

CALIDAD DE FRUTOS DE NARANJA 'VALENCIA TARDÍA' ASPERJADOS CON ÁCIDO GIBERÉLICO A DIFERENTES pH

Ma. T. Martínez-Damián; Á. Villegas-Monter

Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. C.P. 56230. MEXICO.

E-mail: teremd@colpos.colpos.mx

RESUMEN

La eficiencia del ácido giberélico no fue favorecida al utilizar como agente acidificante HCl para disminuir el pH ó bien NaOH para aumentarlo. El ácido giberélico a pH 3, 5 ó 7 aplicado 30 días antes de la cosecha retardó la coloración, la pérdida de textura de frutos de naranja (*Citrus sinensis*) 'Valencia Tardía' y el avance de la senescencia del flavedo, sin provocar cambios en la calidad del jugo en lo que respecta a sólidos solubles totales, ácido cítrico y contenido de jugo.

PALABRAS CLAVE: Retraso de maduración, AG₃, giberelinas, postcosecha, cítrico, *Citrus sinensis*.

QUALITY OF ORANGE FRUITS 'VALENCIA TARDÍA' SPRAYED WITH GIBBERELIC ACID AT DIFFERENT pH

SUMMARY

The efficiency of gibberellic acid did not change with the use of HCl as acidic agent to obtain low pH or NaOH to increase it. The gibberellic acid at pH 3, 5 or 7 applied 30 days before harvesting, delayed the coloration and the texture loss of orange (*Citrus cinensis*) fruits cv. Valencia Tardía and the advance of the senescence of the flaved without having changes in the quality of the juice, in regard to total soluble solids, citric acid and juice content.

KEY WORDS: Maturity delayer, GA₃, gibberellins, postharvest, citrus, *Citrus sinensis*.

INTRODUCCIÓN

En cítricos, particularmente en naranja (*Citrus sinensis*) 'Valencia Tardía', se ha visto como un problema común la producción en períodos cortos y concentrados, lo que generalmente ha estado ocasionando exceso de oferta, precios bajos y frutos de pobre calidad, factor que no permite recuperar los costos de producción (Mondragón *et al.*, 1996). Con el objeto de contrarrestar este efecto, se han utilizado diversas técnicas de manejo como son el empleo de la frigoconservación. Sin embargo esto tiene sus limitaciones debido a la alta susceptibilidad al frío de estos frutos (Pantastico, 1979). Por otra parte durante muchos años se ha estado usando la práctica de retener la fruta en el árbol, lo cual se ha visto que ocasiona pérdidas por caída de frutos, además de hacer a estos más proclives a desórdenes fisiológicos por senescencia caracterizado por pérdidas de clorofila y marchitamiento del flavedo, así como reacciones de carácter fermentativo y pérdidas de textura (Grierson, 1987),

con la consecuente pérdida de calidad (Baez, 1991). También el uso de reguladores del crecimiento se han utilizado tratando de retrasar el momento en que se presenta el incremento en la producción de etileno y por consecuencia una reducción de los niveles de giberelinas que dan origen al fenómeno fisiológico de senescencia en frutos de naranja (Goldschmidt y Galili, 1974). Al respecto desde los primeros informes de Coggins y Hield en 1958 y posteriormente en otros trabajos, se ha encontrado que las aplicaciones de giberelinas y N₆-benzil adenina retrasaron los efectos del etileno en naranja cv. Valencia Tardía y Navel; incluso el ácido giberélico (AG₃) en combinación con auxinas (2, 4-D) se considera importante por su capacidad de retener los frutos en el árbol y con ello tener períodos largos de recolección (Coggins, 1981); aunque en algunos casos su uso ha sido infructuoso (Guardiola *et al.*, 1981). Con frecuencia se ha mencionado que el uso del ácido giberélico sólo, también tiene el mismo efecto en naranja (Monselise, 1979; Lima y Davies, 1984; Coggins y Henning, 1988). En este

