

EFFECTO DE INMERSIONES EN CALCIO SOBRE PETECA EN LIMONES AMARILLOS Y PLATEADOS, COSECHADOS DESPUÉS DE UNA LLUVIA Y ALMACENADOS EN REFRIGERACIÓN

Effect of dipping in calcium solutions on peteca (rind pitting) in lemons yellow and silver green harvested after a rainfall and cold stored

Pedro Undurraga M.¹*, José A. Olaeta C.¹, Jorge Retamales A.² y Alejandra Brito P.¹

ABSTRACT

Peteca (rind pitting) is a physiological disorder that produces decay in lemon peels (*Citrus limon* (L.) Burm. f.), affecting fruit quality. The objective of this assay was to evaluate in lemons cv. Genova, with yellow and silver green rinds, the effect of post-harvest calcium immersion, on rind pitting incidence in cold stored fruit after rainfall induced stress. The fruit was harvested 3, 6 and 9 days after a rainfall, and dipped in calcium solutions: calcium nitrate 0.8%; calcium chloride at 0.5% and 1% of commercial product, and later stored at 7°C for 0, 15, 30 and 45 days. The presence of rind pitting and calcium percentage in the rind was evaluated. Also, histological analyse of fruit affected with rind pitting was carried out. At each harvest date, lemons harvested with yellow rinds developed more rind pitting than silver green lemons, and extending days after harvest rainfall reduced rind pitting intensity. Yellow lemons harvested three days after a rainfall, treated with 1% of commercial calcium chloride product, didn't show development of peteca compared with the control. It was not possible to associate the calcium level of the rind with rind pitting development.

Key words: peteca rind pitting, calcium, lemons, maturity, histological cuts.

RESUMEN

La peteca es un desorden fisiológico que produce daño en la corteza de limones (*Citrus limon* (L.) Burm. f.), afectando la calidad de la fruta. El objetivo de este ensayo fue evaluar en limones cv. Génova, amarillos y plateados, el efecto de inmersiones de calcio en poscosecha, sobre la incidencia de peteca en almacenaje refrigerado de frutos sometidos a un estrés producido por lluvia. La fruta fue cosechada 3, 6 y 9 días después de una lluvia, y sometida a una inmersión, en soluciones de: nitrato de calcio 0,8%, cloruro de calcio al 0,5% y 1% de producto comercial, siendo posteriormente almacenada a 7°C, por 0; 15; 30 y 45 días. Se evaluó presencia de peteca y contenido de calcio total en la corteza. Además, se efectuó un análisis histológico de los frutos que presentaron peteca. En cada fecha de cosecha por separado, los limones amarillos presentaron mayor incidencia de peteca que los plateados, y a medida que la cosecha se distanció de la lluvia, el desorden redujo su intensidad. Limones amarillos cosechados tres días después de una lluvia, tratados con cloruro de calcio 1% de producto comercial, no mostraron desarrollo de peteca comparado con el testigo. No fue posible asociar contenido de calcio en la corteza con desarrollo de peteca en los frutos.

Palabras clave: peteca, calcio, limones, madurez, cortes histológicos.

¹ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Casilla 4-D, Quillota, Chile.
E-mail: pundurra@ucv.cl *Autor para correspondencia.

² Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, Casilla 747, Talca, Chile. E-mail: jretamal@utalca.cl
Recibido: 12 de marzo de 2004. Aceptado: 5 de agosto de 2004.

INTRODUCCIÓN

La peteca es un desorden fisiológico que afecta a limones (*Citrus limon* (L.) Burm. f.), que se caracteriza por el desarrollo de lesiones necrosadas, hendidas, que comprometen en un comienzo al albedo, y en casos severos llega a manifestarse en el flavedo, afectando la presentación y calidad de la fruta. Su incidencia y severidad se vinculan con el manejo del huerto y las condiciones ambientales al momento de la cosecha. Su presencia se ha relacionado con un desbalance nutricional de calcio y potasio en la cáscara (Latorre, 1992). Las células que rodean las glándulas de aceite se rompen, y en los tejidos afectados con peteca se encuentran en abundancia cristales de oxalato de calcio (Khalidy *et al.*, 1969; Klotz, 1973; Palma *et al.*, 1998).

La peteca ocurre principalmente en fruta que se desarrolla durante períodos con bajas temperaturas, a fines de otoño e invierno, con condiciones de alta humedad, rocío o lluvia sobre la fruta, no afectando al limón que se cosecha en verano. Se presenta en forma errática, pues en un mismo huerto hay años que afecta a un elevado porcentaje de frutos y en otros prácticamente desaparece (Razeto, 1987; 2001; Undurraga *et al.*, 2002).

Por otro lado, en manzanas (*Malus communis*) se han descrito desórdenes fisiológicos con características similares, producto de un desbalance en el equilibrio del Ca, donde al aumentar el nivel de este elemento en la fruta mediante tratamientos de pre-cosecha o poscosecha se reduce la susceptibilidad al desorden, mejorando la calidad y retrasando el proceso de senescencia (Kader, 1992). Las funciones más relevantes del calcio en la planta tienen relación con la membrana, con la pared celular y con la actividad enzimática (Silva, 1991; Yuri, 1995). La mayor parte se localiza extracelularmente, donde cumple funciones estructurales, de fortalecimiento de las paredes celulares y de control de la permeabilidad de la membrana (Valverde *et al.*, 1998).

