

MANIFESTACIÓN DE PETECA Y PÉRDIDA DE CALIDAD EN LIMONES EUREKA BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO REFRIGERADO

MANIFESTATION OF PETECA AND FRUIT QUALITY LOSS IN EUREKA LEMON UNDER DIFFERENT COLD STORAGE CONDITIONS

Pedro L. Undurraga¹, José A. Olaeta¹, Jorge B. Retamales² y Ana M. Toso¹

¹Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Casilla 4-D Quillota-Chile. (pundurra@ucv.cl). ²Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Agrarias. 2 Norte 685 Talca-Chile.

RESUMEN

Peteca, desorden fisiológico de limones (*Citrus limon* (L.) Burm. f.), ha sido relacionado con nutrición del calcio y bajas temperaturas en huerto y almacenamiento. Para establecer el efecto de temperatura y período de almacenamiento sobre el desorden y calidad de la fruta, limones cv. Eureka, cosechados con color amarillo (relación °Brix/acidez 0.25) 5 d después de una lluvia, fueron almacenados a 3, 7 y 11±1 °C con 90-95% humedad relativa, por 35 d. Se evaluó la presencia de peteca a los 0, 15 y 35 d de almacenamiento. Las variables: diámetro ecuatorial, pérdida de peso, grosor de cáscara, porcentaje de jugo, pH, sólidos solubles, acidez titulable y calcio en cáscara, fueron evaluadas al inicio y final del almacenamiento. La manifestación de peteca fue alta con 11 °C desde los 15 d de almacenamiento, y se mantuvo hasta 35 d; a 7 °C el daño fue incipiente y a 3 °C el desorden apareció a los 35 d. El contenido de jugo y calcio en albedo se incrementó con el almacenamiento, independientemente de la temperatura, hasta 38.2 y 0.57%, mientras que el grosor de cáscara disminuyó. La pérdida de peso fue mayor a los 35 d con 11 °C, llegando hasta 7.8%. No hubo efecto de los tratamientos sobre diámetro ecuatorial, sólidos solubles, acidez, pH y calcio en el flavedo.

Palabras clave: Calcio, desorden fisiológico, grosor de cáscara.

INTRODUCCIÓN

La peteca es un desorden fisiológico de limones (*Citrus limon* (L.) Burm. f.) caracterizado por el desarrollo de lesiones necrosadas y hendiduras, que se circunscriben al albedo y en casos severos al flavedo, afectando la presentación y calidad de la fruta (Khalidy *et al.*, 1969; Wild, 1991). Este problema ocurre principalmente en fruta que se desarrolla con bajas temperaturas en el huerto, en estaciones húmedas, a fines de otoño, durante el invierno o temprano en primavera, sin afectar al limón cosechado en

ABSTRACT

Peteca, a physiological disorder of lemons (*Citrus limon* (L.) Burm. f.), has been linked to calcium nutrition and low temperatures in the orchard and postharvest storage. To establish the effect of cold storage period and temperatures on fruit quality and incidence of the disorder, yellow lemons (cv. Eureka (0.25 °Brix/acidity ratio) were harvested 5 d after a rainfall event and stored for 35 d at 3, 7 or 11±1 °C and 90-95% relative humidity (RH). The presence of peteca was evaluated after 0, 15, and 35 d of storage. Fruits were evaluated at the onset and at the end of cold storage in terms of the variables fruit equatorial diameter, weight loss, peel thickness, percent of juice, pH, soluble solids, peel calcium and titratable acidity. High incidence of peteca occurred after 15 d of storage at 11 °C and it held constant until day 35, at 7 °C damage was incipient, and at 3 °C peteca was observed after 35 d. Juice content and calcium in albedo increased during storage, reaching 38.2% and 0.57%, regardless of the storage temperature, whereas peel thickness decreased. Weight loss, up to 7.8%, was greater at 11 °C in 35 d of storage. Treatments did not significantly affect soluble solids, acidity, pH, equatorial diameter or calcium in flavedo tissue.

Key words: Calcium, physiological disorder, rind thickness.

