

REGULADORES DE CRECIMIENTO EN LA MADURACIÓN Y SENESCENCIA DE FRUTOS DE LIMÓN MEXICANO*

GROWTH REGULATORS ON RIPENING AND SENESCENCE OF MEXICAN LIME FRUITS

Rosario Álvarez-Armenta^{1§}, Crescenciano Saucedo-Veloz², Sergio Chávez-Franco², Víctor Medina-Urrutia³, María Teresa Colinas-León⁴ y Reginaldo Báez-Sañudo⁵

¹Fisiología Vegetal, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. ²Programa de Fruticultura, Colegio de Postgraduados. ³Programa de Cítricos, Campo Experimental Tecoman, INIFAP. ⁴Fisiología Vegetal, Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo, ⁵Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Hermosillo, Sonora. [§]Autora para correspondencia: rosarioa@colpos.mx

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la aplicación pre-cosecha de reguladores del crecimiento sobre la calidad externa e interna de los frutos del limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle). En una huerta comercial de siete años de establecida, ubicada en Tecoman, Colima, México, en marzo del 2004 se seleccionaron 52 árboles y en cada uno de ellos se etiquetaron tres racimos con al menos 20 frutos. Los reguladores del crecimiento se aplicaron 75 días después de la antesis: ácido giberélico AG₃, benciladenina y Ácido-3-Indolbutírico, en concentraciones de 0 a 20 ppm, en forma individual o mezclados. Se determinó el color de cáscara, pérdida de peso, sólidos solubles totales, acidez titulable y contenido de ácido ascórbico en el jugo un día después de la cosecha, 35 días después de almacenamiento a 9 °C y después de siete días más a 20 °C. La aspersión de 10 o 20 ppm de ácido giberélico AG₃ combinado con 5 ppm de benciladenina o 15 ppm de ácido-3-indol-butírico, tuvieron el mayor efecto en la conservación de la calidad del fruto, principalmente durante los primeros 35 días de almacenamiento a 9 °C. Después de ese período se redujo el contenido de ácido ascórbico y se observó un cambio significativo en el color del fruto en todos los tratamientos. Los reguladores de crecimiento en combinación con la temperatura de almacenamiento a 9 °C prolongaron la calidad interna y externa de los frutos de limón mexicano.

Palabras clave: *Citrus aurantifolia* Swingle, reguladores del crecimiento, senescencia, maduración.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effect of a pre-harvest application of growth regulators on the external and internal quality of the mexican lime fruit. In a seven years old commercial orchard located at Tecoman, Colima, Mexico, 52 trees were selected and in each of them three clusters with at least 20 fruits were chosen in March 2004. The following growth regulators were applied 75 days after anthesis: gibberellic acid AG₃, Benziladenin and Indole-butyric 3 acid, in concentrations from 0 to 20 ppm, individually or combined. The color of the peel, weight loss, total soluble solids, titratable acidity and ascorbic acid content in the juice were determined at one day after harvest, 35 days after storage at 9 °C and after an additional period of seven days at 20 °C. The aspersión of 10 or 20 ppm of Gibberellic acid mixed with 5 ppm of Benziladenin or 15 ppm of indole-butyric 3 acid had the more favorable effect on the maintenance of fruit quality, mainly during the first 35 days of storage at 9 °C. After that period, a reduction in the acetylic acid content and a noticeable change in fruit color were observed in fruits from all treatments. The growth regulators in combination with a storage temperature of 9 °C extended the internal and external quality of the mexican lime fruit.

Key words: *Citrus aurantifolia* Swingle, growth regulators, senescence, maturation.

* Recibido: Noviembre de 2005
Aceptado: Noviembre de 2007

INTRODUCCIÓN

El limón mexicano constituye uno de los frutales de mayor importancia comercial en México; su producción se estima en cerca de 1.2 millones de t de las cuales alrededor de 700 000 se destinan al mercado en fresco SAGARPA (2004). De acuerdo al comportamiento fisiológico poscosecha los frutos de limón mexicano se clasifican como no climatéricos; con fines de comercialización como fruta fresca, se cosechan cuando han alcanzado un tamaño $>$ a 31 mm de diámetro, cáscara lisa, color verde y contenido de jugo \geq a 45% SAGARPA (2001).