caso, con la intención de incrementar la eficiencia del uso de concentraciones bajas de AG₃ el empleo de surfactantes ha dado resultados satisfactorios (Greenberg *et al.*, 1987); aunque hay otras posibilidades que pueden ser favorables como es el uso de agentes acidificantes cuya finalidad es incrementar la actividad fisiológica del AG₃ en cítricos (Greenberg y Goldschmidt, 1989); al respecto se ha encontrado que la acidificación de soluciones de tratamientos mejora la captación de [¹⁴C] AG₃ en frutos y hojas de cítricos (Greenberg *et al.*, 1984) y ha sido implementado en el campo con alcachofa (Basnizki *et al.*, 1986). Diferencias pueden presentarse debido al tipo de agente acidificante usado (Shulman y Bazac, 1986). En uvas, la adición de 0.1% de urea fosfato a la solución del tratamiento fue efectiva, pero la adición de citrato amortiguador, resultó en el mismo pH de 2.9 y fue menos efectivo (Norris y Bukovac, 1972). Teniendo esto último, se planteó como objetivo en la presente investigación evaluar la efectividad del ácido giberélico a diferentes pH en el retardo de la maduración y pérdidas de la calidad de frutos de naranja (*Citrus sinensis*) 'Valencia Tardía'.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se efectuó en 1995 en Cazones, Veracruz con árboles de naranja (*Citrus sinensis*) 'Valencia Tardía' de seis años de edad y en producción, injertados sobre naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.) franco. La aplicación de AG₃ fue a toda la copa del árbol a una misma concentración (10 mg·litro⁻¹) y a diferentes pH (3, 5 y 7), más la adición del surfactante Tween 20 al 0.01%. La solución inicial de AG₃ tenía un pH = 5 y para ajustarlo se usó NaOH al 0.1 N y HCl al 0.1 N. De esta manera se tuvieron 4 tratamientos: Testigo (sin aplicación de AG₃) y 10 mg·litro⁻¹ de ácido giberélico a pH 3, 5 ó 7; distribuidos en un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones, representando cada árbol una repetición.

La aplicación se efectuó el día 2 de febrero; la evaluación de los tratamientos se hizo 15 y 30 días, después de ésta. Las variables analizadas fueron: índice de color (IC), obtenido mediante un colorímetro Hunter Lab, aplicando la ecuación $IC = (1000-a)/(L-b)$ propuesto por Jiménez-Cuesta *et al.* (1981) para cítricos, en el que valores menores a 7 expresan coloración verde, de -7 a +7 son tonalidades verde-amarillento, y mayor que +7 color naranja; peso del fruto; porcentaje de jugo, relación entre el jugo obtenido por un extractor comercial y el peso total del fruto; textura o resistencia a la compresión, evaluada mediante un texturómetro universal con puntal plano y peso de 476 g por 10 s en un solo punto al azar en la zona ecuatorial del fruto; porcentaje de sólidos solubles totales (% SST) determinados de acuerdo con el método Anónimo (1990); acidez titulable (AT), por el método

Anónimo (1990), reportado como porcentaje de ácido cítrico; y ácido ascórbico, analizado por el método del 2,6 diclorofenol-indofenol (Anónimo 1990). Para el análisis de variables se cosecharon 20 frutos al azar por árbol de cada tratamiento por fecha establecida, mismos que fueron agrupados en subgrupos de 5 formando 4 repeticiones. Para la interpretación de variables se realizó un análisis de varianza y se aplicó la prueba de Tukey para separar las medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de color