INTRODUCTION

Peteca is a physiological disorder of lemons (*Citrus limon* (L.) Burm. f.) characterized by sunken, necrosed lesions, which circle the albedo and in severe cases the flavedo, affecting fruit appearance and quality (Khalidy *et al.*, 1969; Wild, 1991). This problem occurs mainly in fruit developing at low temperatures in the orchard in wet seasons: late fall, during the winter or early spring, while lemons harvested in the summer are not affected. Its incidence is also favored by applications of oils in pre-harvest, lack of pruning, and waxing in post-harvest (Wild, 1991).

verano. Su incidencia también es favorecida por aplicaciones de aceites en precosecha, ausencia de podas, y encerado en postcosecha (Wild, 1991).

El desorden se inicia en el albedo, donde las células están secas y contraídas, pudiendo presentar un color blanco o ligeramente incoloro, sin signo de daño superficial. Luego aparecen manchas oscuras y depresiones en la epidermis de los frutos, las primeras debido al oscurecimiento de las glándulas de aceite antes que las células epidermales vecinas; la segunda, debido al encogimiento de la superficie de la cáscara del limón (Khalidy *et al.*, 1969; Eckert y Eaks, 1989). Las células que rodean las glándulas de aceite se encuentran rotas y en los tejidos afectados hay, abundantes, cristales de oxalato de calcio en forma de drusas y rafidios, normalmente distribuidos en torno a los haces vasculares; las paredes celulares se encuentran totalmente colapsadas (Palma *et al.*, 1998; Undurraga *et al.*, 2006). La presencia de cristales de oxalatos de calcio es propia de este desorden, está relacionada con una defensa de la fruta a diversas condiciones de estrés, y es la manera más eficaz por ser un proceso físico que no gasta energía (Khalidy *et al.*, 1969). Las células de flavedo en limones sometidos a estrés generan cristales de oxalato de calcio del tipo rafidios (Underhill *et al.*, 1998; Undurraga *et al.*, 2002).

La incidencia de peteca aumenta durante el periodo de almacenamiento y es afectada por la temperatura de éste. Dependiendo del cultivar y el tiempo de conservación, las temperaturas más adecuadas para almacenarlos están entre 11 y 12 °C (Davies y Albrigo, 1994). Según Kader (1985), Cohen *et al.* (1990) y Artes *et al.* (1993), la temperatura óptima para almacenar los limones es 13 °C, con la que se alcanza un período de almacenamiento de 3 a 5 meses; después puede haber problemas de coloración, pérdida de peso y de la calidad. Sin embargo, en Chile no hay problemas al almacenar los limones a una temperatura cercana a los 8 ± 1 °C (Undurraga, 1998).

Entre los desórdenes fisiológicos más mencionados están el picado de la cáscara y la membranosis, generados por bajas temperaturas; oleocelosis producida por daño mecánico en las células oleíferas de la epidermis y peteca, que se genera por desbalance de calcio y potasio en la piel, aplicaciones de aceites en pre y poscosecha, así como respuestas a condiciones climáticas de producción más extremas o bajas temperaturas y período de almacenamiento (Undurraga *et al.*, 2002; Storey y Treeby, 2002; Undurraga *et al.*, 2006). La peteca puede afectar a frutas maduras en el árbol, aunque también puede desarrollarse después de la cosecha (Wild, 1991). Una técnica natural usada para reducir la influencia de oleocelosis y daño

Onset of the disorder is in the albedo, where the cells are dry and contracted; it can become white or slightly colorless, with no sign of surface damage. Later, dark spots and depressions on the fruit epidermis appear. The dark spots are due to oil glands darkening before the neighboring epidermal cells; the second is due to shrinkage of the lemon peel surface (Khalidy *et al.*, 1969; Edkert and Eaks, 1989). The cells that surround the oil glands are ruptured and in the affected tissues there are abundant calcium oxalate crystals in the form of druses and raphides, normally distributed around the vascular bundles; the cell walls are found totally collapsed (Palma *et al.*, 1998; Undurraga *et al.*, 2006). The presence of calcium oxalate crystals is characteristic of this disorder and is related to a defense mechanism of the fruit under conditions of stress, the most efficient physical process that does not consume energy (Khalidy *et al.*, 1969). Flavedo cells in lemons subjected to stress generate raphide-type calcium oxalate crystals (Underhill *et al.*, 1998; Undurraga *et al.*, 2002).

