAGUERA-LÓPEZ, H.E.; MARTÍNEZ, C.; HERRERA-ARÉVALO, A.: "Papel del cáliz en el comportamiento poscosecha de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) ecotipo Colombia", *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2): 181-191, 2014, ISSN: 2011-2173, Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2011-21732014000200002&lng=en&nrm=iso&tlng=es, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- BISWAS, P.; EAST, A.R.; HEWETT, E.W.; HEYES, J.A.: "Ripening delay caused by 1-MCP may increase tomato chilling sensitivity", *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 42(2): 145-150, 2014, ISSN: 0114-0671, DOI: 10.1080/01140671.2013.870218, Disponible en: <https://doi.org/10.1080/01140671.2013.870218>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- BOTONDI, R.; DE SANCTIS, F.; BARTOLONI, S.; MENCARELLI, F.: "Simultaneous application of ethylene and 1-MCP affects banana ripening features during storage", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(11): 2170-2178, 2014, ISSN: 1097-0010, DOI: 10.1002/jsfa.6599, Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.6599/abstract>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- CHEN, Y.; COTHREN, J.T.; CHEN, D.; IBRAHIM, A.M.H.; LOMBARDINI, L.: "Ethylene-inhibiting compound 1-MCP delays leaf senescence in cotton plants under abiotic stress conditions", *Journal of Integrative Agriculture*, 14(7): 1321-1331, 2015, ISSN: 2095-3119, DOI: 10.1016/S2095-3119(14)60999-0, Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311914609990>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- CHIRIBOGA, M.A.; SCHOTSMANS, W.C.; LARRIGAUDIÈRE, C.; RECASENS, I.: "Últimos avances en la aplicación del 1-methylcyclopropene (1-MCP) en peras", *Información Técnica Económica Agraria*, 110(1): 34-48, 2013, ISSN: 1699-6887, DOI: 10.12706/itea.2014.003.
- ESCOBAR, A.; MÁRQUEZ, C.J.; RESTREPO, C.E.; CANO, J.A.; PATIÑO, J.H.: "Aplicación de tratamiento térmico, recubrimiento comestible y baño químico como tratamientos poscosecha para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas", *Acta Agronómica*, 63(1): 1-10, 2014, ISSN: 2323-0118, DOI: 10.15446/acag.v63n1.40149, Disponible en: https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/40149, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- GARDIN, J.P.P.; ARGENTA, L.C.; SOUZA, E.L. de; ROMBALDI, C.V.; SOUZA, A.L.K. de: "Qualidade de caqui «Rama forte» após armazenamento refrigerado, influenciada pelos tratamentos 1-MCP e/ou CO₂", *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(4): 1043-1050, 2012, ISSN: 0100-2945, DOI: 10.1590/S0100-29452012000400010, Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-29452012000400010&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- GIUSTI, M.M.; WROLSTAD, R.E.: "Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy", [en línea], En: *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, Ed. John Wiley & Sons, Inc., 2001, DOI: 10.1002/0471142913.faf0102s00, ISBN: 978-0-471-14291-1, Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/0471142913.faf0102s00/abstract>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- GÓMEZ, C.A.; HERRERA, A.O.; FLÓREZ, V.J.: "Efecto de 1-metilciclopropeno y temperatura de almacenamiento en la poscosecha de mandarina (*Citrus reticulata* L.) var. Arrayana", *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 47(2): 27-41, 2015, ISSN: 1853-8665, Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1853-86652015000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=en, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- HAN, C.; ZUO, J.; WANG, Q.; XU, L.; WANG, Z.; DONG, H.; GAO, L.: "Effects of 1-MCP on postharvest physiology and quality of bitter melon (*Momordica charantia* L.)", *Scientia Horticulturae*, 182: 86-91, 2015, ISSN: 0304-4238, DOI: 10.1016/j.scienta.2014.07.024, Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423814004087>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- HASSAN, F.A.S.; MAHFOUZ, S.A.: "Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the postharvest senescence of coriander leaves during storage and its relation to antioxidant enzyme activity", *Scientia Horticulturae*, 141: 69-75, 2012, ISSN: 0304-4238, DOI: 10.1016/j.scienta.2012.04.021, Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423812001872>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- HUERTA-OCAMPO, J.Á.; OSUNA-CASTRO, J.A.; LINO-LÓPEZ, G.J.; BARRERA-PACHECO, A.; MENDOZA-HERNÁNDEZ, G.; DE LEÓN-RODRÍGUEZ, A.; BARBA DE LA ROSA, A.P.: "Proteomic analysis of differentially accumulated proteins during ripening and in response to 1-MCP in papaya fruit", *Journal of Proteomics*, 75(7): 2160-2169, 2012, ISSN: 1874-3919, DOI: 10.1016/j.jprot.2012.01.015, Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1874391912000425>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- JAMJUMROON, S.; WONGS-AREE, C.; MCGLOSSON, W.B.; SRILAONG, V.; CHERMKLIN, P.; KANLAYANARAT, S.: "Alleviation of cap browning of 1-MCP/High CO₂-treated straw mushroom buttons under MAP", *International Food Research Journal*, 20(2): 581-585, 2013, ISSN: 1985-4668.
- KAUME, L.; HOWARD, L.R.; DEVAREDDY, L.: "The Blackberry Fruit: A Review on Its Composition and Chemistry, Metabolism and Bioavailability, and Health Benefits", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(23): 5716-5727, 2012, ISSN: 0021-8561, DOI: 10.1021/jf203318p, Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1021/jf203318p>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- KRISHNAKUMAR, T.; THIRUPATHI, V.: "Effect of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on Postharvest Quality and Shelf Life of Partially Ripened Bananas", *Trends in Biosciences*, 7(22): 3680-3686, 2014, ISSN: 0976-2485.
- LEE, J.; RUDELL, D.R.; WATKINS, C.B.: "Metabolic changes in 1-methylcyclopropene (1-MCP)-treated 'empire' apple at different storage temperatures", *Acta Horticulturae*, 1048: 113-120, 2014, ISSN: 0567-7572.
- LI, L.; LICHTER, A.; CHALUPOWICZ, D.; GAMRASNI, D.; GOLDBERG, T.; NERYA, O.; BEN-ARIE, R.; PORAT, R.: "Effects of the ethylene-action inhibitor 1-methylcyclopropene on postharvest quality of non-climacteric fruit crops", *Postharvest Biology and Technol-*

