

EFFECTO DE TRES APLICACIONES DE CALCIO EN PRECOSECHA SOBRE EL COMPORTAMIENTO EN ALMACENAMIENTO REFRIGERADO DE PALTA (*Persea americana* Mill.) CV. FUERTE

P. Undurraga¹, J. A. Olaeta¹ y J. Ramirez¹

¹ Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. San Francisco s/n La Palma Quillota. Chile. Correo electrónico: pundurra@ucv.cl

Con el fin de aumentar la vida útil de poscosecha de paltas cv. Fuerte, se realizaron en 3 estadios de desarrollo de la fruta, correspondientes a 7, 9 y 11% de aceite, aplicaciones al árbol de Cloruro de Calcio con 72% de Ca, en dosis de: 0 (testigo), 0,23 y 0,33% (producto comercial), más surfactante (120 cc de LI-700 ® / 100 L de agua). Cuando la fruta alcanzó un 13% de aceite, se cosecharon frutos de tamaño homogéneo (200 a 250 g) y se refrigeraron a 7 ± 1 °C con 90-95% de Humedad Relativa, por 12, 24 y 36 días. En cada período de almacenamiento se evaluó: pérdida de peso, resistencia de la pulpa a la presión, contenido de calcio en la pulpa y pardeamiento de la epidermis y pulpa. Luego, la fruta se dejó ablandar a temperatura ambiente hasta 0,92 Kg de presión y se evaluó, tiempo de ablandamiento y con evaluación sensorial: sabor, color de piel y pulpa, textura y fibrosidad. Frutos con aplicaciones de Cloruro de Calcio, en dosis de 0,23 y 0,33%, desde los 24 días de almacenamiento refrigerado, presentan una mayor resistencia de la pulpa a la presión y un menor pardeamiento de la pulpa respecto del testigo. Dosis de Cloruro de Calcio al 0.33%, en todos los períodos de almacenamiento, produce un aumento del croma y del contenido de calcio en la pulpa de los frutos.

Palabras clave: pardeamiento, conservación, porcentaje de aceite, firmeza de pulpa, fibrosidad.

EFFECT OF THREE CALCIUM APPLICATIONS IN PRE-HARVEST ON THE BEHAVIOR OF FUERTE AVOCADO (*Persea americana* Mill.) UNDER REFRIGERATED STORAGE

P. Undurraga¹, J. A. Olaeta¹ and J. Ramirez¹

¹ Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. San Francisco s/n La Palma Quillota. Chile. Correo electrónico: pundurra@ucv.cl

In order to increase the shelf life of Fuerte avocados, calcium chloride applications to the trees with 72% of Ca were carried out in three stages of fruit growth, corresponding to 7, 9 and 11% of oil, in doses of: 0 (control), 0.23 and 0.33%, (commercial product), plus surfactant (120 cc of LI-700 ® / 100 L of water). When the fruit reached 13% of oil, fruits of similar size (200 to 250 g) were harvested and refrigerated at 7 ± 1 °C with 90-95% of Relative Humidity, for 12, 24 and 36 days. In each storage period, the following were evaluated: weight loss, pulp resistance to pressure, calcium content in pulp and browning of epidermis and pulp. Then, the fruit was left to soften at room temperature up to 0.92 kg of pressure, and softening time was evaluated, whereas sensory evaluation was made on taste, skin and pulp color, texture and fibrousness. Fruit

with calcium chloride applications, in doses of 0.23 and 0.33%, from 24 days of refrigerated storage onwards, show a greater pulp resistance to pressure and less browning of pulp in comparison with the control. In all storage periods, calcium chloride dose of 0.33% results in increased chroma and calcium content in pulp of fruits.

Key words: browning, keeping quality, oil percentage, pulp firmness, fibrousness

1. Introducción

El incremento que ha sufrido Chile en los últimos años en la producción de palta, lo ha colocado dentro de los principales países exportadores del mundo (ODEPA, 2007). Sin embargo, por efecto de su duración en almacenamiento, la palta cv. Hass se ha transformado en la única demandada para estos efectos, siendo el cv. Fuerte, uno de los que se cultiva bien en nuestro país, posible de exportar a Europa si se incrementara su duración en almacenamiento refrigerado. Esto permitiría ampliar la temporada de exportación de palta chilena.