El calcio actúa en las paredes celulares como puente intermolecular, uniendo moléculas de pectina con polisacáridos y proteínas, formando estructuras complejas de tipo pecticocelulósico que fortalecen y dan rigidez a los tejidos vegetales. En la lámina media confiere firmeza a los frutos, al unirse al complejo de proteínas y pectinas formando

pectatos cálcicos que actúan de cementantes de las células, protegiéndolas de la desintegración y reblandecimiento de las paredes celulares (Casero, 1995; Duarte y Guardiola, 1995).

La concentración de calcio citoplasmático es extremadamente baja (Ferguson y Drobak, 1988). Se encuentra soluble y mayoritariamente en vacuolas, ligado a ácidos orgánicos producidos en la fotosíntesis, así se neutraliza el efecto acidificante de ellos y el catión es sacado del citoplasma (Yuri, 1995; Valverde *et al.*, 1998). Es metabólicamente inactivo y se encuentra en forma soluble neutralizado por aniones orgánicos (malato) e inorgánicos (nitrato), o también se puede encontrar en forma de precipitado de oxalato y/o fosfato. La evidencia anatómica de ello es la formación de cristales, los que pueden ser drusas o rafidios, dependiendo del grado de hidratación del elemento (Yuri, 1995; Duarte y Guardiola, 1995).

La concentración en el floema es muy baja, y su marcada inmovilidad dificulta su incorporación a órganos de baja transpiración como son ápices y frutos. Es por esto que estos órganos son los más sensibles a problemas de deficiencia de Ca (Himmelfrick y McDuffie, 1983; Silva, 1991; Hanson, 1995).

Madrid *et al.* (1997) señalaron que al interior del fruto de melón (*Cucumis melo* L.), el calcio es transportado por los vasos del xilema, los cuales van disminuyendo desde el pedúnculo hacia la parte distal. Según estos autores, ésta sería la principal razón por la cual existe una distribución desuniforme de este elemento al interior del fruto.

Se ha comprobado que en manzanos, los tratamientos de huerto no siempre aumentan los niveles lo suficiente como para proteger al fruto de los desórdenes de poscosecha (Bramlage, 1995). Conway *et al.* (1994) demostraron que al incrementar el nivel de este elemento mediante tratamientos de poscosecha en manzanas, es posible aumentar la firmeza de la fruta, controlar la respiración, reducir la producción de etileno y reducir la pudrición de la fruta generada por *Penicillium expansum*.

En el presente ensayo se evaluó el efecto de inmersiones en soluciones de calcio sobre el control de peteca en almacenaje refrigerado de limones cv. Génova, cosechados con color amarillo y plateado, en tres fechas después de la primera lluvia de invierno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Frutos de limonero cv. Génova, obtenidos del huerto “El Canelo”, ubicado en la localidad de Mallarauco (33°45’ lat. Sur; 71°15’ long. Oeste), Región Metropolitana, Chile, se cosecharon con color amarillo y plateado, en tres fechas consecutivas: 3, 6 y 9 días después de la primera lluvia de la temporada, donde precipitaron 80 mm en 48 h. La situación de cada una de estas fechas se analizó en forma separada.

Los limones se cosecharon al azar, con un calibre que fluctuó entre 125 y 140. La fruta se curó en el huerto durante dos días, y posteriormente se trasladó al Laboratorio de Poscosecha de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, donde se sometieron a una inmersión por 10 min en soluciones acuosas de Ca. Tanto los limones amarillos como los plateados se dividieron en tres grupos, a cada uno se le aplicó una solución de: nitrato de Ca en una concentración de 0,8%, cloruro de Ca al 0,5% y al 1% de producto comercial (Basfoliar Ca SL®, cuyo ingrediente activo es Ca en una concentración de 170 g L⁻¹). El tratamiento testigo correspondió a la inmersión de los frutos en agua.

Los limones tratados se almacenaron a 7 ± 1°C con 95% de humedad relativa, por 0, 15, 30 y 45 días, evaluándose la presencia de peteca (expresado como porcentaje de frutos con el daño), en 15 limones por tratamiento con cuatro repeticiones cada uno.

El contenido de calcio total en la cáscara, se analizó a los 7, 15 y 45 días de almacenaje a la misma temperatura, para dar tiempo a la absorción del producto. Esta última variable se analizó por digestión ácida (Kalra, 1998), con un espectroscopio de absorción atómica (GBC Modelo 903, Melbourne, Australia) y se expresó en porcentaje de peso seco.

Además, se efectuó un análisis histológico de los frutos que manifestaron peteca. Para ello, muestras de 2 mm² de cáscara con daño, se fijaron con una mezcla de formalina al 37%, alcohol etílico al 95% y ácido glacial acético, y se sometieron a un proceso de deshidratación con soluciones alcohólicas y posterior inclusión en parafina sólida. Las muestras obtenidas se tiñeron con safranina al 1% y verde luz 0,2%, analizándose por microscopía óptica, con aumentos de 2,5X y 10X (Nikon, Modelo AFX-35, Tokio, Japón) (Undurraga *et al.*, 2002).