The incidence of peteca increases during storage and is affected by storage temperature. Depending on the cultivar and desired conservation time, the most adequate storage temperatures are between 11 and 12 °C (Davies and Albrigo, 1994). According to Kader (1985), Cohen *et al.* (1990), and Artes *et al.* (1993), the optimum temperature for lemon storage is 13 °C, with which shelf-life can last 3 to 5 months, after which problems in coloring, weight loss, and quality can develop. However, in Chile storing lemons at temperatures around 8 ± 1 °C has not been a problem (Undurraga, 1988).

Among the most mentioned physiological disorders are peel pitting and membranosis caused by low temperatures, oleocelosis produced by mechanical damage to oil cells of the epidermis, and peteca. Peteca is caused by an imbalance of calcium and potassium in the rind and applications of oils in pre- and postharvest; it is also a response to more extreme climatic conditions during production or low temperatures and storage period (Undurraga *et al.*, 2002; Storey and Treeby, 2002; Undurraga *et al.*, 2006). Peteca can affect ripe fruits on the tree, but it can also develop after harvest (Wild, 1991). A natural technique used to reduce the effect of oleocelosis and cold damage is curing, which consists in subjecting the fruits to a high humidity environment with temperatures between 7 to 20 °C (García *et al.*, 1992; Mazzuz, 1996).

To induce peteca, fruit has been stored at temperatures below 8 °C, obtaining incidences of 0 up to 48% after 40 d of storage; the fruit holds quality variables, except for appearance, similar to fruit stored

por frío es el curado, que consiste en someter a los frutos a un ambiente con alta humedad y con temperaturas de 7 a 20 °C (García *et al.*, 1992; Mazzuz, 1996).

Para inducir peteca, se ha almacenado fruta a temperaturas inferiores a 8 °C, logrando incidencias de 0 hasta 48% después de 40 d de almacenamiento; la fruta mantiene sus variables de calidad, a excepción de la apariencia, similar a la de fruta almacenada a temperaturas sobre 8 °C (Storey y Treeby, 2002; Undurraga *et al.*, 2004; Undurraga *et al.*, 2006).

De acuerdo con lo anterior, existiría una relación entre la temperatura y tiempo de almacenamiento con el nivel de daño producido por peteca. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres temperaturas de almacenamiento refrigerado (bajo, medio y alto) hasta por 35 d, sobre la incidencia de peteca y calidad final de limones cv. Eureka, susceptible al desorden.

MATERIALES Y MÉTODOS

Limones cv. Eureka en madurez amarilla (relación °Brix/acidez 0.25), de un huerto en La Cruz, Quillota, V región, Chile (32° 50' S; 71° 13' O), donde hay antecedentes de daño por peteca, se cosecharon de árboles podados el 26 de mayo de 2004, 5 d después de una lluvia de 19.1 mm. El huerto, de 5 años de edad injertado sobre *Citrus macrophylla*, tiene riego por goteo, sobre suelo arenoso, donde se realizan prácticas normales de manejo.

En ese huerto, la peteca es inducida en precosecha y se manifiesta en poscosecha; además, hay una alta homogeneidad en la manifestación del desorden por la época de cosecha, calibre de la fruta y cultivar (Palma *et al.*, 1998; Undurraga *et al.*, 2004; Undurraga *et al.*, 2006). Se seleccionaron nueve árboles de vigor medio y homogéneo, y de ellos se recolectaron equitativamente, desde la periferia, 111 frutos sin sintomatología de peteca, con un peso individual de 129 a 148 g. Los frutos se depositaron en cajas de plástico durante 5 d a 12±1 °C para su curado. Luego se dividieron en dos grupos (de 30 y de 81) para evaluar la calidad y manifestación de peteca.

El primer grupo se dividió en tres lotes de 10 frutos que se almacenaron a 3, 7 y 11±1 °C. Se evaluó en 5 frutos de cada grupo las variables de calidad al inicio del almacenamiento (día 0) y en los otros 5 a los 35 d, constituyendo así 6 tratamientos con 5 repeticiones de un fruto cada una.

