

ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE LIMA PERSA (*Citrus latifolia* Tan): CUALIDADES DEL FRUTO DURANTE ALMACENAMIENTO REFRIGERADO

Francisco Marín¹, Sergio Hernández², Sandra Sabório¹

RESUMEN

Aplicando estándares internacionales de calidad se recolectaron frutos de lima persa de la plantación de la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, ubicada en Cañas, provincia de Guanacaste. Las limas fueron sometidas a inmersión en agua caliente a tres temperaturas (18, 49 y 53 °C) y a cuatro sistemas de acondicionamiento (con y sin encerado; empacadas en bolsa plástica o granel). Posteriormente fueron almacenadas en cámara fría a una temperatura de 10 °C, con el fin de aumentar la vida de almacenamiento. Se realizaron evaluaciones quincenales durante 90 días, en las que se valoró: color de la piel, oleocelosis y algunas variables bioquímicas. Se encontró que los frutos sumergidos en agua a 18 °C y sin encerar, presentaron mejores condiciones para mercado fresco en cuanto a color y contenido de jugo, hasta alcanzar 75 días de almacenamiento; para 49 °C hubo una tendencia a disminuir la expresión de oleocelosis y en el caso de 53 °C se afectó la calidad debido a daño por calor y cambios acelerados en coloración. Se propone realizar estudios más detallados del efecto de la temperatura como proceso de curado así como del tipo y concentraciones de ceras orientando la atención hacia las características externas del fruto más que hacia el contenido de jugo o sus cualidades internas.

INTRODUCCIÓN

En vista de que durante el almacenamiento refrigerado de los cítricos se presentan daños por frío, enfermedades y ablandamiento por deshidratación, se han desarrollado muchos trabajos relacionados con el acondicionamiento de estos frutos (Artés 1999). El agua caliente se ha empleado como elemento básico de un sistema de curado que ha permitido lograr un control de plagas y enfermedades (Couey 1989) y reducir el daño fisiológico (Artés 1999).

Sin embargo, la respuesta a este tratamiento entre las diferentes especies de cítri-

cos es muy diferente (Lafuente *et al.* 2001). En pomelos, las inmersiones en agua caliente a 51-54 °C durante dos minutos, han sido eficaces para reducir podredumbres (Ben-Yehoshua *et al.* 2000). En limones no se observó un efecto positivo del tratamiento de frutos con agua caliente a 53 °C por más de cinco minutos (Rodov *et al.* 1995):

El principio del efecto del agua caliente se basa en la inducción de proteínas de termotolerancia y la alteración de la respuesta de las membranas, factores que permiten almacenar bajo condiciones de inferior temperatura o con productos hasta ese momento incompatibles (Artés 1995). Con base en ello

¹ Area Poscosecha, Dirección Calidad Agrícola, Consejo Nacional de Producción. Costa Rica

² Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). Costa Rica

podrían lograrse cambios en las actuales recomendaciones para almacenamiento de lima persa, que son una temperatura entre 9 y 10 °C y humedad relativa de 90 a 95 %, que aumentan la vida de almacenamiento de 45 a 75 días (Artés 2001).

El objetivo del presente ensayo fue evaluar algunas opciones preliminares de acondicionamiento térmico y su efecto sobre la calidad de frutos de lima persa bajo condiciones de almacenamiento refrigerado.

MATERIALES Y MÉTODOS

En diciembre de 2000, fueron recolectadas limas persa (*Citrus latifolia* Tan.) obtenidas sobre patrones de *C. volkameriana*) de las plantaciones de cítricos de la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, la cual se encuentra ubicada en Cañas, Prov. Guanacaste, Costa Rica; a una altitud de 17 msnm, con temperaturas medias de 27 °C, 2.500 mm de lluvia al año y una estación seca bien definida que va desde diciembre hasta mayo. Aplicando un estándar comercial de cosecha, se seleccionaron frutos con diámetros entre 4,5 y 5,5 cm, de color verde intenso y con no más de un 10 % del área decolorada producida por contacto entre ellos. El material fue transportado por tierra en horas frescas de la tarde hasta el Laboratorio de Tecnología Poscosecha de la Universidad de Costa Rica, en donde fue desarrollado el experimento.

Se tomaron veinticinco frutas al azar y se caracterizaron, con la finalidad de establecer las cualidades del lote antes del almacenamiento.

Con el resto del material, se conformaron tres grupos de 384 frutos, los cuales fueron sumergidos en agua a 18, 49 o 53 °C y sometidos a inmersión en una solución de hipoclorito de sodio a 150 mg/l, en ambos casos por dos minutos.

