

APLICACIÓN DE QUELATO DE CALCIO DURANTE EL DESARROLLO DEL FRUTO DE DURAZNERO

M. DI MIRO¹; F. COVATTA¹; S. HOLOVESKI¹; J. BOQUETE¹ y ALEJANDRA PICALLO²

Recibido: 28/05/04

Aceptado: 02/03/05

RESUMEN

Aplicaciones de calcio quelatado con L-a-aminoácidos fueron realizadas durante el crecimiento de los frutos de duraznero (*Prunus persica* (L.) Batsch) del cultivar Tropic Snow con el objetivo de evaluar su efecto sobre la calidad de los frutos al momento de la cosecha y durante la poscosecha. Las aplicaciones se realizaron sobre hojas y frutos a los 29, 48, 84, 97 y 107 días después de plena floración (DDPF), con una concentración de 3.5 ml/l de quelato de calcio. Frutos provenientes de árboles tratados con calcio presentaron un retraso en la madurez comparados con frutos provenientes de árboles control. Durante la poscosecha se obtuvo un menor porcentaje de frutos con ataques fúngicos y daños por frío.

Palabras clave. *Prunus persica* (L.) Batsch, quelato de calcio, calidad de los frutos.

APPLICATION OF CALCIUM CHELATE DURING PEACH FRUIT DEVELOPMENT

SUMMARY

Applications of calcium chelated with L-a-amino acids were performed during the peach fruit growth of the cultivar Tropic Snow in order to evaluate their effect on fruit quality at harvest and during the postharvest. The applications were done over leaves and fruits at 29, 48, 84, 97 and 107 days after full bloom (DAFB), using a concentration of 3.5 ml/l of calcium chelate. Fruits from calcium treated trees had a delay on harvest compared to those from control trees. During the postharvest, it was found a lower percentage of fruits with fungus and chilling injury.

Key words. *Prunus persica* (L.) Batsch, calcium chelate, fruit quality.

INTRODUCCIÓN

El calcio cumple un rol importante en el mantenimiento de la calidad de frutos y vegetales (Shear, 1975). Alrededor del 60% del calcio se encuentra asociado a la pared celular (Rossigol *et al.*, 1977), en donde está relacionado con el mantenimiento de la estructura de la misma en frutas y otros órganos de reserva por interacción con el ácido péctico de las paredes formando pectato de calcio (Poovaiah, 1986). La formación de puentes de cationes entre

ácido péctico o entre éste y otros polisacáridos con grupos ácidos podría hacer a la pared celular menos accesible a las enzimas presentes en los frutos o a las enzimas producidas por hongos patógenos (Conway y Sams, 1987). El calcio también podría actuar reduciendo la actividad de las enzimas que degradan la pared (Gerasopoulos y Richardson, 1999). El retraso de la senescencia inducida por el calcio se encuentra también documentada (Tingwa y Young, 1974). Se encontró que el calcio afecta

¹Cátedra de Fruticultura y ²Cátedra de Bioquímica. Facultad de Agronomía. U.B.A. Av. San Martín 4453 (C1417DSE) Buenos Aires, Argentina.

varios parámetros de la senescencia (Poovaiah, 1986) en frutos tales como manzana (Faust y Shear, 1972; Conway y Sams, 1987), pera (Gerasopoulos y Richardson, 1999), palta (Tingwa y Young, 1974) y damasco (Tzoutzoukou y Bouranis, 1997). Su habilidad para retrasar la senescencia estaría relacionada con el rol del calcio en el mantenimiento de la integridad de las membranas (Poovaiah y Leopold, 1973).

En el árbol, el calcio se mueve casi exclusivamente por el xilema con muy pequeñas concentraciones encontradas en el floema (Johnson y Uriu, 1989). Siendo que los nutrientes son suministrados fundamentalmente por vía floemática, los niveles de calcio en los frutos son bajos (Johnson y Uriu, 1989). En los frutos, la mayor parte del calcio ingresa durante el período temprano de crecimiento, por lo cual, incrementos en el tamaño de los mismos diluyen las concentraciones de calcio, y un crecimiento excesivo podría reducir las concentraciones por debajo de la necesaria para el normal funcionamiento de las células (Shear, 1975).