El segundo grupo se dividió en tres de 27 frutos cada uno que se almacenaron a 3, 7 y 11±1 °C; la manifestación de peteca se evaluó por presencia o ausencia del mismo sobre cada fruto, a los 0, 15 y 35 d. Los tratamientos fueron 9: 3 temperaturas y 3 períodos de almacenamiento, con 3 repeticiones de 3 frutos cada una.

Las variables de calidad medidas fueron: diámetro ecuatorial (mm) y grosor de cáscara (mm), medidos con vernier; peso del fruto (g), contenido de jugo (%) en base a peso; pH del jugo mediante un potenciómetro digital HANNA; sólidos solubles (°Brix)

at temperatures above 8 °C (Storey and Treeby, 2002; Undurraga *et al.*, 2004; Undurraga *et al.*, 2006).

Consistent with the above, temperature and storage time would be related to the level of damage produced by peteca. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of three refrigeration storage temperatures (low, medium and high) for up to 35 d on the incidence of peteca and end quality of lemons cv. Eureka, susceptible to the disorder.

MATERIALS AND METHODS

Yellow ripe (°Brix/acidity ratio 0.25) cv. Eureka lemons from an orchard in La Cruz, Quillota, V Region, Chile (32° 50' S; 71° 13' W), where there is a history of damage by peteca, were harvested from trees pruned on 26 May 2004, 5 d after a 19.1 mm rainfall. The orchard, 5 years old grafted onto *Citrus macrophylla*, is drip-irrigated on sandy soil where management practices are normal.

In this orchard, peteca is induced in preharvest and appears in postharvest. Moreover, there is a high level of uniformity in the manifestation of the disorder by harvest period, fruit size and cultivar (Palma *et al.*, 1998; Undurraga *et al.*, 2004; Undurraga *et al.*, 2006). Nine trees of uniformly medium vigor and homogenous were selected, and from these 111 fruits with no symptoms of peteca were collected in equal numbers from the periphery. Individual fruit weight was 129 to 148 g. The fruits were deposited in plastic boxes for 5 d at 12±1 °C for curing. They were then divided into two groups (30 and 81 fruits) to evaluate quality and peteca manifestation.

The first group was divided into three lots of 10 fruits which were stored at 3, 7 and 11±1 °C. Five fruits of each group were evaluated for quality variables at the onset of storage (day 0) and the other 5 were evaluated after 35 d, thus constituting 6 treatments with 5 replications of one fruit each.

The second group was divided into three groups of 27 fruits each, which were stored at 3, 7, and 11±1 °C. Manifestation of peteca was evaluated as present or absent on each fruit at 0, 15 and 35 d. There were 9 treatments: 3 temperatures and three periods of storage with three replications of 3 fruits each.

The quality variables measured were equatorial diameter (mm) and peel thickness (mm), measured with a vernier; fruit weight (g); juice content (%), on a weight basis; juice pH measured with a digital HANNA potentiometer; soluble solids (°Brix) determined with a compensated thermal Atago refractometer; and titratable acidity (% citric acid; AOAC, 1984). Weight loss (%) during storage was also determined as well as calcium content on a dry weight base, in fruit albedo and flavedo using an atomic absorption and emission double beam optical GBC 902/903 spectrophotometer with a temperature of 20±5 °C and correction of background noise, wavelength 422.7 nm, air-acetylene type flame and 7.0 mA lamp current (Walinga *et al.*, 1995; Kalra, 1998).

For peteca, a completely randomized 3×3 (storage temperature, 3, 7 and 11±1 °C; evaluation dates 0, 15, and 35 d) design was

con refractómetro Atago termo compensado; y acidez titulable (% de ácido cítrico; AOAC, 1984). Además se determinó la pérdida de peso (%) durante el almacenamiento; el contenido de calcio, en base a peso seco, en el albedo y flavado de los frutos, usando un espectrofotómetro de absorción y emisión atómica GBC 902/903 de doble haz, con temperatura de 20 ± 5 °C y con corrección de ruido fondo, longitud de onda 422.7 nm, tipo llama aire-acetileno y corriente de lámpara 7.0 mA (Walinga *et al.*, 1995; Kalra, 1998).