Las altas pérdidas de agua por transpiración que aceleran al marchitamiento de la cáscara y las pérdidas del color verde externo o amarillamiento, constituyen dos de los principales factores de deterioro que afectan significativamente la calidad del fruto en poscosecha; ambos factores están relacionados con el fenómeno de senescencia que entre otros procesos involucra la disminución de la capacidad fotosintética, pérdidas en contenido de clorofila y cambios en la permeabilidad de membranas que favorecen las pérdidas de agua de células y tejidos (Buchanan-Wollaston, 1997).

Resulta conocida la influencia de las hormonas vegetales en la regulación de eventos fisiológicos como la floración, crecimiento del fruto, así como grosor y color de la cáscara en frutos cítricos Iqbal y Karacali, (2004). De acuerdo con Goldschmidt (1980) las giberelinas exógenas retrasan los cambios en el metabolismo de los pigmentos relacionados con el fenómeno de senescencia en la cáscara de los frutos cítricos, tanto en los que permanecen en el árbol como en poscosecha; además, El-Otmani y Coggins (1991) encontraron que aplicaciones precosecha de AG_3 (ácido giberélico), sólo o en combinación con 2-4 D (ácido 2-4 diclorofenoxiacético), retardaron significativamente los cambios en color y ablandamiento de la cáscara de frutos de mandarina 'Clementina' y naranja 'Washington Navel'. Asimismo, García *et al.* (1986) reportan que los cambios en la pigmentación natural de la cáscara de mandarina Satsuma, fue retardada por la aplicación de AG_3 , pero no se observó ningún efecto por aplicaciones de citocininas (benciladanina y cinetina); según Van Staden *et al.* (1988) la benciladenina retrasa el cambio de color en la piel de las naranjas lo cual está asociado con el mantenimiento de los niveles endógenos de giberelinas y con la prevención del aumento de compuestos como el ácido abscísico y el etileno.

Otros autores como Pozo *et al.* (2000) analizando la calidad del jugo de la tangerina 'Sunburst', señalaron que las aspersiones con AG_3 redujeron temporalmente el contenido de grados °Brix del jugo. Por otra parte Báez *et al.* (1993) señala que en mandarina Clementina, las aplicaciones de AG_3 + BA redujeron las pérdidas de agua a través de las cutículas de la cáscara, situación que se manifestó en menores pérdidas de peso de los frutos.

En lo concerniente al ácido ascórbico (AA), es el principal antioxidante soluble encontrado en plantas, además de ser un nutrimento esencial para humanos y algunos animales. El conocimiento de síntesis y distribución completa del AA es escasa, ya que no se sabe si éste se sintetiza directamente en los órganos de almacenamiento o es transportado de otros sitios; además, no se tiene claro el metabolismo poscosecha del (AA), excepto por el conocimiento acerca de que el contenido declina rápida y específicamente durante el almacenamiento, reduciendo así el valor nutricional de estos productos, mientras que otros componentes celulares permanecen relativamente sin cambios (Viola, 2004).

En el caso de limón mexicano, existe escasa información sobre experiencias respecto al control de la senescencia mediante el uso de reguladores de crecimiento. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficiencia de la aplicación precosecha de tres reguladores de crecimiento: ácido giberélico (AG), ácido indol butírico (AIB) y benciladanina (BA), así como el efecto antagónico y sinérgico de la combinación de éstos, sobre el control de las pérdidas de la calidad externa e interna de frutos de limón mexicano, almacenados bajo refrigeración.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un huerto comercial localizado en Cerro de Ortega (18° 45' 17" latitud norte; 103° 43' 25" Latitud W, a 20 msnm), región sudoccidental de Tecmán, Colima, México, que presenta un clima Bs1(h') w(w)i. Se utilizaron árboles de 7 años de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle) injertados sobre patrón de *Macrophylla* (*Citrus macrophylla*, Wester), los cuales se seleccionaron en base a tamaño y apariencia uniforme.

Los árboles se manejaron de acuerdo con las prácticas de cultivo normalmente aplicadas por el productor, que incluyeron un riego por semana durante 12 h, con un gasto de 50 L h⁻¹, y una sola fertilización durante el mes de

julio con 2 kg de sulfato de amonio por árbol. La antesis ocurrió el día 26 de marzo de 2004 y se tomó como base para establecer los períodos de aplicación; al momento de este evento fisiológico se seleccionaron y etiquetaron tres racimos por árbol, cada uno con un mínimo de 20 frutos, en un total de 52 árboles.