Para probar normalidad de los datos obtenidos se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Ostle, 1979). Para el análisis de la incidencia de peteca se utilizó un análisis de varianza para experimentos unifactoriales. En caso de existir diferencias entre los tratamientos, éstas se determinaron mediante la prueba de intervalos múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$).

Los porcentajes de Ca determinados se compararon sin realizar análisis estadísticos debido al bajo número de muestras disponibles para ello, por lo que sólo corresponden a tendencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al comparar los limones plateados y amarillos en cada fecha de cosecha por separado, se observó que siempre los limones amarillos presentaron mayor incidencia de peteca que los plateados (Cuadro 1), demostrando con ello que los frutos de menor madurez presentan menor sensibilidad a este desorden, lo que concuerda con lo observado por Palma *et al.* (1998) y Undurraga *et al.* (2002).

Es posible que los limones plateados, al momento de la cosecha, al estar más distantes de la etapa de senescencia, tengan sus paredes con mayor firmeza que un limón amarillo, que puede haber comenzado los procesos de degradación propios de la madurez de la fruta, lo que explicaría la incidencia de la peteca. Según Silva (1991), el Ca juega un rol importante en el proceso de senescencia vegetal, proceso que ocurre por una ruptura de la estructura celular. Duarte y Guardiola (1995) agregan que bajos niveles de Ca en la pared reduce su resistencia

Cuadro 1. Efecto de los días de cosecha después de una lluvia sobre el porcentaje de limones plateados y amarillos cv. Génova afectados por peteca.

Table 1. Effect of harvest days after rain on peteca rind pitting percentage in yellow and green skin lemons cv. Genova.

Días de cosecha	Limones amarillos (%)	Limones plateados (%)
3 días después de la lluvia	18,3 a	3,3 b
6 días después de la lluvia	13,3 a	0 b
9 días después de la lluvia	8,3 a	1,7 b

Letras iguales en la fila indican que no existe diferencia significativa entre tratamientos según el Test de Duncan $p \leq 0,05$. Los valores fueron analizados como proporciones, pero se expresaron en porcentaje.

a la degradación enzimática, lo que conlleva a una desorganización de las paredes celulares y colapso del tejido. Por otra parte, la alta proliferación de oxalato de calcio es uno de los puntos más concurrentes en la descripción de este desorden (Palma *et al.*, 1998), habiéndose observado que niveles de mayor acidez tienden a mantener solubles al ión oxalato y al ión calcio por separado, reduciendo así la formación de los cristales de oxalato de calcio (Libert y Franceschi, 1987; Ilarslan *et al.*, 1997). Esto podría ser una de las causas por las cuales los limones plateados presentan menos manifestación de peteca que los limones amarillos.

De este trabajo se puede inferir, además, que existe un menor número de limones que manifiestan el daño a medida que la cosecha se realiza varios días después de la lluvia. Esto coincidiría con lo señalado por Razeto (1987; 2001) en el sentido que el desorden se induciría por efecto de la lluvia sobre la fruta, e iría disminuyendo en la medida que transcurra más tiempo entre la lluvia y la cosecha.

Comparando los limones plateados y amarillos en cada fecha de cosecha y tiempo de almacenaje por separado (Cuadro 2), se observó que, en general, no existe efecto significativo de la aplicación de las

Cuadro 2. Porcentaje de peteca en limones cv. Génova sometidos a inmersión en distintas soluciones de calcio y almacenados a 7°C por 0, 15, 30 y 45 días.

Table 2. Percentage of peteca rind pitting in lemon cv. Genova dipped in different calcium solution and stored at 7°C for 0, 15, 30, and 45 days.

Estado de madurez	Fecha de evaluación	Dosis de soluciones de calcio			
		T ₁ : Testigo	T ₂ : CaCl ₂ 1% PC	T ₃ : CaCl ₂ 0,5% PC	T ₄ : CaNO ₃ 0,8%
Cosecha de limones 3 días después de una lluvia					
Limones amarillos	Día 0	0 a	0 a	0 a	0 a
	Día 15	26,7 a	0 b	6,7 ab	6,7 ab
	Día 30	26,7 a	6,7 a	20,0 a	6,7 a
	Día 45	26,7 a	6,7 a	26,7 a	13,3 a
Limones plateados	Día 0	0 a	0 a	0 a	0 a
	Día 15	0 a	13,3 a	0 a	0 a
	Día 30	0 a	13,3 a	0 a	0 a
	Día 45	0 a	13,3 a	0 a	0 a
Cosecha de limones 6 días después de una lluvia					
Limones amarillos	Día 0	0 a	0 a	0 a	0 a
	Día 15	6,7 a	6,7 a	13,3 a	13,3 a
	Día 30	6,7 a	13,3 a	13,3 a	13,3 a
	Día 45	13,3 a	13,3 a	13,3 a	13,3 a
Limones plateados	Día 0	0 a	0 a	0 a	0 a
	Día 15	0 a	0 a	0 a	0 a
	Día 30	0 a	0 a	0 a	0 a
	Día 45	0 a	0 a	0 a	0 a
Cosecha de limones 9 días después de una lluvia					
Limones amarillos	Día 0	0 a	0 a	0 a	0 a
	Día 15	6,7 a	6,7 a	6,7 a	0 a
	Día 30	13,3 a	6,7 a	6,7 a	0 a
	Día 45	13,3 a	13,3 a	6,7 a	0 a
Limones plateados	Día 0	0 a	0 a	0 a	0 a
	Día 15	0 a	0 a	0 a	0 a
	Día 30	0 a	0 a	0 a	0 a
	Día 45	0 a	6,7 a	0 a	0 a

Letras iguales en la fila indican que no existe diferencia significativa entre tratamientos según el Test de Duncan $p \leq 0,05$.