Los frutos de naranja (*Citrus sinensis*) 'Valencia Tardía' no experimentaron cambios en su coloración externa al ser cosechados 15 días después de la aplicación (dda) de ácido giberélico, sin embargo al transcurrir 30 días posteriores a la aplicación, se presentó una respuesta de los frutos tratados con ácido giberélico de mantener una coloración en el flavedo más verde (AG₃-pH 3, AG₃-pH 5 y AG₃-pH 7 con valores de 4.24, 3.95 y 3.26, respectivamente) que los frutos del tratamiento testigo (con un valor de 5.31). Este efecto fue debido a la concentración de las giberelinas aplicadas independientemente del pH utilizado (Cuadro 1), ya que no se presentaron diferencias significativas entre las soluciones con los diferentes pH empleados. Al respecto varios autores han observado que las giberelinas inducen un retardo de la degradación de clorofila en el flavedo de cítricos y en el desarrollo de la senescencia (Lewis *et al.*, 1967), lo cual según Lewis y Coggins (1964), está relacionado con un mayor período de síntesis de clorofila y un atraso en la biosíntesis de carotenoides a nivel flavedo. Al parecer el efecto del AG₃ es dependiente del tiempo de aplicación previo a la cosecha ya que Greenberg y Goldschmidt (1989) reportaron una respuesta prominente a favorecer el retraso de la pérdida de color verde después de 17 días de haber aplicado ácido giberélico, acentuándose más cuando se asperja seis meses antes de la cosecha (Goldschmidt *et al.*, 1977).

Con respecto al pH el hecho de no encontrar un efecto por las variantes empleadas pudo ser debido al agente acidificante empleado ya que las respuestas que se han encontrado al probar diferentes sustancias de este tipo han sido más significativas que el variar el pH. Y en este aspecto, Shulman y Bazac (1986) encontraron diferencias en uva al emplear como agente acidificante 0.1% de urea-fosfato en la solución de giberelinas en comparación al uso de citrato amortiguador, en el cual, aunque ambas soluciones tenían un pH similar de 2.9 se manifestó una respuesta menor con el uso de citrato amortiguador. Similarmente, Norris y Bukovac (1972) reportaron que al aplicar (¹⁴C)ANA con phosphato-citrato fue absorbido con mayor capacidad que cuando se utilizó citrato amortiguador.

CUADRO 1. Efecto de la aspersión de ácido giberélico (AG₃ a 10 mg-litro⁻¹) a diferentes pH sobre el índice de color en el flavedo de frutos de naranja 'Valencia Tardía', cosechados 15 y 30 días después de la aplicación (dda).

Tratamientos	Índice de color ^y 15 dda	Índice de color 30 dda
Testigo	5.74 a ^z	5.31 b
AG ₃ -pH 3	5.23 a	4.24 a
AG ₃ -pH 5	6.24 a	3.95 a
AG ₃ -pH 7	5.58 a	3.26 a
Coeficiente de variación	17.3 %	23.0 %

^z Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

^y Índice de color (IC), obtenido mediante un colorímetro Hunter Lab, aplicando la ecuación $IC = (1000 \cdot a)/(L \cdot b)$, en el que valores menores a -7 expresan coloración verde, de -7 a +7 son tonalidades verde-amarillento, y mayor que +7 color naranja

Peso de Fruto y Cantidad de jugo

Con relación en el peso del fruto, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre tratamientos a los 15 y a 30 dda el producto (Cuadro, 2), resultado similar al obtenido por García-Luis *et al.* (1992), en mandarina 'Clementina' y contrario al encontrado por García-Luis *et al.* (1985) en frutos de mandarina 'Satsuma' lo cual sugiere que existen diferentes respuestas entre especies ante la aplicación de este regulador. En cuanto a la cantidad de jugo (Cuadro 3) se encontró en mayor cantidad en las dos fechas evaluadas en los frutos tratados con ácido giberélico, siendo altamente significativa esta diferencia en la aplicación de 10 mg-litro⁻¹ de ácido giberélico con pH 3 a los 15 días después de aplicado con respecto al testigo, sin embargo al transcurrir 15 días más, esta tendencia cambió, encontrándose que el tratamiento de 10 mg-litro⁻¹ de ácido giberélico pH 7 tuvo mayor contenido de jugo (145.42 g) que el testigo. Esta tendencia de presentar mayor contenido neto de jugo en los frutos donde se aplicó giberelinas puede ser debida a una mayor conservación de las ceras epicuticulares del flavedo encontrado en frutos cítricos con la aplicación de AG₃ a lo que se le atribuye una menor pérdida de la humedad por el mantenimiento de la integridad de la cáscara (El-Otmani *et al.*, 1986; Monselise y Sasson, 1977). En cuanto al pH empleado al aplicar AG₃ nuevamente se encontró que no hubo un efecto significativo de éste en las dos variables estudiadas, sin embargo Greenberg y Goldschmidt (1989) reportaron que son los pH más ácidos los que aumentan la absorción del producto.