Para la peteca se usó un diseño completamente al azar 3×3 (temperatura de almacenamiento 3, 7 y 11 ± 1 °C; fechas de evaluación 0, 15 y 35 d). Para las otras variables se usó un diseño completamente al azar 2×3 (fecha de evaluación 0 y 35 d; temperatura de almacenamiento 3, 7 y 11 ± 1 °C). Para evaluar el efecto de los tratamientos se realizó análisis de varianza y se usó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para la separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La peteca epidermal fue influenciada por la temperatura, el tiempo de almacenamiento y la interacción de ambos (Cuadro 1). La fruta almacenada a 11 °C desarrolló más peteca que la mantenida a 3 y 7 °C por 35 d. Esta fruta, además, manifestó el daño visible desde los 15 d de almacenamiento; en cambio la almacenada a 3 °C sólo lo hizo a 35 d.

Lo anterior demuestra que las mayores temperaturas de almacenamiento no inhibieron el desarrollo de peteca; Artes y Escriche (1988) y Artes *et al.* (1993) encontraron que la mejor temperatura para un almacenamiento continuo en refrigeración es 13 °C, con la cual disminuyó el desarrollo de peteca, membranosis, picado de cáscara y oleocelosis en limones cv. Primafiori en ambiente con CO₂. La diferencia de resultados se puede deber a que los autores mencionados usaron limones cv. Primafiori almacenados bajo atmósfera modificada, en tanto que en el presente trabajo se usó Eureka y sin modificación atmosférica. Además, la producción de limones en Chile se da en condiciones extremas de temperatura y humedad durante el desarrollo del fruto en el árbol, lo que pudo causar una mayor inducción del desorden en la fruta, cosechada inmediatamente después de una lluvia (Undurraga *et al.*, 2006).

Las variables de calidad: sólidos solubles, acidez, diámetro ecuatorial y pH, no fueron afectadas ($p > 0.05$) por los tratamientos (Cuadro 2).

Entonces, la temperatura de almacenamiento de 7 °C es adecuada para almacenar limones cv. Eureka hasta por 35 d. En los 10 d después del almacenamiento refrigerado no hubo desarrollo de peteca ni daño por frío.

El tiempo de almacenamiento redujo el grosor de cáscara y aumentó el porcentaje de jugo (Cuadro 3). Según Eaks (1961) y Erickson (1968) esto se debe a

used. For the other variables, a completely randomized 2×3 (storage temperature, 3, 7 and 11 ± 1 °C; evaluation dates, 0, 15 and 35 d) was utilized. To evaluate the effect of the treatments, an analysis of variance was performed and a Tukey test ($p \leq 0.05$) was used to separate means.

RESULTS AND DISCUSSION

Epidermal peteca was affected by temperature, storage time and the interaction between these (Table 1). Fruit stored at 11 °C developed more peteca than that kept at 3 and 7 °C for 35 d. This fruit also exhibited damage that was visible as of day 15 of storage, while that stored at 3 °C did not show damage until day 35.

The above demonstrates that higher temperatures did not inhibit the development of peteca; Artes and Escriche (1988) and Artes *et al.* (1993) found that the best temperature for continuous storage in refrigeration is 13 °C, with which development of peteca, membranosis, pitted peel, and oleocelosis decreased in lemon cv. Primafiori in a CO₂ environment. The difference in results may be due to the fact that these authors used lemon cv. Primafiori stored under modified atmospheres, while our study used cv. Eureka without atmospheric modification.

Cuadro 1. Efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento sobre la incidencia de peteca epidermal, en limones cv. Eureka.

Table 1. Effect of storage duration and temperature on the incidence of epidermal peteca, in lemons cv. Eureka

Factor	Peteca epidermal (promedio de frutos con peteca)
Temperatura almacenamiento	
3 °C	0.67
7 °C	0.44
11 °C	2.11
Significancia	$p \leq 0.01$
Tiempo almacenamiento	
0 d	0.0
15 d	1.33
35 d	1.89
Significancia	$p \leq 0.01$
Interacción	$p \leq 0.01$
7 °C / 0 d	0.00 a
3 °C / 0 d	0.00 a
11 °C / 0 d	0.00 a
3 °C / 15 d	0.33 a
7 °C / 35 d	0.67 ab
7 °C / 15 d	0.67 ab
3 °C / 35 d	1.67 b
11 °C / 15 d	3.00 c
11 °C / 35 d	3.33 c

n.s. no significativo.