Numerosos trabajos han sido realizados con el objetivo de prolongar la calidad de poscosecha en durazno mediante aplicaciones foliares de calcio (Poovaiah y Leopold, 1973; Ochei *et al.*, 1993; Crisosto *et al.*, 2000) sin que se hayan obtenido aún resultados concluyentes. Aplicaciones foliares con productos como CaCl_2 , muchas veces no resultan efectivas porque la forma de movilización como Ca^{2+} es baja. La utilización de otros compuestos, como los quelatos, pueden lograr una mayor introducción del Ca^{2+} en la fruta (Gárate y Bonilla, 2000). El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de quelato de calcio con L-aminoácidos, durante el desarrollo de frutos de duraznero (*Prunus persica* (L.) Batsch), sobre la calidad al momento de cosecha y durante la poscosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Árboles de duraznero (*Prunus persica* (L.) Batsch) de seis años de edad cultivados en un huerto experimental de la Universidad de Buenos Aires fueron utilizados para evaluar el efecto de la aplicación de quelato de calcio sobre la calidad de los frutos al momento de la cosecha y durante la poscosecha. El cultivar evaluado fue Tropic Snow, durazno de pulpa blanca cosechado usualmente desde el 25 de noviembre hasta el 10 de diciem-

bre. Los árboles crecieron injertados sobre un porta-injerto franco (Cuaremsillo) y conducidos en vaso. El espaciamiento de los árboles dentro de las líneas y entre las mismas es de 3 x 3 m.

Los tratamientos realizados fueron: a) Control: los árboles fueron manejados de acuerdo a las prácticas culturales tradicionales usadas en el huerto. b) Aplicación de calcio quelatado con L-a-aminoácidos (Calcio: 8% p/p; L-a-aminoácidos libres: 4,6% p/p; boro soluble en agua: 0,2% p/p; nitrógeno total: 4,9% p/p; materia orgánica total: 6,8% p/p); agregado a las prácticas culturales tradicionales, 3,5 ml/l de quelato de calcio fue aplicado a hojas y frutos, con un pulverizador manual, hasta provocar escurrimiento. La aplicación se realizó durante las etapas I (29 y 48 días después de plena floración (DDPF)) y III (84, 97 y 107 DDPF) del desarrollo del fruto. Las etapas del desarrollo fueron determinadas de acuerdo a Chalmers y Van den Ende (1975).

Las prácticas culturales usadas en el huerto incluyeron: poda de fructificación y poda verde; control químico de plagas, enfermedades y malezas; riego por surco y fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio. Durante la etapa I de desarrollo de los frutos, con el objetivo de homogeneizar la carga de fruta entre árboles, fue realizado un raleo manual de frutos.

Debido a la heterogeneidad en madurez de los frutos dentro de cada árbol, la cosecha fue realizada en dos fechas. Las fechas de cosecha fueron determinadas utilizando el cambio del color de fondo y la firmeza de pulpa como índices de madurez. En la primera cosecha (5 de diciembre), para cada tratamiento y repetición, la fruta fue ordenada al azar en tres grupos de 17, 34 y 9 frutos. En cada fruto del primer grupo fue medido: peso fresco, diámetro, color de fondo de la piel, color de pulpa, firmeza de la pulpa, porcentaje de materia seca (MS), porcentaje de sólidos solubles (SS) y acidez titulable (AT). El segundo grupo de frutos fue desinfectado superficialmente sumergiéndolo durante un minuto en una solución diluida de lejía (0,5% de hipoclorito de sodio) (Palou *et al.*, 2001), luego se lo dividió aleatoriamente en dos subgrupos de 17 frutos y se lo almacenó a 20 °C. Seis días después de cosecha, en cada fruto del primer subgrupo se determinó la firmeza de la pulpa. Once días después de cosecha, en cada fruto del segundo subgrupo, se determinó la firmeza de la pulpa y la presencia de ataques fúngicos. El tercer grupo de frutos fue desinfectado como se describió previamente, almacenado a 20 °C y utilizado para determinar la tasa de producción de etileno luego de 5 y 10 días posteriores a la cosecha.