Cada uno de los grupos fue dividido en dos subgrupos de 192 unidades; a uno se le aplicó cera (Sta-Fresh 705 de FMC al 0,50 %) por inmersión durante un minuto y el otro permaneció sin encerar.

De seguido, la mitad de cada subgrupo (96 unidades) fue empacada a granel (G) o en bolsas con perforaciones (B), en este caso en grupos de 4 unidades. Los diferentes tratamientos se colocaron en cajas comerciales de cartón corrugado de 34 x 30 x 12 cm, con 8 % de ventilación.

Las cajas fueron almacenadas al azar en una cámara de refrigeración cuya temperatura fue de 10 °C y 80-90 % de humedad relativa, y se rotaron cada dos semanas. Cada 15 y hasta cumplir con 90 días, fueron evaluadas cuatro repeticiones de cada tratamiento, para un total de 16 frutos por tratamiento. Las variables estudiadas fueron: color (según intensidad del color verde detallada en el Cuadro 1), contenido de jugo (como porcentaje en masa) extraído manualmente (mínimo 35 %), contenido de sólidos solubles totales (empleando refractómetro de mano ATACO), acidez (como porcentaje de ácido cítrico), índice de madurez (relación Brix/acidez titulable, mayor que 1) y severidad de oleocelosis (como porcentaje del área afectada, máximo 5 %, Cuadro 2).

Para evaluar el efecto de la temperatura del agua sobre las variables, los datos se

Cuadro 1. Valores asignados para coloración de lima persa.

Grado	Característica
1	Verde oscuro intenso
2	Verde claro
3*	Más verde que amarillo
4	Más amarillo que verde
5	Amarillo

* Con base en experiencias previas de los autores el grado tres para el color, se seleccionó como máximo para la venta de fruta fresca.

Cuadro 2. Valores asignados para severidad de oleocelosis.

Grado	Característica
0*	Hasta 5 %
1	Desde 5,1 hasta 10 %
2	Desde 10,1 hasta 25 %
3	Desde 25,1 hasta 50 %
4	Más de 50 %

* Se consideró un 5% el valor máximo permisible para venta de fruta fresca (límite 0-1).

agruparon por separado para cada período de almacenamiento y se procedió a analizarlos mediante un diseño de bloques completos al azar arreglado en parcelas divididas, donde la parcela grande fue la temperatura (18, 49 y 53 °C), la subparcela el encerado (con-sin) y la sub-subparcela el tipo de empaque (con-sin bolsa). Los análisis de varianza se establecieron por medio del programa SAS y las diferencias entre medias se obtuvieron por medio de la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

La caracterización inicial de los frutos del lote se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Características de los frutos de lima persa del lote para ensayo*.

Variable	Valor
Masa	104,3 ± 16,3 g
Diámetro	5,6 ± 0,3 cm
Longitud	6,3 ± 0,5 cm
Contenido de jugo	34,0 ± 11,7 % (m/m)
Sólidos Solubles Totales	7,3 ± 0,5 %
Acidez	6,5 ± 0,6 %
pH	2,4 ± 0,3

* Lecturas promedio de 25 unidades.

Estas características se encuentran dentro de lo estipulado por la normativa de FAO-OMS (1999), en la que se indica un diámetro no menor de 40 mm, En el caso de porcentaje mínimo de jugo, se ha establecido que no

sea inferior a 42%, sin embargo esta variable alcanzó un promedio de 34 % con una desviación estándar de 11,7, situación que podría estar afectada por diferencias en la aplicación de cosecha, al utilizar casi de manera exclusiva, el diámetro de la fruta como indicador.

Otras variables como contenido de sólidos solubles totales y acidez, no se consideraron en la normativa, pero fueron descritos con fines ilustrativos.

Color de los frutos:

El color de los frutos sometidos a los tratamientos descritos, permaneció con condiciones comerciales adecuadas hasta los 30 días, según los niveles indicados en el Cuadro 1. Así, los rangos para color fueron entre 1,44 y 2,50 en los frutos tratados agua a 18 °C, 1,25 y 2,19 en el tratamiento con agua a 49 °C y entre 2,25 y 2,75 en el tratamiento de frutos con agua a 53 °C, sin embargo, en este último tratamiento, en los frutos sin encerar a granel el grado de color fue 3,31.