Medias con letras distintas son diferentes estadísticamente ($p \leq 0.05$).

Cuadro 2. Efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento, sobre diámetro ecuatorial, sólidos solubles, acidez y pH en limones cv. Eureka.**Table 2. Effect of storage period and temperature on fruit diameter, soluble solids, acidity and pH in lemons cv. Eureka.**

Factor	Diámetro (cm)	Sólidos solubles (°Brix)	Acidez (g L ⁻¹ ácido cítrico)	pH
Temperatura almacenamiento				
3 °C	5.87	6.85	26.64	2.41
7 °C	5.98	6.76	26.57	2.40
11 °C	5.88	7.20	28.59	2.40
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Tiempo almacenamiento				
0 d	5.91	6.90	27.87	2.40
35 d	5.91	6.97	26.66	2.41
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Interacción	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

No hubo diferencias significativas ($p > 0.05$).

una degradación de los componentes pécticos que, al pasar al jugo, aumentan su proporción, disminuyendo el grosor de la cáscara. Undurraga *et al.* (2004) encontraron que el almacenamiento por 45 d a 3 °C en limones cv. Eureka, redujo el porcentaje de ácido galacturónico, ratificando la reducción del grosor de la cáscara, y que más que un aporte de agua del albedo hacia la atmósfera interna y a las vesículas de jugo, los aumentos de los porcentajes de jugo corresponden a una evolución celular propia de la madurez del fruto en almacenamiento.

La pérdida de peso fue afectada por la interacción de los factores, donde la temperatura de 11 °C a los 35 d causó los mayores porcentajes de pérdida. La pérdida de agua fue gradual, incrementándose con las temperaturas y el período prolongado de almacenamiento refrigerado. No obstante, los porcentajes de pérdidas de peso fueron bajos, explicando el aumento en el porcentaje del jugo en la fruta.

La concentración de calcio en el albedo aumentó debido al tiempo de almacenamiento (Cuadro 4). Esto concuerda con Storey y Treeby (2002), quienes señalan que los niveles de calcio en las regiones afectadas por peteca en limones Lisboa fueron mayores que en las regiones no afectadas, aunque Khalidy *et al.* (1969) observaron un nivel de daño mayor.

Este aumento en la concentración del calcio se puede deber a la degradación de las sustancias pécticas que reduce el grosor de la cáscara, principalmente el albedo, por lo cual la proporción de calcio es mayor. Además puede estar relacionado con

Moreover, lemon in Chile is produced under extreme conditions of temperature and humidity during fruit development on the tree, a fact that could cause greater induction of the disorder on the fruit, which was harvested immediately after a rainfall (Undurraga *et al.*, 2006).

The quality variables –soluble solids, acidity, equatorial diameter and pH– were not affected ($p > 0.05$) by the treatments (Table 2).

Therefore, 7 °C storage temperature is suitable for storing lemon cv. Eureka for up to 35 d. During the 10 days after refrigerated storage, there was no peteca development or cold damage.

Storage time reduced peel thickness and increased the percentage of juice (Table 3). According to Eaks (1961) and Erickson (1968), this is due to a degradation of the pectic components that, when they pass into the juice, increase in proportion and decrease peel thickness. Undurraga *et al.* (2004) found that storage of lemon cv. Eureka for 45 d at 3 °C reduced percentage of galacturonic acid, ratifying the decrease in peel thickness, and that rather than a contribution of water from the albedo to the internal atmosphere and juice vesicles, the increases in percentages of juice obey cell evolution characteristic of fruit maturing in storage.

Cuadro 3. Efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento sobre grosor de cáscara, jugo y pérdida de peso en limones cv. Eureka.**Table 3. Effect of storage period and temperature on rind thickness, juiciness and water loss in lemons cv. Eureka.**

Factor	Grosor de cáscara (mm)	Jugo (%)	Pérdida de peso (%)
Temperatura almacenamiento			
3 °C	0.64	35.50	1.56
7 °C	0.66	33.50	2.97
11 °C	0.66	35.84	4.64
Significancia	n.s.	n.s.	$p \leq 0.01$
Tiempo almacenamiento			
0 d	0.71	31.67	0.0
35 d	0.58	38.22	5.34
Significancia	$p \leq 0.01$	$p \leq 0.01$	$p \leq 0.01$
Interacción	n.s.	n.s.	$p \leq 0.01$
7 °C/0 d			0.00 a
3 °C/0 d			0.00 a
11 °C/0 d			0.00 a
3 °C/35 d			2.64 b
7 °C/35 d			5.54 c
11 °C/35 d			7.83 d

n.s. no significativo.