En la segunda fecha de cosecha (9 de diciembre), para cada tratamiento y repetición, los frutos fueron ordenados al azar en dos grupos de 17 y 10 frutos respectivamente. En el primer grupo, fueron realizadas las mismas mediciones que en el primer grupo de la primera

fecha de cosecha. El segundo grupo fue desinfectado como se indicó previamente y almacenado a 5 °C. La fruta fue retirada de los 5 °C luego de 2 semanas de almacenaje. La misma se colocó a temperatura ambiente por un día, luego fue cortada transversalmente a lo largo del plano de la sutura e inmediatamente se evaluó la aparición de síntomas característicos de daño por frío (sangrado).

El peso fresco de la fruta fue medido usando una balanza digital (model 240A, Precisa; Suiza). El diámetro de la fruta fue medido con un calibre manual y calculado como el promedio entre el diámetro ecuatorial y el longitudinal. El color de fondo de la piel y el color de la pulpa fueron determinados por medio de un cromámetro (LCh^o. D65) (Minolta, model CR-300; Osaka, Japón), obteniéndose los parámetros L* (como medida de luminosidad) y h° (ángulo hue; indicador del tono de color) (Voss, 1992). Luego de la determinación del color de piel, una pequeña sección de piel en ambos costados del fruto fue removida y se midió el color de pulpa, el cual fue calculado como el promedio de las mediciones realizadas en ambos costados del fruto. Inmediatamente después a la determinación del color de pulpa y en los mismos sitios en donde se midió la misma, se midió la firmeza de pulpa siendo el valor final el promedio de ambos valores. La firmeza de la pulpa fue determinada utilizando un penetrómetro EFFEGI con una punta de 8 milímetros. Se cortó de cada fruto una sección longitudinal, la cual fue utilizada para la determinación del porcentaje de materia seca (MS). Cada sección fue pesada y luego secada a 103 °C hasta que no se registraron variaciones en peso. Una vez alcanzado el peso final, se calculó el porcentaje de materia seca de la siguiente manera: $Materia\ seca\ (\%) = peso\ seco\ (g) \cdot 100 / peso\ fresco\ (g)$

Cada fruto fue triturado y filtrado a través de una malla doble de tela para obtener una muestra de jugo. El jugo fue utilizado para la determinación de SS y AT. Los SS fueron medidos con refractómetro digital con compensación de temperatura (model PR-32, Atago Co., Tokyo, Japón). La AT fue determinada por titulación con 0,1N NaOH (0,0999N), hasta viraje del indicador utilizado (fenoltaleína). Para la determinación de la tasa de producción de etileno se utilizó un cromatógrafo de gases equipado con un FID (Hewlett Packard 5890 Series II). La tasa de producción de etileno fue calculada y expresada como $\mu l\ C_2H_4 \cdot kg^{-1} \cdot hr^{-1}$.

Se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizado con tres repeticiones por tratamiento. Cada repetición consistió de un árbol. Los resultados fueron analizados utilizando análisis de varianza para determinar la significancia de las diferencias entre el control y el tratamiento con calcio.

RESULTADOS

La aplicación de quelato de calcio no produjo variaciones en el peso fresco ni en el peso seco de los frutos en ninguna de las dos fechas de cosecha (Cuadro N° 1). Por el contrario, los SS, aunque no mostraron diferencias estadísticamente significativas en la primera cosecha, sí presentaron diferencias significativas en la segunda fecha de cosecha, en donde los frutos tratados con quelato de calcio

CUADRO N° 1. **Peso fresco, porcentaje de materia seca, porcentaje de sólidos solubles, firmeza, valores L* y h° de fondo y pulpa, de los frutos al momento de la cosecha.** Letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamientos.