Los reguladores de crecimiento aplicados fueron: ácido giberélico (AG), marca comercial Bio Gib (10% ingrediente activo), ácido indol butírico (AIB) y benciladanina (BA), ambos marca Sigma (100% ingrediente activo), y como surfactante se utilizó el producto comercial "Data Plus". En total se establecieron 13 tratamientos: AG₃ (0 ppm) + BA (5 y 15 ppm); AG₃ (10 ppm) + BA (5 y 15 ppm); AG₃ (20 ppm) + BA (5 y 15 ppm); AG₃ (0 ppm) + AIB (5 y 15 ppm); AG₃ (10 ppm) + AIB (5 y 15 ppm); AG₃ (20 ppm) + AIB (5 y 15 ppm) además de un testigo (T). Para evitar la problemas de precipitación al realizar la mezcla con el AG, previamente se disolvió el AIB en NaOH 0.1N y la BA en HCl 0.1N. Se realizó una sola aplicación a los 75 días después de la antesis (frutos con 30 mm promedio de diámetro ecuatorial), utilizando para esto un aspersor de mochila con 5 litros de capacidad, misma cantidad de solución que se aplicó por árbol, dirigida a los racimos.

La cosecha de los frutos de cada racimo se realizó el 16 de julio de 2004 (112 días después de la antesis) y se trasladaron al laboratorio de Fisiología Poscosecha, del Colegio de Postgraduados, donde los frutos se seleccionaron por tamaño (promedio 35 mm de diámetro) y color verde intenso, quedando constituido cada tratamiento por tres repeticiones de 40 frutos cada una; posteriormente se lavaron, y secaron al ambiente, para finalmente colocarlos en charolas de uniceil todos los tratamientos se almacenaron por cinco semanas a 9±1 °C y 85% de HR y posteriormente se expusieron por una semana a temperatura ambiente de 20±2 °C y 50-60% de HR para simular condiciones de comercialización.

Las variables de calidad evaluadas en cada tratamiento fueron: color de cáscara mediante un colorímetro de reflexión Hunter Lab Modelo D 25 PC 2 y con los valores obtenidos se aplicó el índice de color para cítricos (IC= 1000 a/bL) propuesto por Jiménez-Cuesta *et al.* (1981) que proporciona una alta correlación entre la apreciación visual y la instrumental en el intervalo de colores comprendido entre verde oscuro (valores más negativos) y amarillo (valores más positivos).

Las medidas se realizaron en una muestra de 10 frutos en dos lados opuestos en el diámetro ecuatorial adicionalmente

se evaluaron las pérdidas de peso acumulativas en base a las diferencias de peso entre el inicial y el obtenido dentro de los dos períodos de análisis establecidos, expresando los datos en porcentaje, respecto al valor inicial; sólidos solubles totales, expresados como °Brix y acidez titulable (% de ácido cítrico) del jugo, de acuerdo con las metodologías descritas por la AOAC (1990); estas determinaciones se realizaron por triplicado en una muestra de tres frutos cada una; la determinación del contenido de ácido ascórbico (Vitamina C) se hizo por titulación para lo cual se empleó la metodología reportada por la AOAC (1984).

Para el análisis estadístico de los datos, se aplicó un diseño completamente al azar, la unidad experimental constó de un árbol o repetición y cada tratamiento con tres repeticiones. Se realizó el análisis de varianza el SAS (2003), (PROC ANOVA), además de la prueba de rangos múltiples de Tukey $\alpha=0.05$ para comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones de calidad de frutos un día después de cosecha

Los frutos al día siguiente de cosecha presentaron diferencias estadísticas significativas en el índice de color (IC), alcanzando los frutos de los tratamientos AG₃-20+BA-15 y AG₃-10+BA-15 los valores más negativos (-15.4 y -16.6), y por tanto mayor intensidad de color verde, en relación con el testigo (-13.3).