Medias con letras distintas son diferentes estadísticamente ($p \leq 0.05$).

el aumento en la incidencia de peteca que ocurre a los 35 d de almacenamiento, según Storey y Treeby (2002).

Storey and Treeby, (2002), Undurraga *et al.* (2004) y Undurraga *et al.* (2006) encontraron una relación directa entre el nivel de peteca en los frutos y el porcentaje de calcio. En el presente trabajo se relacionó un mayor nivel de peteca con un mayor porcentaje de calcio en frutas almacenadas hasta por 35 d.

CONCLUSIONES

Limones cv. Eureka, cosechados en estados de madurez amarillos y almacenados hasta por 35 d a 11 ± 1 °C y 90-95% de HR, desarrollan una alta incidencia de peteca a partir de los 15 d y una mayor pérdida de peso que los almacenados, durante el mismo periodo, a 7 y 3 ± 1 °C. Las variables sólidos solubles, acidez, diámetro ecuatorial, calcio en el flavedo y pH no varían hasta por 35 d de almacenamiento, en tanto que el porcentaje de jugo y el calcio en el albedo aumentan y el grosor de cáscara disminuye en el tiempo, independientemente de la temperatura de almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo de Investigación Científica y Tecnológica (FONDECYT)-Chile por los recursos aportados en la presente investigación (Proyecto N° 1020546).

LITERATURA CITADA

- Artes, F., and A. Escriche. 1988. Maladies physiologiques des agrumes et nouvelles techniques de réfrigération. *Rev. Gen. Froid* 1-2: 47-51.
- Artes, F., A. Escriche, and J. Marin. 1993. Treating «Primorfi» lemons in cold storage with intermittent warming and carbon dioxide. *Hortscience* 28(8): 819-821.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1984. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Assn. Offic. Anal. Chemists, Washington, D. C.
- Cohen, E., S. Ben-Yehoshua, I. Rosenberg, Y. Shalom, and B. Shapiro. 1990. Quality of lemons sealed in high-density polyethylene film during long term storage at different temperatures with intermittent warming. *J. Hort. Sci.* 65(5): 603-610.
- Davies, F., and L. Albrigo. 1994. *Citrus*. CAB Internacional. Wallingford, UK. 254 p.
- Eaks, I. L. 1961. Effect of temperature and holding periods on physical and chemical characteristics of lemon fruit. *J. Food Sci.* 26: 253-299.
- Eckert, J., and I. L. Eaks. 1989. Postharvest disorders and diseases of citrus fruit. In: Reuther, W. L. Batchelor, and H. Webber. (eds). *The Citrus Industry*. Riverside. pp: 179-250.
- Erickson, L. 1968. The general physiology of citrus. In: Reuther, W. L. Batchelor, and H. Webber. (eds). *The Citrus Industry*. Riverside. (Vol 2). pp: 86-122.
- García, E., M. Pozzan, y J. Cuqurella. 1992. Influencias del acondicionamiento a elevadas temperaturas y de diferentes

Cuadro 4. Efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento sobre el calcio en el albedo y flavedo en limones cv. Eureka.

Table 4. Effect of storage period and temperature on calcium concentration in the albedo and flavedo of lemons cv. Eureka.

Factor	Calcio en albedo (%)	Calcio en flavedo (%)
Temperatura almacenamiento		
3 °C	0.55	1.22
7 °C	0.49	0.99
11 °C	0.53	1.11
Significancia	n.s.	n.s.
Tiempo almacenamiento		
0 d	0.47	1.05
35 d	0.57	1.16
Significancia	p≤0.05	n.s.
Interacción	n.s.	n.s.

n.s. no significativo.