A partir de 45 días de almacenamiento, se iniciaron cambios más evidentes en la expresión de esta variable, con diferencias significativas para los tratamientos. El grado de coloración de los frutos en el 75 % de los tratamientos sometidos a 53 °C fue superior al grado tres, el cual es el máximo permitido para la comercialización de lima persa como fruta fresca. Los frutos que mantuvieron las mejores condiciones de color, fueron aquellos que no se enceraron, pese a que se observó un valor ligeramente superior en el caso de frutos sometidos a 18 °C y empacados a granel (Cuadro 4).

Este comportamiento se observó con mayor claridad a los 60 días de almacenamiento, momento en el cual frutos sin encerar y empacados a granel y tratados con agua a 18 °C y sin encerar empacado en bolsa -y tratados con agua a 49 °C- fueron significativamente iguales ($p \leq 0,26$) y presentaron los mejores valores de color (Figura 1).

Cuadro 4. Color de limas persa tratadas con agua a diferentes temperaturas, procesos de acondicionamiento y tiempos de almacenamiento.

Temperatura del agua (°C)	Tratamiento	Período de almacenamiento (en días)*		
		45	60	75
18 °C	Cera+bolsa	2,56 c		
	Cera+granel	3,06 bc		
	Sin cera+bolsa	2,62 cd	3,00 abc	3,00 b
	Sin encerar+granel	3,12 b	2,50 c	2,50 c
49 °C	Cera+bolsa	3,62 ab	3,00 abc	
	Cera+granel	2,94 c	3,58 ab	3,24 ab
	Sin cera+bolsa	2,50 cd	2,87 bc	3,61 a
	Sin encerar+granel	2,18 d	3,00 abc	
53 °C	Cera+bolsa	3,69 ab		
	Cera+granel	2,75 c		
	Sin cera+bolsa	3,06 bc	3,56 a	3,41 ab
	Sin encerar+granel	4,19 a		

* Valores en columna con la misma letra no difieren significativamente entre sí (5 %).

Otros tratamientos permitieron frutos con condiciones aparentes aceptables (diferencia no significativa), pero frutos encerados y empacados a granel tratados con agua a 49 °C fueron significativamente más amarillos que los demás.

A 75 días de almacenamiento, el único tratamiento que exhibió coloración adecuada fue el de inmersión de los frutos en agua a 18 °C empacados a granel y sin encerar, con un

valor de color de 2,5 y significativamente menor que los otros y que además fue también el de menor valor absoluto en el periodo de 60 días.

Los frutos tratados con agua a 18 °C sin encerar mantienen una tendencia a conservar los valores para color y esto coincide con observaciones de otros ensayos desarrollados en forma paralela (Marín, Hernández y Saborío 2003).

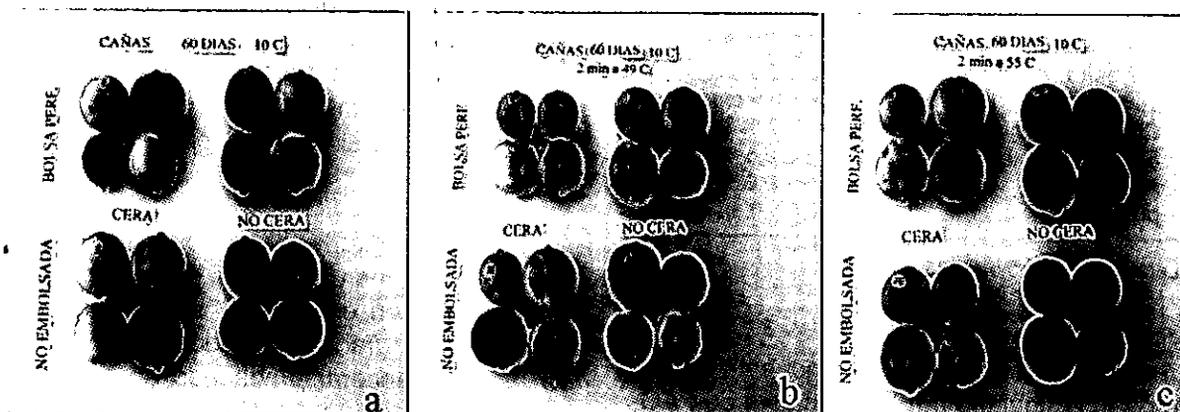


Figura 1: Contraste de color para frutos de lima persa almacenados a 10 °C por 60 días, luego de haber sido sometidos a inmersión en agua a 18 °C (a), 49 °C (b) o 53 °C (c). Se incluyen dos tipos de acondicionamiento (sin cera o con cera) o empaque en bolsa perforada (arriba) o a granel (abajo).