Los valores fueron analizados como proporciones, pero se expresaron en porcentaje.

PC = Producto comercial.

distintas soluciones de calcio sobre la presencia de peteca. Sin embargo, en el segundo período de almacenaje (día 15), en los limones amarillos cosechados tres días después de la lluvia, existió una diferencia significativa entre los limones tratados con solución de calcio al 1% de producto comercial que no presentaron peteca y el testigo, que a esa fecha presentaba casi el 27% de los limones afectados.

Sin embargo, este efecto no perduró en el tiempo, y finalmente, al día 45, no hubo diferencias entre los tratamientos. No obstante lo anterior, se puede observar que el tratamiento con solución de calcio al 1% de producto comercial presentó el menor número de limones afectados al día 45, aunque al nivel de significancia que se trabajó en este ensayo no resultó significativo. Es posible que la distribución del Ca dentro del fruto tenga que ver con la respuesta errática que muestra el desarrollo de la peteca (Retamales *et al.*, 2000).

La falta de claridad del efecto del Ca podría deberse también, a que al ser un desorden fisiológico que comienza en precosecha, las aplicaciones de poscosecha serían tardías para detener el desarrollo de la peteca, la cual generalmente comienza en el albedo y posteriormente afecta al flavedo, momento en que el daño se hace visible en la superficie de la corteza del fruto (Khalidy *et al.*, 1969).

Otra causa para la falta de efecto de los tratamientos podría ser que el tiempo de inmersión no haya sido suficiente para lograr una absorción efectiva, toda vez que la epidermis del limón presenta un alto contenido de sustancias oleosas hidrofóbicas como son los aceites esenciales (Seymour *et al.*, 1993).

Del Cuadro 2 también se podría inferir que a medida que transcurre más tiempo entre la cosecha y la lluvia, es menor la incidencia de peteca, por lo cual éste sería un elemento que podría estar determinando la expresión de este desorden fisiológico, que aparece relacionado con condiciones de baja temperatura y tal vez elevada humedad del aire durante el período de maduración del fruto (Razeto, 1987; 2001). Se puede visualizar además, que al igual que en el Cuadro 1, los limones plateados manifiestan un menor desarrollo de este desorden.

El análisis del porcentaje de Ca en la cáscara del fruto (Cuadro 3) no sigue un patrón definido, no

pudiendo asociarse con el desarrollo de la peteca. El contenido de Ca en los frutos testigos, tendió a aumentar principalmente en los limones amarillos, a medida que las fechas de cosecha se distancian de la lluvia. Esto podría ratificar lo señalado por Hanson (1995), quien indica que la pérdida de agua en los frutos tiende a generar mayores concentraciones de calcio en los tejidos.

Esto pudo haber ocurrido en este ensayo, donde la cáscara de los frutos testigos cosechados cerca de la lluvia tuvo un mayor nivel de humedad, lo que diluyó el calcio presente. Este comportamiento no ocurrió en los otros tratamientos, por cuanto ellos recibieron aportes de Ca.

Los limones plateados se vieron poco afectados por la peteca (Cuadro 1). Al comparar el contenido de Ca de la corteza (Cuadro 3), se observó que en la mayoría de los casos, sobre todo en la segunda y tercera cosecha, los limones plateados tenían un menor contenido que los amarillos. Estos resultados concuerdan con otros reportados por la literatura (Undurraga *et al.*, 2002). Storey y Treeby (2002) encontraron que el nivel de Ca en la corteza de limones cv. Lisbon, fue significativamente más alto en las zonas del fruto afectadas por peteca que en regiones no afectadas. Esto podría ser la explicación de por qué los frutos amarillos tienen más propensión a este desorden. Sin embargo, los mismos autores señalan que no queda claro si el desarrollo de la peteca en el tejido podría ser la causa del incremento del Ca, o bien, que un aumento de este elemento sea la causa del desorden.

En el caso de los limones plateados, se puede observar que los frutos más afectados por peteca fueron los provenientes de la primera cosecha tratados con CaCl_2 1% PC (Cuadro 2), a los 15, 30 y 45 días de almacenaje. El porcentaje de Ca de la cáscara de los limones plateados de este mismo tratamiento alcanza, en promedio, su valor más alto en la segunda cosecha, donde no se observó peteca, y los valores más bajos en frutos cosechados tres y nueve días después de la lluvia, a los 45 días de almacenaje, donde los valores de porcentaje de Ca fueron 0,63 y 0,67, respectivamente. Es por esto que no es posible asociar claramente el nivel de Ca en la corteza con el desarrollo de peteca, toda vez que en el caso del CaCl_2 1% PC, el valor más bajo de Ca en la corteza lo poseen limones que no presentaron peteca en la segunda cosecha.

Cuadro 3. Porcentaje de calcio en la cáscara de limones cv. Génova cosechados 3, 6 y 9 días después de una lluvia.
Table 3. Percentage of calcium in the rind of lemons cv. Genova harvested at 3, 6, 9 days after rain.