Cabe señalar que el IC resultó más negativo conforme se incrementó la dosis de AG₃ y BA, en los tratamientos y con mayores concentraciones de ambos compuestos, sugiriendo un efecto sinérgico en el incremento del color verde por la combinación de estos reguladores, toda vez que los tratamientos que sólo fueron asperjados con benciladenina (5 y 15 ppm) sin ácido giberélico presentaron colores más verdes, se observó un efecto antagónico al combinar AG₃ con AIB, sobre todo al incrementar la dosis de ácido giberélico en los tratamientos (AG₃-20+AIB-5, AG₃-20+AIB-15), ya que estadísticamente presentaron diferencias significativas con un IC con valores menos negativos -11.9 y -12.1 (menos verdes), incluso que el testigo (-13.3) un día después de la cosecha. En esta investigación, las menores pérdidas de color verde de los frutos se observaron en los tratamientos AG₃-10+BA-5, AG₃-10+BA-15, AG₃-20+BA-5 y AG₃-20+BA-15, (-14.6, -15.4, -15.0 y -16.6), en base a estos

resultados se plantea que ocurrió una respuesta similar en limón mexicano con lo reportado por García *et al.* (1986), que señalan que las aplicaciones de AG₃ o BA retardan la degradación de clorofila en frutos de mandarina Satsuma.

Los parámetros de calidad interna de los frutos, indican valores mayores en acidez, en los tratamientos AG₃-10+BA-15, AG₃-20+BA-15 y el testigo presentando (8.1, 8.3 y 7.8), en este caso se marcaron diferencias estadísticas con respecto al resto de los tratamientos. En cambio en el contenido de ácido ascórbico no se presentaron diferencias estadísticas manteniendo en este parámetro valores entre 42.5 y 48.8 mg de ácido ascórbico /100 mL de jugo; en cuanto al contenido de sólidos solubles totales (°Brix) en los frutos del tratamientos AG₃-20+BA-15 se presentó el, valor menor (7.2%), marcando con este diferencias estadísticas con respecto al resto de los tratamientos, lo cual concuerda con lo reportado por Pozo *et al.* (2000) que señalaron que las aspersiones con AG₃ redujeron temporalmente el contenido de grados °Brix del jugo de la tangerina 'Sunburst' ya que en el caso de limón mexicano, al aplicarse estos reguladores se observaron menores cantidades de °Brix, mayor acidez en el jugo y color más verde en la cáscara de los frutos de los tratamientos con mayores concentraciones de ácido giberélico y benciladenina (Cuadro 1).

Condiciones de calidad de los frutos después del almacenamiento refrigerado

Después de 35 días de almacenamiento a 9±1 °C de acuerdo a los resultados consignados en el Cuadro 2, se observaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en el índice de color, presentando los frutos de los tratamientos AG₃-10+BA-15 y AG₃-20+BA-15 los valores más negativos (-13.0 y -13.8), en relación al resto de los tratamientos. Sin embargo, a pesar de que estos valores negativos indican la mayor persistencia de color verde, esto implicó una disminución del IC en ambos tratamientos, del 15.6 y 16.9%, en el mismo orden, respecto al valor al momento de cosecha; cabe señalar que esta disminución fue de 47.4% en los frutos del testigo en lo concerniente a las pérdidas de peso resultaron significativamente menores, en los tratamientos AG₃-10+BA-15 y AG₃-20+BA-15, ya que alcanzaron valores de 5.9 y 5.2% en relación al testigo, que alcanzó valores de 10.7%.

Con respecto a la calidad interna, en general, después del período de conservación frigorífica, los frutos tratados con BA en combinación con AG₃ y el testigo, mantuvieron diferencias significativas presentando cantidades de ácido cítrico iguales o mayores a 7.0%; en cambio en el contenido de sólidos solubles totales °Brix, no se observaron diferencias estadísticas significativas, entre los tratamientos.

Cuadro 1. Efecto del tratamiento con diferentes reguladores de crecimiento en la calidad de frutos de limón mexicano un día después de cosecha. Tecomán, Colima. INIFAP, 2004.

Tratamientos	Índice de color	Acidez titulable Ac. cítrico (%)	SST °Brix (%)	Ac. ascórbico mg 100 mL jugo
AG ₃ -0+AIB-5	-14.1 b	6.4 b	8.3 a	44.6 a
AG ₃ -0+AIB-15	-14.5 b	6.4 b	8.2 a	42.5 a
AG ₃ -10+AIB-5	-14.1 b	6.7 b	8.3 a	45.3 a
AG-10+AIB-15	-14.4 b	6.6 b	8.1 a	44.8 a
AG ₃ -20+AIB-5	-11.9 c	6.4 bc	8.5 a	46.8 a
AG ₃ -20+AIB-15	-12.1 c	6.4 bc	8.0 a	48.3 a
AG ₃ -0+BA-5	-14.1 b	6.4 bc	8.3 a	43.8 a
AG ₃ -0+BA-15	-14.4 b	7.0 b	8.3 a	46.0 a
AG ₃ -10+BA-5	-14.6 b	7.0 b	8.2 a	44.7 a
AG ₃ -10+BA-15	-15.4 ab	8.1 a	7.6 ab	46.2 a
AG ₃ -20+BA-5	-15.0 b	7.1 b	7.9 ab	45.7 a
AG ₃ -20+BA-15	-16.6 a	8.3 a	7.2 b	48.8 a
Testigo	-13.3 bc	7.8 a	7.6 ab	45.1 a