CUADRO 2. Efecto de la aspersión de ácido giberélico (AG₃ a 10 mg-litro⁻¹) a diferente pH sobre el peso fresco de naranja (*Citrus sinensis*) 'Valencia Tardía', a los 15 y 30 días después de aplicación (dda).

Tratamientos	15 dda Peso (g)	30 dda Peso (g)
Testigo	211.13 a ^z	196.35 a
AG ₃ -pH 3	230.19 a	227.00 a
AG ₃ -pH 5	219.02 a	213.95 a
AG ₃ -pH 7	220.75 a	233.28 a
Coeficiente de variación	9.42 %	6.02 %

^z Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

CUADRO 3. Efecto de la aspersión de ácido giberélico (AG₃ a 10 mg-litro⁻¹) a diferente pH sobre el peso de jugo de naranja (*Citrus sinensis*) 'Valencia Tardía', a los 15 y 30 días después de aplicación (dda).

Tratamientos	15 dda Peso (g)	30 dda Peso (g)
Testigo	122.27 b ^z	126.75 b
AG ₃ -pH 3	148.66 a	137.3 ab
AG ₃ -pH 5	143.87 ab	132.25 ab
AG ₃ -pH 7	140.97 ab	145.42 a
Coeficiente de variación	4.75 %	2.98 %

^z Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Textura o resistencia a compresión

Los cambios en textura de los frutos de naranja aplicados con AG₃ mostraron un efecto no significativo al ser comparados con el testigo después de 15 días de aplicados los tratamientos (Cuadro 4), sin embargo a los 30 días de haber transcurrido la aplicación se encontró que el tratamiento testigo fue menos resistente a la compresión que los frutos tratados, este efecto pudo ser similar al que obtuvo Coggins (1981), en donde las aplicaciones de AG₃ en frutos de naranja 'Navel' retardaron los cambios relacionados con la pérdida de turgencia de la cáscara, lo cual se traduce en un efecto benéfico en términos de firmeza del fruto; cabe aclarar que este efecto fue debido únicamente a la aplicación del ácido giberélico y no por respuesta al pH usado. El mecanismo por el cual el AG₃ retrasa los cambios en el ablandamiento de la cáscara aún no es claro. Al respecto, Goldschmidt *et al.* (1970) sugirieron que el AG₃ interfiere con algunos de los efectos de etileno, tal como la estimulación de enzimas

relacionadas con la degradación de sustancias pécticas; por otro lado, García-Luis *et al.* (1992), señalaron que la aplicación de AG₃ en frutos de mandarina 'Satsuma' redujo el grosor de la cáscara, con lo cual se consiguió una mayor compactación de ésta, lo que a su vez confirió una alta resistencia mecánica al fruto.

CUADRO 4. Efecto de la aplicación de ácido giberélico (AG₃ a 10 mg-litro⁻¹) a diferente pH sobre la textura (resistencia a compresión) en frutos de naranja (*Citrus sinensis*) 'Valencia Tardía', a los 15 y 30 días después de aplicación (dda).