- ogy, 111: 322-329, 2016, ISSN: 0925-5214, DOI: 10.1016/j.postharvbio.2015.09.031, Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521415301368>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- PARRA, A.; FISCHER, G.: "Ripening and postharvest behavior in the pineapple guava (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). A review", *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(1): 98-110, 2013, ISSN: 2011-2173, Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2011-21732013000100010&lng=en&nrm=iso&tlng=pt, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- PIRIYAVINIT, P.; KETSA, S.; VAN DOORN, W.G.: "1-MCP extends the storage and shelf life of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) fruit", *Postharvest Biology and Technology*, 61(1): 15-20, 2011, ISSN: 0925-5214, DOI: 10.1016/j.postharvbio.2011.02.007, Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521411000482>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- PONGPRASERT, N.; SRILAONG, V.: "A novel technique using 1-MCP microbubbles for delaying postharvest ripening of banana fruit", *Postharvest Biology and Technology*, 95: 42-45, 2014, ISSN: 0925-5214, DOI: 10.1016/j.postharvbio.2014.04.003, Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521414001094>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- RAMÍREZ, J.D.: *Conservación de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila (*Aloe barbadensis* Miller)*, [en línea], Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Tesis de Maestría, Medellín, Colombia, 112 p., 2012, Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6911/>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- RODONI, L.M.; FEURING, V.; ZARO, M.J.; SOZZI, G.O.; VICENTE, A.R.; ARENA, M.E.: "Ethylene responses and quality of antioxidant-rich stored barberry fruit (*Berberis microphylla*)", *Scientia Horticulturae*, 179: 233-238, 2014, ISSN: 0304-4238, DOI: 10.1016/j.scienta.2014.09.023, Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423814005019>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- SALINAS-MORENO, Y.; ALMAGUER-VARGAS, G.; PEÑA-VARELA, G.; RÍOS-SÁNCHEZ, R.: "Ácido elágico y perfil de antocianinas en frutos de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) con diferente grado de maduración", *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 15(1): 97-101, 2009, ISSN: 1027-152X, Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1027-152X2009000100014&lng=es&nrm=iso&tlng=en, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- SERNA-COCK, L.; DUSSAN-SARRIA, S.; AYALA-APONTE, A.: "Vida comercial de pitahaya amarilla tratada con 1-mcp", *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1): 19-29, 2013, ISSN: 1909-9959, 1692-3561, Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117800>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- SU, H.; GUBLER, W.D.: "Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on reducing postharvest decay in tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.)", *Postharvest Biology and Technology*, 64(1): 133-137, 2012, ISSN: 0925-5214, DOI: 10.1016/j.postharvbio.2011.06.005, Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521411001396>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- SUN, B.; YAN, H.; LIU, N.; WEI, J.; WANG, Q.: "Effect of 1-MCP treatment on postharvest quality characters, antioxidants and glucosinolates of Chinese kale", *Food Chemistry*, 131(2): 519-526, 2012, ISSN: 0308-8146, DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.09.016, Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814611012738>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- TORRES, V.L.S.; AYALA-APONTE, A.A.; SERNA, L.: "Viscoelastic behavior of yellow pitahaya treated with 1-MCP", *DYNA*, 83(196): 119-123, 2016, ISSN: 2346-2183, 0012-7353, DOI: 10.15446/dyna.v83n196.50402, Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/50402>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- TREVENZOLI, F.B.; POIMENOPOULOU, E.; HIMMELBOE, M.; STERGIOU, T.; MÜLLER, R.; LÜTKEN, H.: "Efficiency of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment after ethylene exposure of mini-Phalaenopsis", *Scientia Horticulturae*, 211: 53-59, 2016, ISSN: 0304-4238, DOI: 10.1016/j.scienta.2016.08.010, Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423816304058>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- VILLALOBOS, A.M.G.; BIASI, W.V.; MITCHAM, E.J.; HOLCROFT, D.: "Fruit temperature and ethylene modulate 1-MCP response in 'Bartlett' pears", *Postharvest Biology and Technology*, 60(1): 17-23, 2011, ISSN: 0925-5214, DOI: 10.1016/j.postharvbio.2010.11.005, Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521410002607>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- VILLEGAS, C.; ALBARRACÍN, W.; OSORIO, O.: "Blackberry (*Rubus glaucus* Benth) preservation by edible coating application", *Vitae*, 23: 727-730, 2016, ISSN: 2145-2660.
- WATKINS, C.B.; GAPPER, N.E.; NOCK, J.F.; GIOVANNONI, J.J.; RUDELL, D.A.; LEISSO, R.; LEE, J.; BUCHANAN, D.; MATTHEIS, J.; HERTOOG, M.L.A.T.M.; NICOLAÏ, B.M.; JOHNSTON, J.; SCHAFFER, R.: "Interactions between 1-MCP and Controlled Atmospheres on Quality and Storage Disorders of Fruits and Vegetables", *Acta Horticulturae*, (1071): 45-58, 2015, ISSN: 0567-7572, 2406-6168, DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1071.3, Disponible en: https://www.actahort.org/books/1071/1071_3.htm, [Consulta: 2 de febrero de 2017].
- ZHANG, Z.; TIAN, S.; ZHU, Z.; XU, Y.; QIN, G.: "Effects of 1-methylcyclopropene(1-MCP) on ripening and resistance of jujube (*Zizyphus jujuba* cv. Huping) fruit against postharvest disease", *Food Science and Technology*, 45(1): 13-19, 2012, ISSN: 0023-6438, DOI: 10.1016/j.lwt.2011.07.030, Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643811002313>, [Consulta: 2 de febrero de 2017].

Received: 09/06/2017.

Approved: 22/12/2017.

Tania María Guzmán, Professor, Universidad Tecnológica Equinoccial Vía Chone km 41/2. Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. e-mail: tania.guzman@ute.edu.ec taniamariaguzman@gmail.com

Karina Cuenca, e-mail: tania.guzman@ute.edu.ec

Elizabeth Tacuri, e-mail: tania.guzman@ute.edu.ec

Note: the mention of commercial equipment marks, instruments or specific materials obeys identification purposes, there is not any promotional commitment related to them, neither for the authors nor for the editor.