Las medias con letras iguales en columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Sin embargo, en el contenido de ácido ascórbico, los tratamientos AG₃-10+BA-15, AG₃-20+BA-5 y AG₃-20+BA-15 presentaron diferencias estadísticas significativas al mostrar los mayores contenidos de ácido ascórbico (42, 35.7 y 43.3 mg/100 mL de jugo), estos resultados permiten asumir que dichos tratamientos mantuvieron una alta calidad interna y externa del fruto (Cuadro 2).

Sin embargo en los parámetros contenido de sólidos solubles totales y acidez no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos al final del período de almacenamiento.

En la variable índice de color indica que los valores menos negativos, se presentaron en los frutos de los tratamientos AG-10+BA-15 y AG-20+BA-15, así como el de AG-20+BA-5,

Cuadro 2. Efecto del tratamiento con diferentes reguladores del crecimiento sobre la calidad de frutos de limón mexicano almacenados por 35 días a 9±1 °C. Tecomán, Colima. INIFAP, 2004.

Tratamientos	Índice de color	(%) Per. peso g	Acidez titulable Ac. cítrico (%)	SST °Brix (%)	Ac. ascórbico mg /100 mL jugo
AG ₃ -0+AIB-5	-6.7 d	8.8 ab	6.0 b	8.4 a	32.1 b
AG ₃ -0+AIB-15	-8.0 cd	8.1 b	6.4 b	8.5 a	24.4 c
AG ₃ -10+AIB-5	-9.2 c	6.7 bc	6.0 b	8.6 a	28.6 bc
AG-10+AIB-15	-9.1 c	8.1 b	6.6 ab	9.0 a	24.5 c
AG ₃ -20+AIB-5	-11.0 ab	8.1 b	6.3 b	8.5 a	25.4 b
AG ₃ -20+AIB-15	-7.7 cd	7.3 bc	6.4 b	8.4 a	26.2 bc
AG ₃ -0+BA-5	-8.1 cd	6.2 bc	6.8 ab	8.4 a	26.0 b
AG ₃ -0+BA-15	-11.8 ab	7.4 bc	7.0 a	8.3 a	27.7 bc
AG ₃ -10+BA-5	-10.0 b	6.0 bc	7.0 a	8.5 a	30.8 b
AG ₃ -10+BA-15	-13.0 a	5.9 c	7.5 a	8.7 a	42.0 a
AG ₃ -20+BA-5	-11.2 ab	6.0 bc	7.0 a	8.8 a	35.7 ab
AG ₃ -20+BA-15	-13.8 a	5.2 c	7.9 a	8.1 a	43.3 a
Testigo	-7.0 d	10.7 a	7.2 a	8.3 a	29.06 b

Las medias con letras iguales en columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Condiciones de calidad de los frutos en condiciones de comercialización

Después de almacenar los limones 35 días en refrigeración a 9 °C más siete días en condiciones de comercialización (20±2 °C), y tras dichos períodos de almacenamiento los frutos del testigo alcanzaron en promedio 14.4% de pérdida de peso, siendo estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos, cabe mencionar que en este momento 42 días después cosecha presentaban además síntomas de marchitamiento en la cáscara. Este resultado es coherente con un reporte de Báez *et al.* (1993) en otro cítrico la mandarina clementina, el cual revela que las aplicaciones de AG₃ + BA redujeron las pérdidas de agua a través de las cutículas de la cáscara, situación que se manifestó en menores pérdidas de peso de los frutos. Los resultados obtenidos en este estudio, con respecto a esta variable permiten suponer un efecto similar en limón.

que mantuvieron una mayor tonalidad verde después de transferirlos a 20±2 °C por siete días, en cuyo caso alcanzaron valores en el IC de -9.0, -9.9 y -9.9 respectivamente, siendo significativamente más verdes que el testigo (-2.0) los cuales resultaron con una tonalidad café amarillenta (Cuadro 3). Este comportamiento permite asumir un retardo en la degradación de clorofila en los tratamientos mencionados, tal como ha sido consignado por García *et al.* (1986) que revelan que el ácido giberélico, la benciladenina y la cinetina, retardaron la destrucción de clorofila y la evolución de la maduración de frutos de mandarina satsuma.