Tratamientos	15 dda Resistencia a la compresión ^y (mm)	30 dda Resistencia a la compresión ^y (mm)
Testigo	11.7 a ^z	12.5 b
AG ₃ -pH 3	13.6 a	8.4 a
AG ₃ -pH 5	13.4 a	7.9 a
AG ₃ -pH 7	12.3 a	8.7 a
Coeficiente de variación	17.26 %	35.86 %

^z Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

^y 476 g de fuerza por 10 s

Sólidos solubles, acidez titulable y ácido ascórbico

Respecto a estas variables, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, observándose que el contenido de sólidos solubles a los 15 y 30 días después de la aplicación de ácido giberélico se encontraba entre 11.4 y 12.2%; la acidez titulable, entre 0.69 y 0.77% de ácido cítrico; y el contenido de ácido ascórbico (vitamina C) de 29 a 36 mg·100 g⁻¹. El hecho de no tener variación entre los tratamientos evaluados en estas tres variables indican que no existió efecto ni de la concentración del ácido giberélico usada ni de los diferentes pH. Esta respuesta fue muy parecida a la que obtuvieron Guardiola *et al.* (1981), García-Luis *et al.* (1985) y El-Otmani y Coggins (1991), quienes encontraron que la aplicación de reguladores del crecimiento (giberelinas y citocininas) tuvieron características antisenescentes a nivel flavedo de diversos cítricos, no mostrando efecto en las características internas.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten aseverar que las aplicaciones de ácido giberélico en las concentraciones aplicadas, 30 días antes de la cosecha, retardan la coloración y pérdidas de textura de frutos de naranja (*Citrus sinensis*) 'Valencia Tardía' lo que supone en la senescencia del flavedo, sin ocasionar cambios en la calidad interna (en lo que respecta a sólidos solubles totales, ácido cítrico y contenido de vitamina C).

Con lo que respecta a la aplicación de la solución de ácido giberélico a los diferentes pH utilizados se observó que el pH no influyó significativamente en la eficiencia de las soluciones empleadas, sin embargo se encontró una diferencia significativa por efecto del AG₃-pH 7 mayor contenido de jugo, factor que puede ser importante si el destino del producto es para la industria juguera (rendimiento).

Con la aplicación de AG₃ resulta factible diferir la época de cosecha, permitiendo la práctica de que los frutos permanezcan en el árbol con menores pérdidas de la calidad de fruto; no obstante, es importante mediante otros estudios, establecer el momento más oportuno de aplicación así como probar otro tipo de agentes acidificantes que favorezcan su absorción, así como evaluar efectos secundarios por la aplicación de este regulador del crecimiento.

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 1990. Official Methods Analysis. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). Washington, D. C. USA. pp. 336-331.
- BASNIZKI, Y.; GOLDSCHMIDT, E.E.; LURIA, Y.; ITACH, M.; BERG, Z.; GALILI, D. 1986. Effect of acidified GA₃ -spray on yield of globe artichoke (*Cynara scolymus* L.) Hassadeh 66: 1814-1817.
- BÁEZ, R. 1991. Cambios fisiológicos asociados a la maduración y senescencia de mandarina Clementina (*Citrus clementina* Hort. Ex Tanaka). Tesis Doctoral de la Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 225 p.
- COGGINS, C. W. JR. 1981. The influence of exogenous growth regulators on ring quality and internal quality of citrus fruits. Proc. Int. Soc. Citriculture 1: 214-216.
- COGGINS, C.W. JR.; HENNING, G.L. 1988. A comprehensive California field study of the influence of preharvest applications of gibberellic acid on the ring quality of Valencia oranges. Israel J. Bot. 37: 145-154.
- EL-OTMANI, M.; COGGINS, C.W. JR.; EAKS I.L. 1986. Fruit age and gibberellic effect on epicuticular wax accumulation, respiration and internal atmosphere of Navel orange fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111: 228-234.
- EL-OTMANI, M.; COGGINS, C. W. JR. 1991. Growth regulator effects on relation of quality stored citrus fruits. Scientia Hort. 45: 261-272.
- GARCÍA-LUIS, A.; HERRERO-VILLÉN, A.; GUARDIOLA, J. L. 1992. Effects of applications of gibberellic acid on late growth, maturation and pigmentation of clementine mandarin. Scientia Hort. 49: 71-82.
- GOLDSCHMIDT, E. E.; EILATI, S. K. 1970. Gibberellin treated Shamouti oranges: Effects on coloration and translocation within peel of fruits attached to or detached from the tree. Bot. Gaz. 131: 116-122.
- GOLDSCHMIDT, E. E.; GALILI, D. 1974. The fate of endogenous gibberellins and applied radioactive gibberellin A₃ during natural and ethylene-induced senescence in citrus peel. Plant and Cell Physiol. 15: 485-491.
- GOLDSCHMIDT, E. E.; AHARONI, Y.; EILATI, S. K.; RIOV, J. W.; MONSELISE, S.P. 1977. Differential counteraction of ethylene effects by gibberellin A₃ and N₆-benzyl adenine in senescing citrus peel. Plant Physiol. 59:193-195.