El Ca posee efectos sobre la textura y resistencia a enfermedades del fruto, además de retrasar la maduración y senescencia, afectándola de tres maneras: manteniendo la estructura de la pared celular, la función de la membrana celular y regulando procesos celulares por su acción en la transmisión de señales (Watkins, 1995). Es por todo esto que el Ca posee un gran interés en el mundo científico (Yuri, 1995).

Por otra parte, entre los cambios que sufre la palta durante la maduración y que el Ca podría retrasar, se incluyen: ablandamiento, cambios en la pigmentación, cambios en el aroma y sabor de los frutos, cambios en la permeabilidad de membranas celulares y cambios en la actividad respiratoria (Guadarrama, 2001).

Se ha determinado que las paltas que poseen un alto contenido de calcio, retrasan hasta en un 50% la maduración y ablandamiento, con la disminución de las tasas de respiración y de producción de etileno (Gil, 2004). Además, se evita la aparición de desórdenes fisiológicos y pudriciones, por medio de aplicaciones de calcio antes del almacenamiento (Bramlage, 1995). Por otra parte, aplicaciones de calcio en precosecha en el cv. Fuerte, aumentan la firmeza del fruto, reduce el porcentaje de pérdidas fisiológicas de peso y los daños por frío, tanto en la piel como en la pulpa (López y Cajuste, 1995).

Aplicaciones foliares de calcio implican absorción por parte del fruto, sin embargo, debido a que la eficiencia de contacto con la fruta es baja (1 - 2%), este debe aplicarse en repetidas ocasiones (Yuri *et al.*, 1998).

Se estima entonces que aplicaciones foliares reiterativas de calcio a paltos cv. Fuerte, dentro de la temporada, contribuirían a mejorar la durabilidad del fruto en almacenamiento refrigerado.

Debido a la lejanía que posee Chile a diversos mercados de interés, lo que implica un mayor tiempo de transporte (ej.: 35 días a Europa en el caso de la var. Fuerte), se hace necesario buscar nuevas técnicas para aumentar la vida de poscosecha de la palta.

En el presente ensayo se evaluó el efecto de aplicaciones foliares de Ca en precosecha de palto cv. Fuerte, durante la última etapa de crecimiento del fruto, con el objetivo de obtener un retraso en la madurez y senescencia y alargar su vida útil en poscosecha.

2. Materiales y métodos

Aplicaciones foliares de cloruro de calcio (72% Ca) se realizaron sobre paltos cv. Fuerte de 20 años de edad, injertado sobre Mexícola, establecidos en la localidad de San Isidro, Quillota (Latitud 32° 49's, Longitud 71° 16'w). Dieciocho árboles totales, se dividieron en tres grupos de seis árboles, a los que se aplicó, en 3 estadios de desarrollo de la fruta: 7 (14/06/2006), 9 (19/07/2006) y 11% (28/07/2006) de aceite, dosis de 0; 0,23 y 0,33 % (producto comercial) más surfactante (120 cc LI-700®) / 100 l de agua cada vez, dando un total en la temporada de 0; 0,7 y 1 % de cloruro de calcio. Se usó un pulverizador con pistola y boquilla de 1 mm., y mojamiento de 25 l/árbol. El % de aceite se determinó por peso seco.

Cuando la fruta alcanzó 13% de aceite (02/08/2006), se cosecharon 588 frutos totales, de tamaño homogéneo (200 a 250 g), los que fueron trasladados al Laboratorio de Poscosecha de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso-Chile, colocados en cajas plásticas de una corrida cada una, divididos en grupos, según cada aplicación al árbol, y refrigeradas a $7 \pm 1^{\circ}\text{C}$ con 90-95% de humedad relativa, por 0, 12, 24 y 36 días. Resultaron 12 tratamientos con cuatro repeticiones, en general, de 12 frutos cada una.