Un comportamiento similar se observó en el contenido de ácido ascórbico (AA), después de exponer los frutos a 20±2 °C por siete días, aunque el contenido de ácido ascórbico, si bien resultó significativamente mayor en los mismos tratamientos, AG-10+BA-15 y AG-20+BA-15, no obstante las pérdidas de esta vitamina alcanzaron niveles de 38.2 y 38.7%, siendo estas pérdidas superiores en el resto de los tratamientos, alcanzando en el testigo 60.1%. De acuerdo con lo reportado en frutos

cítricos por Husain *et al.* (2004) después de 45 días de almacenamiento, el contenido de ácido ascórbico desciende de 59.40 a 40.20 g/100 mL jugo, lo que equivale a un 32.3% de pérdidas.

El- Otmani *et al.* (1991) concluyen que las aplicaciones en cítricos de AG₃ en precosecha retrasan la senescencia lo que significa que mantiene por mayor tiempo la calidad externa e interna de los frutos tanto almacenados en el árbol como en el almacenamiento poscosecha.

Si consideramos que Lee y Kader (2000) reportan que el AA es sensible a la destrucción cuando los frutos son sometido a condiciones de manejo y almacenamiento, entonces las pérdidas poscosecha son incrementadas al extender el período de almacenamiento (Viola, 2004). Esto se debe a que generalmente las frutas y vegetales muestran decrementos graduales de AA conforme están sometidas a altas o bajas temperaturas y humedad relativa, daños físicos o daños por frío, condiciones que favorecen el marchitamiento y resultan en severas pérdidas de AA.

Cuadro 3. Efecto del tratamiento con diferentes reguladores del crecimiento sobre la calidad de frutos de limón mexicano almacenados por 35 días a 9±1 °C más 7 días a 20±2 °C. Tecomán, Colima, INIFAP, 20004.

Tratamientos	Índice de color	Perd. peso %	Acidez acídrico (%)	SST °Brix (%)	Ac. ascórbico mg 100 mL jugo
AG ₃ -0+AIB-5	-5.6 c	9.1 c	6.1 a	8.9 a	22.3 bc
AG ₃ -0+AIB-15	-8.7 ab	10.4 bc	5.8 a	9.0 a	20.2 c
AG ₃ -10+AIB-5	-6.0 c	9.3 c	7.1 a	8.7 a	21.7 bc
AG-10+AIB-15	-6.0 c	9.3 c	6.6 a	8.7 a	23.6 b
AG ₃ -20+AIB-5	-5.7 c	9.9 bc	6.5a	9.1 a	23.8 b
AG ₃ -20+AIB-15	-5.4 c	10.0 bc	6.4 a	8.6 a	22.8 bc
AG ₃ -0+BA-5	-8.1 b	9.5 bc	6.4 a	8.4 a	23.0 bc
AG ₃ -0+BA-15	-7.8 b	11.0 b	6.4 a	8.6 a	28.0 ab
AG ₃ -10+BA-5	-7.6 b	8.9 cd	7.1 a	9.0 a	25.1 ab
AG ₃ -10+BA-15	-9.0 ab	8.3 d	7.0 a	8.8 a	29.5 a
AG ₃ -20+BA-5	-9.9 a	8.8 cd	6.9 a	8.5 a	27.9 ab
AG ₃ -20+BA-15	-9.9 a	8.0 d	7.0 a	8.2 a	29.9 a
Testigo	-2.0 d	14.4 a	7.4 a	8.4 a	18.0 c

Las medias con letras iguales en columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

CONCLUSIONES

En general, la aplicación de AG₃ y BA resultaron en una mejor conservación de la calidad interna y externa de los frutos, desde el momento de la cosecha hasta 42 días después de ésta. De esta manera, la aplicación conjunta de estos dos compuestos fue más efectiva en el retraso de la senescencia.