Estado de madurez	Fecha de evaluación	Dosis de inmersiones en calcio			
		Testigo	CaCl ₂ 1% PC	CaCl ₂ 0,5% PC	CaNO ₃ 0,8%
Cosecha de limones 3 días después de una lluvia					
Limones amarillos	Día 7	0,61	0,77	0,88	0,93
	Día 15	0,65	0,55	1,00	0,72
	Día 45	0,63	0,76	0,68	0,93
Limones plateados	Día 7	0,61	0,83	0,76	0,85
	Día 15	0,63	0,76	0,80	0,75
	Día 45	0,70	0,63	0,87	0,86
Cosecha de limones 6 días después de una lluvia					
Limones amarillos	Día 7	0,91	0,97	1,01	0,83
	Día 15	0,71	0,96	1,06	0,85
	Día 45	0,83	0,94	0,84	0,94
Limones plateados	Día 7	0,78	0,83	0,71	0,71
	Día 15	0,77	0,79	0,77	0,64
	Día 45	0,61	0,73	0,73	0,64
Cosecha de limones 9 días después de una lluvia					
Limones amarillos	Día 7	0,94	0,90	0,76	1,44
	Día 15	0,98	0,84	0,73	0,99
	Día 45	0,81	0,84	0,91	0,52
Limones plateados	Día 7	0,77	0,77	0,93	0,72
	Día 15	0,76	0,81	0,73	0,62
	Día 45	0,75	0,67	0,88	0,76

PC = Producto Comercial.

Análisis histológico

En la Figura 1a se aprecia que en el tejido afectado con peteca las glándulas de aceite aparecen absolutamente destruidas y lignificadas. El epicarpio también se encuentra fuertemente lignificado al igual que las células del mesocarpio. Las células que se encuentran entre ambos tejidos están absolutamente normales y son de formas muy regulares. No hay presencia de cristales de oxalato de Ca. En el tejido sano en tanto (Figura 1b), la glándula aparece intacta y las células presentan escasos síntomas de lignificación.

En general, los tres tratamientos con soluciones cálcicas en limones amarillos mostraron una lignificación y destrucción de células del epicarpio o del flavedo y la formación de cristales de oxalato de Ca, principalmente drusas asociadas especialmente al sistema conductor floemático próximo al endocarpio, además las células del flavedo se encuentran invadidas de cristales romboidales y cilíndricos (Figura 2). Los limones plateados, en tanto, también presentaron un grado de lignifica-

ción de las células vecinas a las glándulas de aceite y del epicarpio, sin embargo, los cristales de oxalato de Ca se encontraron repartidos en el mesocarpio (Figura 3).

En limones amarillos, las glándulas de aceite están destruidas y rodeadas de tejido lignificado, lo que es característico de presencia de peteca. En limones plateados se muestra que también las glándulas de aceite están destruidas, sin embargo, el grado de desorganización celular y de lignificación fue menor y por ello la manifestación de peteca también lo fue (Figuras 4, 5 y 6).

Los cristales de oxalato de Ca son compuestos que la planta elabora en forma natural para poder metabolizar elementos nocivos para ella como el ácido oxálico (Carvalho, 1997). La formación de estos cristales utilizando Ca es la manera más eficaz de hacerlo, debido a que es un proceso físico que no requiere gasto de energía (Khalidy *et al.*, 1969). Storey y Treeby (2002) no pudieron demostrar evidencia directa de que la frecuencia de cristales

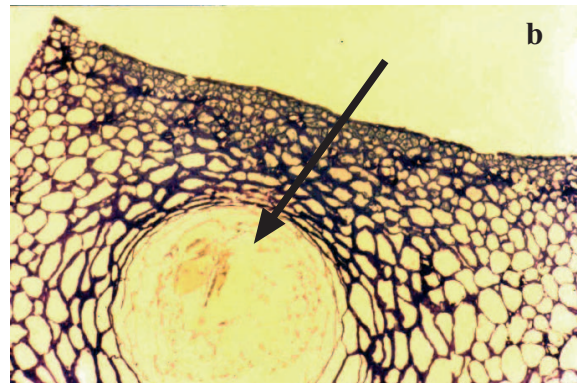
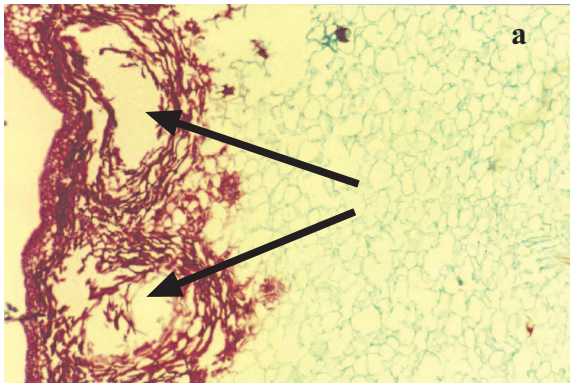


Figura 1. Corte histológico en cáscara de limones amarillos cv. Génova. Las flechas muestran: a) Glándula de aceite en tejido afectado por peteca; b) Glándula de aceite en tejido sano (2,5X - Tinción: safranina al 1% y fast green al 0,2%).