En cada período de almacenamiento se evaluó: % de pérdida de peso (diferencia de peso), resistencia de la pulpa a la presión (presionómetro Effegi de vástago 8 mm de diámetro), pardeamiento de la epidermis (medición del croma con colorímetro Minolta CR-200, valores expresados en CIE Lab y modificados por Mc Guire 1992) y de pulpa por apreciación visual. Luego, la fruta se dejó ablandar a temperatura ambiente hasta que la primera fruta de un tratamiento alcanzó 1.84 Kg de firmeza, registrándose el tiempo de ablandamiento para cada fecha y evaluándose, con panel sensorial, sabor, color de piel y pulpa, textura y fibrosidad. El contenido de calcio en la pulpa (base porcentaje de peso seco) se midió sólo a los 0 y 36 días de almacenamiento refrigerado. Para esta última medición se utilizó sólo un fruto por repetición.

Las variables: resistencia de la pulpa a la presión, pardeamiento de pulpa y contenido de calcio en la pulpa se analizaron por un Diseño Completamente al Azar Bifactorial (4 tiempos de almacenamiento y 3 dosis de calcio). Para las dos primeras variables su análisis se realizó por el método de Kruskal-Wallis por

cuanto no siguieron una distribución normal (Conover, 1999), usándose para la separación de medias el test de separaciones para Kruskal-Wallis ($p \leq 0.05$)

Para las variables pardeamiento de piel, y pérdida de peso, correspondientes a un seguimiento de los mismos frutos, se utilizó un Diseño Completamente al Azar Unifactorial, donde el factor fue dosis de calcio. La unidad experimental en este caso fue 4 frutos por repetición. En el caso de las variables: sabor, color de piel y pulpa, textura y fibrosidad, se utilizó también un Diseño en Bloques Completamente al Azar Bifactorial (4X3) con 8 repeticiones que correspondieron al número de jueces no entrenados que evaluó las muestras. Para este caso, la unidad experimental fue un fruto. Las respuestas se clasificaron como 1: Muy desagradable a 10: muy agradable. En la separación de medias se aplicó el test de rangos múltiples de Duncan ($p \leq 0.05$).

3. Resultados y discusión

Para la resistencia de la pulpa a la presión, existió interacción entre los factores dosis de cloruro de calcio y tiempo de almacenamiento refrigerado, disminuyendo la resistencia de la pulpa a la presión con el avance en el tiempo de almacenamiento, pero con un efecto del calcio que retardó la pérdida de firmeza (Cuadro 1), concordando con Yuri *et al.* (1998), quienes señalan que el calcio presenta efectos en el retraso de la maduración y senescencia de frutos.

En el mismo cultivar, López y Cajuste (1995) determinaron que dosis de 10 mg/L de nitrato de calcio retarda la pérdida de la firmeza de los frutos, hasta 30 días, a una temperatura de $5 \pm 1^\circ\text{C}$. En este contexto, Yuri *et al.* (1998), trabajando en manzanas, también señalan que aplicaciones de calcio foliar retrasa el ablandamiento de la fruta.

Cuadro 1. Efecto de la interacción entre dosis de cloruro de calcio, en precosecha, y tiempo de almacenamiento refrigerado, sobre la resistencia de la pulpa a la presión (Kg) y pardeamiento de pulpa (%) en palta cv. Fuerte.

Tratamiento en frutos cv. Fuerte	Resistencia de la pulpa a la presión (Kg)	Pardeamiento de pulpa (% de daño)
0 dda - 0 % Ca	12,42 d	0,00 a
0 dda - 0,7 % Ca	12,42 d	0,00 a
0 dda - 1 % Ca	12,42 d	0,00 a
12 dda - 0 % Ca	10.67 cd	0,00 a
12 dda - 0,7 % Ca	11.88 d	0,00 a
12 dda - 1 % Ca	12,42 d	0,00 a
24 dda - 0 % Ca	4.85 b	8.05 b
24 dda - 0,7 % Ca	9.78 c	2.30 a
24 dda - 1 % Ca	10.59 cd	4.60 ab
36 dda - 0 % Ca	2.32 a	29.90 e
36 dda - 0,7 % Ca	5.19 b	23,00 d

36 dda - 1 % Ca	5.05 b	12.65 c
-----------------	--------	---------

Valores con la misma letra no difieren entre si (test de separación de medias para Kruskal – Wallis. (P≤0,05).

dda = días de almacenamiento a 7°C

Lo anterior, pudo deberse, como lo señala Farre *et al.* (1992), a que el calcio se relaciona positivamente con la mayor resistencia de las membranas celulares a la degradación, retrasando procesos bioquímicos que ocurren por la pérdida de su semipermeabilidad.