		1 ^{ra} cosecha	2 ^{da} cosecha
Peso fresco (g)	Control	122,2 a	116,7 a
	Calcio	125,1 a	115,2 a
MS (%)	Control	9,9 a	10,2 a
	Calcio	9,5 a	9,1 b
Sólidos solubles (%)	Control	8,5 a	9,0 a
	Calcio	8,2 a	8,3 b
Acidez (%)	Control	1,05 a	1,17 a
	Calcio	0,94 b	0,98 b
Firmeza (N)	Control	46,0 a	46,0 a
	Calcio	45,6 a	49,6 a
L* fondo	Control	68,1 a	66,2 a
	Calcio	70,4 a	69,9 b
h° fondo	Control	73,9 a	66,2 a
	Calcio	82,1 b	80,1 b
L* pulpa	Control	77,1 a	75,0 a
	Calcio	77,6 a	78,1 b
h° pulpa	Control	96,7 a	86,5 a
	Calcio	99,8 a	97,8 b

tuvieron un valor menor de SS. Contrario a lo esperado, los valores de acidez en los frutos tratados con calcio fueron estadísticamente inferiores a los frutos control en las dos fechas de cosecha. La firmeza de la pulpa no presentó diferencias entre tratamientos al momento de la cosecha en ninguna de las dos fechas.

El parámetro de color L^* de la piel así como el de la pulpa presentaron diferencias significativas en la segunda fecha de cosecha, siendo siempre valores más altos los presentados por los frutos tratados con calcio. Excepto por el valor de pulpa en la primer fecha de cosecha, el valor de h° fue siempre estadísticamente mayor en los frutos tratados con calcio comparados con aquellos provenientes de árboles control.

A los 5 días posteriores a la cosecha, los frutos tratados con calcio presentaron una tasa de producción de etileno significativamente menor a la de los frutos control (Cuadro N° 2). La misma tendencia se mantuvo luego de 10 días posteriores a cosecha, aunque los valores no fueron significativamente diferentes.

CUADRO N° 2. Tasa de producción de etileno de frutos conservados a 20 °C, luego de 5 y 10 días posteriores a cosecha. Los valores representan el promedio de tres repeticiones de 9 frutos cada una. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos.

	Etileno ($\mu\text{l}\times\text{kg}^{-1}\times\text{h}^{-1}$)	
	10-Dic	15-Dic
Control	3,3 a	6,0 a
Calcio	0,7 b	5,1 a

Luego de 6 días de cosecha, en los frutos conservados a 20 °C no se observaron signos de ataques fúngicos en ninguno de los tratamientos. Sin embargo, luego de 11 días de cosecha y conservados a 20 °C, los frutos provenientes de árboles tratados con calcio tuvieron un porcentaje significativamente menor de ataques, así como también un diámetro del área afectada por los hongos significativamente menor (Cuadro N° 3). En ninguno de estos casos se pudo medir la firmeza de la pulpa, ya que los frutos conservados por 6 y 11 días a 20 °C estaban totalmente blandos.

Luego de 17 días a 5 °C más un día a temperatura ambiente, el porcentaje de frutos con daños por frío (sangrado) fue significativamente menor en aquellos provenientes de árboles tratados con quelato de calcio comparado con los frutos provenientes de árboles control (Cuadro N° 4). Igual resultado se obtuvo en cuanto al estado de los frutos, presentando los frutos de árboles control un porcentaje significativamente mayor de frutos sobremaduros.

CUADRO N° 3. Porcentaje de frutos con ataques fúngicos y diámetro promedio de la colonia de hongos en futos atacados, luego de ser conservados a 20 °C desde 5 al 16 de diciembre. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos.

Ataques fúngicos 5 al 16 de diciembre			
%		cm	
Control	Calcio	Control	Calcio
66,7 a	3,3 b	7,3 a	1,0 b

CUADRO N° 4. Porcentaje de frutos con daños por frío y estado de los mismos luego de ser conservados a 5 °C durante 2 semanas más un día a temperatura ambiente. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos.