Figure 1. Histological view of rind yellow lemons cv. Genova. The arrows show: a) Oil gland in rind affected with peteca rind pitting; b) Oil gland in normal tissue (2.5X - Dye: safranin 1% y fast green 0.2%).

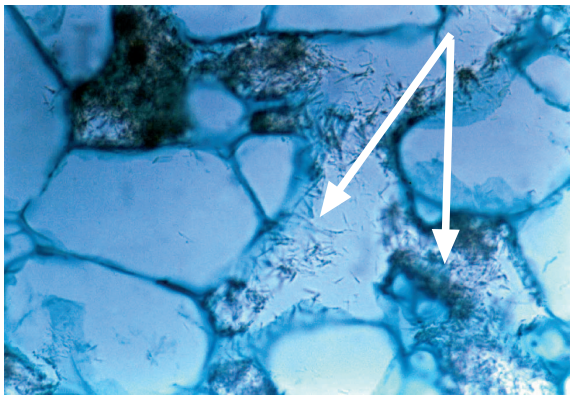


Figura 2. Cristales de oxalatos de calcio (ver flecha) en limones amarillos tratados con nitrato de calcio 0,8% (10X - Tinción: safranina al 1%).

Figure 2. Calcium oxalate crystals (see arrow) in yellow lemons treated with calcium nitrate 0.8% (10X - Dye: safranin 1%).

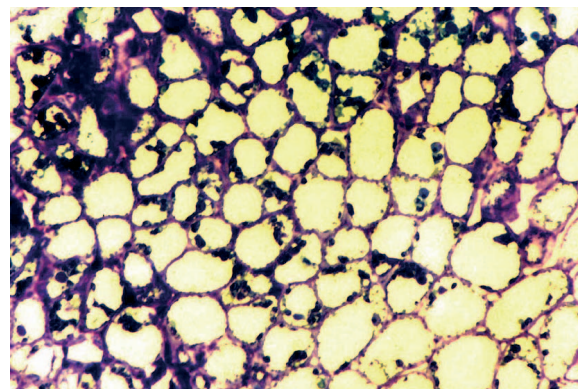


Figura 3. Células sanas ubicadas entre el mesocarpio y el epicarpio con escasa presencia de oxalatos (2,5X - Tinción: safranina al 1% y fast green al 0,2%).

Figure 3. Non damaged cells between mesocarp and epicarp, with few oxalates crystals (2.5 X - Dye: safranin 1% y fast green 0.2%).

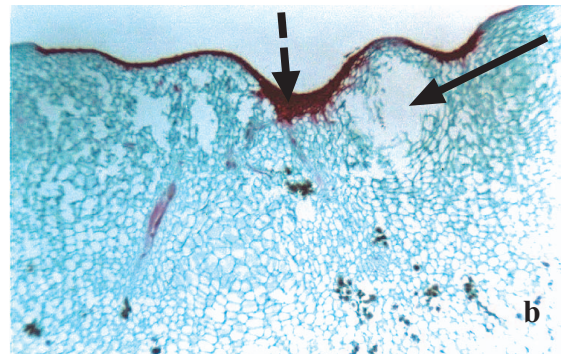
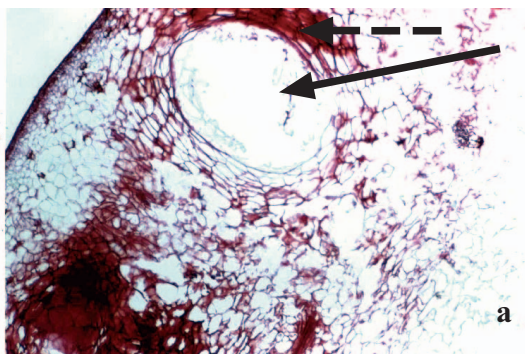


Figura 4. Glándulas afectadas por peteca (flecha entera) y lignificación (flecha punteada) en limones tratados con CaCl_2 1% PC. a) Limón amarillo (10 X); b) Limón plateado (2,5X - Tinción: safranina al 1% y fast green al 0,2%).

Figure 4. Oil gland affected with peteca rind pitting (entire arrow) and lignin (dotted arrow) in lemons treated with CaCl_2 1% PC. a) Yellow rind lemon (10 X); b) Green rind lemon (2.5 X - Dye: safranin 1% y fast green 0.2%).