Weight loss was affected by the interaction of the factors, in which the temperature of 11 °C at 35 d caused the highest percentages of loss. Loss of water was gradual, increasing with temperature and a long period of refrigerated storage. Nevertheless, the percentages of weight loss were low, explaining the increase in the percentage of juice in the fruit.

Calcium concentration in the albedo increased with storage time (Table 4). This coincides with Storey and Treeby (2002), who state that the calcium levels in the regions affected by peteca in Lisboa lemons were higher than in the non-affected regions, although Khalidy *et al.* (1969) observed a higher level of damage.

This increase in the concentration of calcium may be due to the degradation of the pectic substances that reduce peel thickness, mainly the albedo; thus the proportion of calcium is higher. It could also be related to the increase in the incidence of peteca that occurs a 35 d of storage, as reported by Storey and Treeby (2002).

Storey and Treeby, (2002), Undurraga *et al.* (2004) and Undurraga *et al.* (2006) found a direct relationship between the severity of peteca in fruits and percentage of calcium. In our work, a high level of peteca was related with a higher percentage of calcium in fruits stored for up to 35 d.

CONCLUSIONS

Lemon cv. Eureka harvested ripe yellow and stored for up to 35 d at 11 ± 1 °C and 90-95% RH, exhibited a high incidence of peteca as of day 15 and

- recubrimientos en la conservación de mandarinas “Fortune”. Acta del II Congreso Internacional de Tecnología y Desarrollo Alimentario. Murcia. pp: 66-78.
- Kader, A. 1985. Postharvest handling systems: Subtropical fruit. *In*: Kader, A. (ed). Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Special Publication 3311. pp: 152-156.
- Kalra, Y. P. 1998. Handbook of Referente Methods for Plant Analysis. Soil and Plant Analysis Council, Inc. CRC Press, USA. 3009 p.
- Khalidy, R., A. Jamali, and H. Bolkan. 1969. Causes of the peteca disease of lemons as occurring in Lebanon. Proc. of Int. Citrus Symp. Riverside, California, University of California. Riverside. 3: 1253-1261.
- Mazzuz, C. 1996. Calidad de Frutos Cítricos. Manual para su Gestión desde la Recolección hasta la Expedición. Barcelona, Tecnidex. 317 p.
- Palma, B., P. Undurraga, y J. Olaeta. 1998. Caracterización histológica de la peteca como afección no parasitaria en frutos de limoneros. *In*: VII Congreso Latinoamericano de Botánica. México D. F. 18-24 Octubre 1998.
- Storey, R., and M. T. Treeby. 2002. Cryo-SEM study of the early symptoms of peteca in “Lisbon” lemon. Hort. Sci. Biotech. 77: 551-556.
- Underhill, S. J. R., R. McLauchlan, 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. 1998. Manejo de cosecha y poscosecha de frutos cítricos. *In*: Seminario Internacional de Cítricos. Viña del Mar, 13-15 mayo 1998. Gamma Ed. 250 p.
- Undurraga, P., J. A. Olaeta, C. G. Luttges, y R. Suárez. 2002. Efecto del calibre y madurez de limones cv Fino 49, sobre el desarrollo de peteca en almacenamiento refrigerado. Simiente: 72(1-2): 35-40.
- Undurraga, M. P., J. A. Olaeta, J. B. Retamales, G. R. Undurraga, and C. A. Toso. 2004. Thinning and calcium effects on peteca development in lemons fruit cv. Eureka in cold storage. *In*: Proc. Int. Symp. Post Harvest Fruit: The path to success. November, Talca-Chile. pp: 27-28.
- Undurraga, P., J. Olaeta, J. Retamales, y A. Brito. 2006. Efecto de inmersiones en calcio, sobre peteca en limones amarillos y plateados, cosechados después de una lluvia y almacenados en refrigeración. Agric. Téc. 66(1): 3-12.
- Walinga, I., J. J. Van Der Lee, V. J. G. Houba, W. Van Vark, and I. Novozamsky. 1995. Plant Analysis Manual. Kluwer Academia Publishers, Dor drecht, The Netherlands. 253 p.
- Wild, B. L. 1991. Postharvest factors governing the development of peteca rind pitting on “Meyer” lemons. Hortscience 26(3): 287-289.

—End of the English version—