La misma interacción ocurrió en el pardeamiento de pulpa, observándose que, aunque en el tiempo aparece el pardeamiento, la mayor dosis de calcio, tiende a disminuir su efecto. Esto concuerda con lo obtenido por López y Cajuste (1995), quienes al tratar en precosecha frutos de palto cv. Fuerte con nitrato de calcio en dosis de 30 mg/L, obtuvieron menor pardeamiento de la pulpa.

Esto también puede atribuirse a una mayor conservación de la integridad de las paredes y membranas celulares, provocadas por la mayor dosificación de calcio, que impide la pérdida de la selectividad de éstas últimas, retardando la unión de las enzimas con el sustrato para provocar el efecto (Bangerth, 1979).

En la variable pardeamiento de la piel hubo sólo efecto de las dosis de cloruro de calcio. En los tratamientos aplicados, el mayor cromatismo o menor opacidad, se obtuvo, en todas las fechas evaluadas, con dosis de 1% de cloruro de calcio (Cuadro 2). Esto concuerda con López y Cajuste (1995), que lograron un menor pardeamiento de la epidermis en paltas cv. Fuerte al aplicar nitrato de calcio con dosis de 30 mg/L. Todo lo anterior, puede deberse al efecto de retardo de madurez que ejerce la mayor dosis de calcio en la palta, por mayor mantención de la integridad de las membranas y pared celular (Cline y Hanson, 1992).

Cuadro 2. Efecto de las dosis de cloruro de calcio, aplicados en precosecha, sobre el pardeamiento de la epidermis (%) en frutos cv. Fuerte, refrigerados a 7±1°C.

Tratamiento	0 dda	12 dda	24 dda	36 dda
0% Ca	23,40 a	22,56 a	25,07 a	23,14 a
0.7% Ca	24,42 a	23,96 a	24,48 a	22,83 a
1% Ca	26,91 b	26,44 b	27,74 b	26,16 b

Valores con la misma letra en cada columna, no difieren entre si (Duncan, P<0.05)

dda: días de almacenamiento a 7°C

En la pérdida de peso de frutos de palto cv. Fuerte, en cada uno de los tiempos de almacenamiento refrigerado, no existió efecto de las dosis de calcio (Cuadro 3). Esto no concuerda con los resultados de López y Cajuste (1995); quienes con aplicaciones foliares de calcio, en paltas cv. Fuerte en precosecha, generaron menores pérdidas de peso.

Esta diferencia de resultado pudo deberse a las diferentes dosificaciones utilizadas y también a que en el presente ensayo se trabajó con un mayor contenido de materia seca en la fruta y, por tanto, menor contenido de agua libre.

Cuadro 3. Efecto de las dosis de cloruro de calcio sobre la pérdida de peso (g) en frutos cv. Fuerte.

Diferencia de pérdida de peso (g) en paltas cv. Fuerte			
	12 dda	24 dda	36 dda
0 % Ca	6,5 a	1,2 a	1,4 a
0,7 % Ca	6,0 a	0,9 a	1,1 a
1 % Ca	5,1 a	1,5 a	0,9 a

Valores con la misma letra en la columna, no difieren entre si (Duncan, $P < 0.05$)
dda: días de almacenamiento a 7°C

Respecto del contenido de calcio en la fruta, se encontró efecto del tiempo de almacenamiento refrigerado y dosis de calcio por separado (Cuadro 4). A mayor tiempo de almacenamiento refrigerado aumentó el contenido de calcio, lo que pudo deberse a la pérdida de turgencia que sufre el fruto a medida que evoluciona en su proceso de maduración, haciendo el nutriente más concentrado. Además, al aumentar las dosis de calcio, aplicado en precosecha, fue mayor el contenido de calcio que presentó el fruto, lo que indicaría que el producto fue incorporado a la fruta en sus aplicaciones de precosecha.