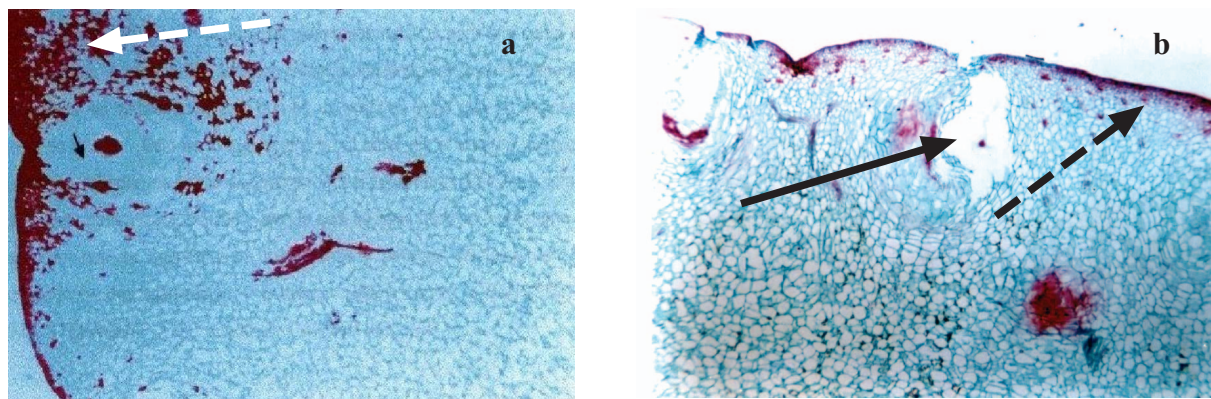


Figura 5. Glándulas afectadas por peteca (flecha entera) y lignificación (flecha punteada) en limones tratados con CaCl_2 0,5% PC. a) Limón amarillo (2,5X); b) Limón plateado (2,5X) Tinción: safranina al 1% y fast green al 0,2%.

Figure 5. Oil gland affected with peteca rind pitting (entire arrow) and lignin (dotted arrow) in lemons treated with CaCl_2 0,5% PC. a) Yellow rind lemon (2.5X); b) Green rind lemon (2.5X) Dye: safranin 1% y fast green 0.2%.

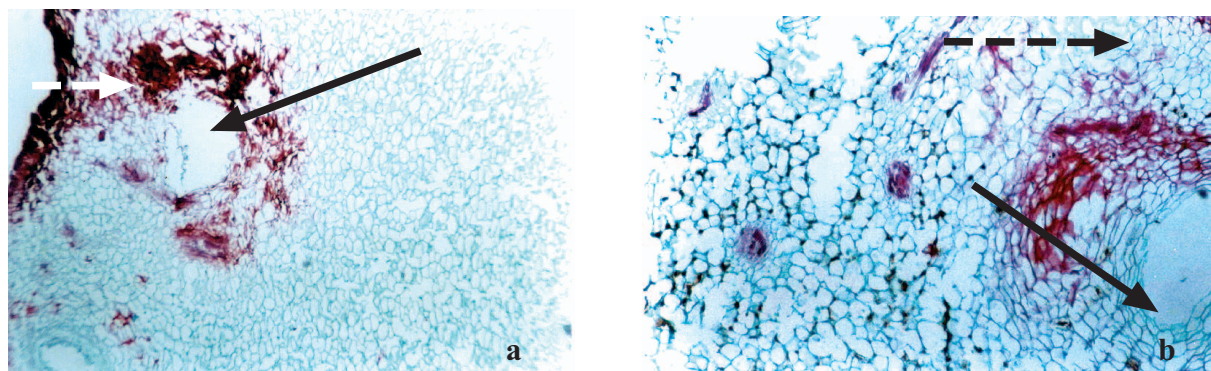


Figura 6. Glándulas afectadas por peteca (flecha entera) y lignificación (flecha punteada) en limones tratados con nitrato de calcio 0,8%. a) Limón amarillo (2,5X); b) Limón plateado (2,5X) Tinción: safranina al 1% y fast green al 0,2%.

Figure 6. Oil gland affected with peteca rind pitting (entire arrow) and lignin (dotted arrow) in lemons treated with calcium nitrate 0.8%. a) Yellow rind lemon (2.5X); b) Green rind lemon (2.5X) Dye: safranin 1% y fast green 0.2%).

de oxalato de Ca fuera un factor causal del desorden peteca. Sin embargo, bajo estrés, cristales tipo rafidios aparecieron en células del flavedo en limones (Underhill *et al.*, 1998), siendo similar a lo encontrado en el presente trabajo.

En el caso del “bitter pit” en manzanas, el desorden se produce cuando la cantidad de Ca disuelto no es suficiente para neutralizar los ácidos, por lo que requiere obtenerlo a partir del que se encuentra en membranas y paredes celulares, con la consecuente desorganización y posterior ruptura celular (Steenkamp, 1983, citado por Carvalhão, 1997). Esto puede ser una situación similar para el caso de

la peteca, en que el Ca de membranas y paredes contribuyen a neutralizar el ácido oxálico en las células generando el aumento de estos cristales de oxalato de Ca.

Es importante destacar que en ningún tratamiento del presente trabajo, incluyendo el testigo, se encontró lignificación en las células del albedo como sintomatología de peteca. Toda la lignificación se observó a nivel de glándulas de aceite y paredes epidérmicas. En la zona del albedo, en lugar de producirse la lignificación típica de una peteca se formaron grandes cantidades de cristales de oxalato de Ca.

CONCLUSIONES

Limones plateados cv. Génova cosechados a los 3, 6 y 9 días después de una lluvia son menos susceptibles a manifestar peteca que los limones amarillos.

Los tratamientos con solución de calcio no impiden la generación de peteca en limones amarillos cv. Génova al ser aplicados por inmersión en frutos cosechados a los 3 y 6 días después de una lluvia.

En esta investigación no fue posible determinar una relación entre la concentración de calcio en la cáscara de los limones y el desarrollo de peteca.

En los análisis histológicos de cáscara de limones, se observó que los frutos afectados por peteca mostraron sus glándulas oleosas lignificadas, desorganizadas y colapsadas.

Se observó también que limones tratados con soluciones de calcio presentan desorganización celular y formación de cristales de oxalato de calcio en forma de drusas; esta desorganización es mayor en los limones amarillos.