Los resultados obtenidos permiten concluir que los tratamientos AG-10+BA-15 y AG-20+BA-15 aplicados en precosecha, mantienen por mayor tiempo los parámetros de calidad tanto externa como interna, así observamos que en estos tratamientos se mantuvo por mayor tiempo el color verde de los frutos retardando la evolución de la senescencia por pérdidas de peso, de

ácido ascórbico y de acidez durante el almacenamiento, tanto bajo condiciones de refrigeración (9±1 °C) como de comercialización (20±2 °C). El presente resultado coincide con los resultados realizados por El- Otmani *et al.* (1986) indican que el incremento en la cantidad de ceras epicuticulares en naranja 'Navel' se asocia con una reducción en las pérdidas de peso y con una reducción en la tasa respiratoria, lo que trae consigo menores cambios fisiológicos. La aplicación de reguladores de crecimiento en los frutos cítricos mantiene por mayor tiempo los estados juveniles las ceras cuticulares y epicuticulares, conservando la permeabilidad e integridad de la cáscara del fruto y por consiguiente, reduciendo la pérdida de agua, situación de gran importancia en los frutos limón mexicano, muy perecederos, debido principalmente a que presentan cáscara muy delgada y delicada.

LITERATURA CITADA

- Association of official analytical chemist (AOAC) 1984. Official methods of analysis. Horwitz W. (ed), 13th. Ed. Benjamín Franklin Station Washington, DC. USA. 1018 p.
- Association of official analytical chemist (AOAC) 1990. Official methods of analysis. Herlich K. (ed), 15th. Ed. 22201. Wilson Blvd. Arlington, Virginia. USA. Vol II. 1298 p.
- Báez-Sañudo, R.; Tadeo, F. R.; Primo-Millo, E. and Zacarias, L. 1993. Physiological and ultrastructural changes during the ripening and senescence of clementine mandarin. *Acta Horticulturae* 343. p. 18-24.
- Buchanan-Wollaston, V. 1997. The molecular biology of leaf senescence. *Journal Experimental Botany*, Vol. 48. Num. 307. p. 181-199.
- El-Otmani, M.; Coggins, C. W. and Eaks, I. L. 1986. Fruit age and gibberellic acid effect on epicuticular wax accumulation, respiration and internal atmosphere of navel orange fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:228-232.
- El-Otmani, M.; and Coggins, C. 1991. Growth regulator effects on retention of quality of stored citrus fruits. *Scientia Hort.* 45:2621-272.
- García, A.; Fornes F. and Guardiola, J. L. 1986. Effects of gibberellin A₃ and citoquinins on natural and post-harvest, ethylene-induced pigmentation of Satsuma mandarin peel. *Physiol. Plantarum* 68:271-274.
- Goldschmidt, E. E. 1980. Pigment changes associated with fruit maturation and their control - In *Senescence in Plants*. K.V. Thimann, (ed). p. 207-217. CRC. Press. Boca Raton.
- Hussain, I.; Ahmed M.; Khan M. and Shakir, I. 2004. Effect of Uni-Packaging on the postharvest behavior of citrus fruits in N.W.F.P. *Pakistan Journal of Nutrition* 3(6):333-339.
- Iqbal, N. and I. Karacali. 2004. Flowering and fruitset behaviour of Satsuma mandarin (*Citrus Unshiu* Marc) as influenced by environment. *Pakistan Journal of Biological Science* 7(11):1832-1836.
- Jiménez-Cuesta, M.; Cuquerella J. and Martínez-Javega, J. M. 1981. Determination of color index for fruit degreening. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 2:750-753.
- Lee, S. D. and Kader, A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest biology and technology* 20:207-220.
- Pozo, L.; Kender, W. J. Burns, J. K. Hartmon, U. and Grant, A, 2000. Effects of gibberellic acid on ripening and rind puffin in sunburts mandarin, *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 113:102-105.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca (SAGARPA) 2001. Norma oficial mexicana Nmx-FF-087-SCFI-2001 21/09/2001 31-39. Secretaría de Economía (SE)
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca (SAGARPA) 2004. *Sistemas de Información Agropecuaria (SIACON)*. Internet.<http://www.sagarpa.gob.mx>.
- Statistical Analysis System Release (SAS/STAT) 2003. 9.1 by SAS Institute Inc. Cary USA.
- Van Staden, J. Cook, E. and Nooden, L. D. 1988. Cytokinins and senescence. *In: Senescence and aging in plants*. Academic Press, Inc. San Diego. CA. p. 281-328.
- Viola, R. 2004. Approaches to regulate the L-ascorbic acid content of commercially important plants. *Health and nutrition home Scotland U. K.*