- GREENBERG, J.; GOLDSCHMIDT E. E.; SCHECHTER S.; MONSELISE S. P.; GALILI, D. 1984. Improving the uptake of gibberellic acid by citrus fruit and leaves. pp. 16-25. Proc. XI Annu. Mtg. Plant Growth Regulat. Soc. Amer.
- GREENBERG, J.; MONSELISE, S. P.; GOLDSCHMIDT, E. 1987. Improvement of gibberellin efficiency in prolonging the citrus harvest season by the surfactant L-77. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 625-629.
- GREENBERG, J.; GOLDSCHMIDT, E. E. 1989. Acidifying agents, uptake and physiological activity of gibberellin A₃ in Citrus. HortScience 24: 791-793.
- GRIERSON, D. 1987. Senescence in fruits. HortScience 22: 859-862.
- GUARDIOLA, J. L.; AGUSTÍ, M.; BARBERÁ, J.; SANZ, A. 1981. Influencia del ácido giberélico en la maduración y senescencia del fruto de mandarina clementina (*Citrus reticulata*, Blanco). Rev. Agroquim. Tec. Alim. 21: 225-239.
- JIMÉNEZ-CUESTA, M.; CUQUERELLA, J.; MARTÍNEZ-JAVEGA, J. M. 1981. Determination of color index for citrus fruit degreening. Proc. Int. Soc. Citriculture 2: 750-753.
- LEWIS, L. N.; COGGINS, C. W. JR. 1964. The inhibition of carotenoid accumulation in Navel oranges by gibberellin A₃, as measured by thin layer chromatography. Plant Cell Physiol. 5: 457-463.
- LIMA, J. E. O.; DAVIES, F. S. 1984. Growth regulators, fruit drop, yield and quality of navel orange in Florida. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109: 81-84.
- MONDRAGÓN, J. P.; SPREEN, T. H.; MURARO, R. P. 1996. The mexican processing industry. Memorias IV. Simposium Internacional sobre Sistemas de Producción en Cítricos. UACH-PIISCI. Volumen 1. 28-30 de Octubre de 1996. Tuxpan, Veracruz. México.
- MONSELISE, S. P. 1979. The use of growth regulators in citriculture: A review. Scientia Hort. 11: 151-162.
- MONSELISE, S. P.; SASSON, A. 1977. Effects of orchard treatments on oranges fruit quality and storage ability. Proc. Intl. Soc. Citricult. Orlando Florida, USA. pp. 232-237.
- NORRIS, R. F.; BUKOVAC, M. J. 1972. Effect of pH on penetration of naphthaleneacetic acid and naphthaleneacetamide through isolated pear leaves cuticle. Plant Physiol. 49: 615-618.
- PANTASTICO, E. R. B. 1979. Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Ed. Continental, S. A., D. F., México. 77 p.
- SHULMAN, Y.; BAZAK, H. 1986. Enhanced effect of gibberellin on grape size by addition of urea phosphate. Alon Hanotea 40: 761-765.