RECONOCIMIENTO

Esta investigación fue financiada por el Proyecto FONDECYT 1020546.

LITERATURA CITADA

- Bramlage, W. 1995. Calcio y desórdenes fisiológicos. p. 73-81. Simposio Internacional Calcio en Fruticultura. Talca, Chile. 17-18 octubre 1995. Universidad de Talca, Escuela de Agronomía, Talca, Chile.
- Carvalho, F. 1997. El bitter pit de las manzanas, desarrollo y control. *Fruticultura Profesional* 86:12-20.
- Casero, T. 1995. La nutrición cálcica en frutales. *Fruticultura Profesional* 71:45-55.
- Comway, W.S., C.E. Samus, Ch. Wang, and J. Abbot. 1994. Additive effects of postharvest calcium and heat treatments on reducing decay and maintaining quality in apples. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 119:49-53.
- Duarte, A.M., y J.L. Guardiola. 1995. Aplicaciones del calcio en citricultura. *Levante Agrícola* 34(331):11-14.
- Ferguson, I., and B. Drobak. 1988. Calcium and the regulation of plant growth and senescence. *Hortscience* 23:262-266.
- Hanson, E. 1995. Translocación/Distribución del calcio en las plantas. p. 37-45. Simposio Internacional Calcio en Fruticultura. Talca, Chile. 17-18 octubre 1995. Universidad de Talca, Escuela de Agronomía, Talca, Chile.
- Himmelrick, G., and R. McDuffie. 1983. The calcium cycle: uptake and distribution in apple trees. *HortScience* 18:147-151.
- Ilarslan, H., G. Palmer, J. Imsande, and T. Horner. 1997. Quantitative determination of calcium oxalate in developing seeds of soybean. *Am. J. Bot.* 84:1042-1046.
- Kader, A. 1992. Postharvest biology and technology: an overview. p. 15-21. In Kader, A. (ed.). *Postharvest technology of horticultural crops*. 2nd ed. University of California, Davis California, USA.
- Kalra, Y.P. (ed.) 1998. *Handbook of reference methods for plant analysis*. 300 p. Soil and plant analysis council, Inc. CRC Press, New York, USA.
- Khalidy, R., A. Jamali, and H. Bolkan. 1969. Causes of the peteca disease of lemons as occurring in Lebanon. *Proceedings First International Citrus Symposium* 3:1253-1260.
- Latorre, B. 1992. *Enfermedades de las plantas cultivadas*. 626 p. Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Libert, B., and V.R. Franceschi. 1987. Oxalate in cross plant. *J. Agric. Food Chem.* 35:926-938.
- Madrid, R., F. Romojaro, E. Molina, F. Sánchez, y A. Alarcón. 1997. La vitescencia del melón. *Agrícola Vergel* 17(194):90-96.
- Ostle, B. 1979. *Estadística aplicada. Técnicas de la estadística moderna, cuándo y dónde aplicarlas*. 629 p. Limusa, México Distrito Federal, México.
- Palma, B., P. Undurraga, y J. Olaeta. 1998. Caracterización histológica como afección no parasitaria en frutos de limoneros. VII Congreso Latinoamericano de Botánica México, Distrito Federal. 18-24 de octubre. Sociedad Latinoamericana de Botánica, Ciudad de México, México.
- Razeto, B. 1987. Desórdenes fisiológicos en cítricos. *ACONEX* N° 17 p. 13-17.
- Razeto, B. 2001. Lemon spot (Peteca) and its weather relationship. *ACONEX* N° 70 p. 31-32.
- Retamales, J.B., C. Valdes, D.R. Dilley, L. Leon, and V.P. Lepe. 2000. Bitter pit prediction in apple through Mg infiltration. *Acta Hortic.* 512:169-179.
- Seymour, G.B., J.E. Taylor, and G.A. Tucker. 1993. *Biochemistry of fruit ripening*. 454 p. Chapman & Hall, London, UK.

- Silva, B. 1991. Calcio, un problema nutricional frecuente en numerosas especies frutales y hortalizas. ACONEX Nº 33 p. 17-20.
- Storey, R., and M.T. Treeby. 2002. Cryo-SEM study of the early symptoms of peteca in "Lisbon" lemon. Hortic. Sci. Biotechnology 77:551-556
- Underhill, S.J.R, R. Mc.Lauchlan, and J.M. Dahler. 1998. Flavedo and albedo changes in "Eureka" lemons caused by static compression and impact loading. J. Texture Studies 29:437-52.
- Undurraga, P, J. Olaeta, C. Luttges, y R. Suárez. 2002. Efectos del calibre y madurez de limones cv. Fino 49, sobre el desarrollo de peteca en almacenaje refrigerado. Simiente 72:35-36
- Valverde, M., R. Madrid, I. Cabrera, y F. Romojaro. 1998. Influencia de los niveles de calcio en la corrección del "blossom end rot" en variedades de pimiento. Agrícola Vergel 93:117.
- Yuri, J. 1995. Aspectos fundamentales de la bioquímica y fisiología del calcio. p. 25-36. Simposio Internacional Calcio en Fruticultura, Talca, Chile. 17-18 octubre 1995. Universidad de Talca, Escuela de Agronomía, Talca, Chile.