Cuadro 4. Efecto del tiempo de almacenamiento refrigerado y de la dosis de cloruro de calcio, aplicada en precosecha, sobre el contenido de calcio en la pulpa (% de peso seco) en frutos cv. Fuerte.

Factor	Nivel	Ca en la pulpa
Tiempo	0 dda	0,035 a
	36 dda	0,074 b
Dosis	0 % Ca	0,036 a
	0,7 % Ca	0,053 b
	1 % Ca	0,067 c

Valores con la misma letra en cada variable, no difieren entre si (Duncan, $P < 0.05$)
dda: días de almacenamiento a 7°C

Respecto al incremento, el resultado concuerda con Yuri *et al.* (1995), quienes determinaron, en manzanas, que aplicaciones de Ca, incrementan el elemento en la fruta y disminuye la incidencia de desórdenes fisiológicos. Flores (2004) y Basiouny (1994) también lograron aumentar el contenido de calcio en frutos de arándano cv. Berkeley y Tifblue con aplicaciones foliares en precosecha. Por su parte, Solís *et al.* (1998), trabajando en palta Hass, señalan que las aplicaciones de nitrato de calcio incrementaron los niveles de K, Ca, Mg, Fe, Zn y Mn en hoja, con una tendencia a incrementarse también en el fruto.

Respecto del análisis sensorial, sólo se detectó efecto del tiempo de almacenamiento refrigerado (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto del tiempo de almacenamiento refrigerado sobre el pardeamiento de epidermis y pulpa, sabor, textura y fibrosidad, en frutos cv. Fuerte almacenados hasta por 36 días en refrigeración.

Tiempo de almacenamiento	Pardeamiento epidermis	Pardeamiento pulpa	Sabor	Textura	Fibrosidad
12 dda	4,65 b	4,80 b	3,44 a	3,32 a	3,13 a
24 dda	3,52 a	3,95 a	3,42 a	4,10 ab	4,57 b
36 dda	4,13 ab	4,80 b	4,32 a	4,57 b	4,21 b

Valores con la misma letra en cada columna, no difieren entre sí (Duncan, $P < 0.05$)
dda: días de almacenamiento a 7°C

Se obtuvieron claros incrementos de fibrosidad así como de pérdidas de textura, mientras que las variaciones en pardeamiento, siguiendo un esquema similar, dieron menor pardeamiento, tanto en pulpa como en epidermis, en las paltas almacenadas por 24 días a $7 \pm 1^\circ\text{C}$ con 90-95% de humedad relativa. No obstante, cabe señalar que el sabor, aunque en niveles medios de aceptación, no sufrió cambios significativos en el tiempo de almacenamiento.

4. Conclusiones

Aplicaciones en dosis de 0,7 y 1% de cloruro de calcio en precosecha, sobre árboles de paltas cv. Fuerte, con niveles de madurez de 7; 9 y 11% de aceite, y cosechadas posteriormente con un 13% de aceite, incrementan el contenido de calcio en la fruta, retardan el ablandamiento y reducen el pardeamiento de la pulpa, pero no tiene efecto sobre la pérdida de peso ni la calidad organoléptica de la fruta, hasta por 36 días de almacenamiento a $7 \pm 1^\circ\text{C}$, y 90-95 % de humedad relativa, más 4 días de período de comercialización.

Aplicaciones en dosis de 1% de cloruro de calcio en precosecha, sobre paltas cv. Fuerte, con niveles de madurez de 7; 9 y 11% de aceite, y cosechadas posteriormente con un 13% de aceite, retardan el pardeamiento de la epidermis, medido por croma, hasta por 36 días de almacenamiento refrigerado a $7 \pm 1^\circ\text{C}$, y 90-95 % de humedad relativa.

Aplicaciones en dosis de 0,7 y 1% de cloruro de calcio en precosecha, sobre paltas cv. Fuerte, con niveles de madurez de 7; 9 y 11% de aceite, y cosechadas posteriormente con un 13% de aceite, alcanzan 36 días de almacenamiento refrigerado a $7 \pm 1^\circ\text{C}$, y 90-95 % de humedad relativa, con cuatro días de período de comercialización a temperatura ambiente, con buena calidad organoléptica a la madurez de consumo.