Sangrado 9-24 Dic		Estado de los frutos 9-24 Dic	
		Sobremadurez (%)	
Control	Calcio	Control	Calcio
51,8 a	7,7 b	18,5 a	4,8 b

DISCUSIÓN

Al finalizar el crecimiento, los frutos comienzan un proceso durante el cual ocurren modificaciones físico-químicas que lo llevan a alcanzar el estado de madurez. La velocidad con la que ocurren dichos procesos se encuentra afectada por varios factores, siendo el principal la temperatura. De acuerdo a los resultados obtenidos (según los datos determinados en la segunda cosecha), el calcio afectaría también el proceso de maduración, retrasándolo. Resultados concordantes con los aquí hallados fueron reportados también en frutos como pera (Gerasopoulos y Richardson, 1999) y palta (Tingwa y Young, 1974). Tal efecto estaría relacionado a la tasa respiratoria de los frutos la cual en los frutos climatéricos disminuye durante el crecimiento de los mismos hasta alcanzar un valor mínimo. Luego comienza el período de maduración de los frutos, en donde la tasa respiratoria comienza a aumentar hasta alcanzar un máximo. Tzoutzoukou y Bouranis (1997) hallaron que aplicaciones de calcio durante el desarrollo de damascos disminuyeron la tasa respiratoria durante el último período del desarrollo de los frutos.

Así, los frutos de los árboles control presentarían una tasa respiratoria mayor a la de los frutos en los árboles tratados con calcio, iniciando los primeros el proceso de maduración antes que los segundos, como podría suponerse según los datos obtenidos en la segunda cosecha, en donde los frutos de árboles control presentan una concentración de sólidos solubles significativamente mayor a los tratados con calcio, menores valores de L^* y menores valores de h° , tanto de la piel como de la pulpa. Además, en los frutos evaluados en la primer cosecha, se obtuvieron menores valores de etileno para los tratados con calcio a los cinco días de la cosecha, manteniéndose esta tendencia -aunque no significativa- 10 días después. Esto sugiere un retraso en el comienzo del aumento de la tasa respiratoria. La ausencia de diferencias significativas en la firmeza de la pulpa al momento de la cosecha, estaría relacionada con la baja sensibilidad del instrumental utilizado para la determinación de la misma.

Los aportes de nitrógeno realizados junto con el calcio, podrían también haber contribuido a un retraso en el inicio de la maduración.

En el presente trabajo, la reducción de ataques fúngicos en frutos que recibieron aplicaciones de calcio, estaría relacionada con un aumento de la formación de puentes de cationes entre ácido péctico o entre éste y otros polisacáridos con grupos ácidos

que tornarían a las paredes celulares menos accesibles a las enzimas producidas por hongos patógenos (Conway y Sams, 1987) así como también a las enzimas del fruto. Además de una mayor rigidez de las paredes celulares, el calcio es capaz de preservar la organización celular a través de una menor desintegración de las mitocondrias, retículo endoplasmático y membranas celulares (Jones *et al.*, 1970), lo cual estaría acompañado por una reducción de la respiración de los frutos durante la poscosecha y un retraso de la madurez y senescencia de los mismos. Esto último explicaría el menor porcentaje de daños y mejor conservación de los frutos hallados en este trabajo.

Las aplicaciones de calcio de pre y poscosecha han sido utilizadas para prevenir desórdenes fisiológicos y retrasar la maduración en peras (Gerasopoulos y Richardson, 1999), manzanas (Faust y Shear, 1972) y paltas (Tingwa y Young, 1974; Thorp *et al.*, 1997). En durazno, los resultados obtenidos de dichas aplicaciones sobre la poscosecha de los frutos no han sido concluyentes (Wills y Mahendra, 1989; Ochei *et al.*, 1993; Crisosto *et al.*, 2000). Las diferencias en resultados encontradas en esta especie, podría estar relacionada con diferencias propias de cada cultivar, producto utilizado y momento de aplicación durante el desarrollo de los frutos.

BIBLIOGRAFÍA

- CHALMERS, D.J. and B. VANDEN ENDE. 1975. A reappraisal of the growth and development of peach fruit. *Australian Journal of Plant Physiology*, 2: 623-34.
- CONWAY, W.S. and C.E. SAMS. 1987. The effect of postharvest infiltration of calcium, magnesium, or strontium on decay, firmness, respiration, and ethylene production in apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112: 300-303.
- CRISOSTO, C.H.; K.R. DAY; R.S. JOHNSON and D. GARNER. 2000. Influence of in-season foliar calcium sprays on fruit quality and surface discoloration incidence of peaches and nectarines. *Journal of American Pomological Society*, 54: 118-122.
- FAUST, M. and C.B. SHEAR. 1972. The effect of calcium on respiration of apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 97: 437-439.
- GARATE, A. y I. BONILLA. 2000. Capítulo 8: Nutrición Mineral y Producción Vegetal. En: Azcón-Bieto y Talón (eds); Fundamentos de Fisiología Vegetal. Universitat de Barcelona. McGraw-Hill Interamericana. Pp. 113-130.
- GERASOPOULOS, D. and D.G. RICHARDSON. 1999. Storage temperatures and fruit calcium alter the sequence of ripening events of 'd' Anjou' pears. *HortScience*, 34: 316-318.
- JOHNSON, R.S. and K. URIU. 1989. Girdling trees. En: La Rue, J.H., Johnson, R.S. (eds); Peaches, plums and nectarines: growing and handling for fresh market. University of California Department of Agriculture and Natural Resources Publication. No. 3331. pp. 68-81.

- JONES, R.; G. WYN and O.R. LUNT. 1970. The function of calcium in plants. *Botanical Review*, 36: 407-423.
- OCHEI C.O.; F.M. BASIOUNY and F.M. WOODS. 1993. Calcium-mediated postharvest changes in storageability and fruit quality of peaches. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 106: 266-269.
- PALOU, L.; J.L. SMILANICK; J. USALL and I. VIÑAS. 2001. Control of postharvest blue and green molds of oranges by hot water, sodium carbonate, and sodium bicarbonate. *Plant Disease*, 85: 371-376.
- POOVAIAH, B.W. and A.C. LEOPOLD. 1973. Deferral of senescence and ripening with calcium. *Plant Physiology*, 51: (Suppl) 18.
- POOVAIAH, B.W. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology*, 40: 86-89.
- ROSSIGNOL, M.; D. LAMANT; L. SALSAC and R. HELLER. 1977. Calcium fixation by the roots of calcicole and calcifuge plants: the importance of membrane systems and their lipid composition. *En: M. Thellier, A. Monnier, M. Demarty (eds.); Transmembrane ionic exchange in plants. Paris et Editions de l'Universite, Rouen. pp. 483-532.*
- SHEAR, C.B. 1975. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. *HortScience*, 10: 361-365.
- THORP, T.G.; D. HUTCHING; T. LOWE and K.B. MARSH. 1997. Survey of fruit mineral concentrations and postharvest quality of New Zealand-grown 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 25: 251-260.
- TINGWA, P.O. and R.E. YOUNG. 1974. The effect of calcium on the ripening of avocado (*Persea americana* Mill.) Fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 99: 540-542.
- TZOUTZOUKOU, C.G. and D.L. BOURANIS. 1997. Effect of preharvest application of calcium on the postharvest physiology of apricot fruit. *Journal of Plant Nutrition*, 20: 295-309.
- VOSS, D.H. 1992. Relating Colorimeter measurement of plant color to the Royal Horticultural Society Colour Chart. *HortScience*, Vol. 27 (12): 1.256-1.260.
- WILLS, R.B.H. and M.S. MAHENDRA. 1989. Effect of postharvest application of calcium on ripening of peach. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 29: 751-753.