5. Literatura Citada

- Bangerth, F. 1979. Calcium-related physiological disorders of plants. Annual Review of Phytopathology. 17:97-122.
- Basiouny, F. 1994. Shelf life and quality of Rabbiteye Blueberry fruit in response to preharvest application of CaEDTA, Nutrical and Paclobutrazol. Acta Horticulturae 368: (893-900).
- Bramlage, W. 1995. Calcio y desórdenes fisiológicos. Pp. 73-81. In Universidad de Talca, Escuela de Agronomía. Calcio en fruticultura Symposium Internacional. Talca, 7-18 de Octubre 1995. Talca, Chile.
- Cline, A. and A. Hanson. 1992. Relative Humidity around apple fruit influences its accumulation of calcium. J. Amer. Soc. HortScience. 117:542-546.
- Conover, W. 1999. Practical non parametric statistic. 584 p. 3ª Edición. Edición Editorial John Wiley, New York, USA.
- Farre, M., G. Hermoso, y S. Jaime, 1992. La nutrición del aguacate en la Costa del Sol. Pp. 29-52. In Junta de Andalucía eds. Riego y nutrición del aguacate en el litoral andaluz. Sevilla. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla, España.
- Flores, A. 2004. Efecto de aspersiones de tres productos a base de calcio en precosecha sobre la calidad poscosecha de frutos de arándano (*Caccinium corymbosum L.*) variedad Berkely. 23 p. Tesis Ing. Agr. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómica. Santiago, Chile.
- Gil, G. 2004. Madurez de la fruta y manejo poscosecha. 431 p. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Guadarrama, A. 2001. Fisiología poscosecha de frutos. 139 p. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela.
- López, L., y J. Cajuste. 1995. Efecto de las aplicaciones de diferentes fuentes de calcio en precosecha sobre la calidad de fruto de aguacate 'Fuerte'. Disponible en http://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex_1995/agroind_1_95.pdf. Leído el 13 de febrero de 2007.
- Mc Guire, R. 1992. Reporting of Objective Color Measurements. HortScience, 27(12): 1254-1255.
- Oficina De Estudios De Políticas Agrarias (ODEPA), 2007. Frutales: Producción estimada de huertos industriales. Disponible en. <http://www.odepa.gob.cl/>

- Solís, J., A. Barrientos, C. Pérez, M. Arriagada, M. Martínez, y J. Reyes. 1998. Aplicaciones foliares de nitrato de calcio, su efecto en el contenido nutrimental de hoja y mesocarpio en aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. Disponible en [http://www.avocadosource.com/journals/chapingo/1998_iv_2\(113\)_foliar_calci_umnitrate.pdf](http://www.avocadosource.com/journals/chapingo/1998_iv_2(113)_foliar_calci_umnitrate.pdf). Leído el 13 de febrero de 2007.
- Watkins, C. 1995. Calcio: rol en la maduración y senescencia de fruta. Pp. 65-72. Universidad de Talca, Escuela de Agronomía. Calcio en fruticultura Symposium Internacional. Talca, 17-18 de octubre 1995. Talca, Chile.
- Yuri, J. 1995. Aspectos fundamentales de la bioquímica y fisiología del calcio. Pp. 25-36. Universidad de Talca, Escuela de Agronomía. Calcio en Fruticultura Simposio Internacional. Talca, 17-18 de octubre 1995. Talca, Chile.
- C. Moggia, J. Retamales. 1995. Calcio en Pomáceas: La Experiencia Chilena. Pp. 105-127. Universidad de Talca, Escuela de Agronomía. Calcio en fruticultura. Symposium Internacional. Talca, 17-18 de octubre 1995. Talca, Chile.
- J. Retamales, C. Moggia, J. Vasquez, y A. Neira. 1998. Calcio y Bitter Pit. Pp. 60-74. Centro de Pomáceas Universidad de Talca. Memoria 1993-1997. Talca, Chile.