Oleocelosis:

Los valores máximos de severidad de oleocelosis en frutas tratadas con agua a 18 °C y almacenadas por 30 días fueron de 0,25, pero en el caso de los tratamientos con agua a 49 y 53 °C no se presentó este problema.

Después de 45 días de almacenamiento, se observaron altos valores para oleocelosis en frutos sumergidos en agua a 18 y a 53 °C. Este comportamiento se mantuvo para posteriores períodos de observación, en los cuales se presentaron valores absolutos superiores. Someter los frutos a una inmersión en agua a 49 °C, parece haber evitado la expresión de altos niveles de oleocelosis, aunque los valores de frutos a 18 o 53 °C por lo general, no fueron mayores al valor máximo permitido de uno (Cuadro 5). En pomelos este mismo efecto fue detectado por Artés (1999).

Para 60 días de almacenamiento, los valores de severidad de oleocelosis en los frutos sumergidos en agua a 18 °C oscilaron entre 0,5 y 1,06 y entre 0,00 y 0,25 para los frutos expuestos en agua a 49 °C. A los 75 días los rangos fueron entre 0,56 y 0,81 y entre 0,00 y 0,13, para las temperaturas de inmersión de 18, 49 y 53 °C respectivamente.

Contenido y características del jugo

Los mayores contenidos de jugo fueron observados de forma consistente, en frutos tratados con agua a 53 °C (Cuadro 6), aunque eso se justificaría por un mayor ablandamiento de los frutos lo cual facilitó la extracción. Por otro lado, frutos sometidos a inmersión en agua a 49 °C, mostraron mayor dificultad para la extracción, lo que se podría comprender con base en una mejor conservación de la textura. Esto podría explicar también la menor severidad de oleocelosis, según fuera descrito anteriormente. La tendencia se mantuvo a través de las evaluaciones hasta alcanzar los 75 días y los tratamientos que presentaron color aceptable (para 18 °C frutos sin encerar; para 49 °C, frutos encerados y a granel y sin encerar y en bolsa plástica) exhibieron contenidos de jugo entre 34,4 y 43,8 % m/m.

Igual que en las otras variables analizadas, los frutos sin encerar y empacados en bolsa, permanecieron hasta los 75 días. Sin embargo, de acuerdo con la normativa FAO-OMS (1999), solamente frutos expuestos a agua a 18 °C cumplirían con el mínimo aceptable de 42 % de jugo. A su vez, estos tratamientos exhibieron un grado de color dentro del rango admisible.

Cuadro 5. Severidad de oleocelosis en limas persa sometidas a agua a diferentes temperaturas, procesos de acondicionamiento y tiempos de almacenamiento.

Temperatura del agua (°C)	Tratamiento	Período de almacenamiento (en días)*		
		45	60	75
18 °C	Cera+bolsa	0,50 a		
	Cera+granel	1,19 b		
	Sin cera+bolsa	1,00 b	0,50 a	0,56 b
49 °C	Sin encerar+granel	1,25 b	1,06 b	0,81 bc
	Cera+bolsa	0,00 a	0,00 a	
	Cera+granel	0,25 a	0,25 a	0,13 ab
	Sin cera+bolsa	0,06 a	0,06 a	0,00 a
53 °C	Sin encerar+granel	0,19 a	0,19 a	
	Cera+bolsa	1,56 b		
	Cera+granel	1,50 b		
	Sin cera+bolsa	1,19 b	0,56 a	0,50 ab
	Sin encerar+granel	4,19 c		

* Valores en columna con la misma letra no difieren significativamente entre sí (5 %).

Cuadro 6. Contenido porcentual (masa/masa) de jugo en limas persa tratadas con agua a diferentes temperaturas, procesos de acondicionamiento y tiempos de almacenamiento.

Temperatura del agua (°C)	Tratamiento	Período de almacenamiento (en días)*		
		45	60	75
18 °C	Cera+bolsa	36,75 bc		
	Cera+granel	41,45 ab		
	Sin cera+bolsa	39,92 b	42,22 b	42,13 a
	Sin encerar+granel	46,35 a	41,43 b	43,80 a
49 °C	Cera+bolsa	35,28 bc	35,70 c	
	Cera+granel	30,45 c	36,00 bc	34,40 b
	Sin cera+bolsa	34,33 c	41,40 b	40,10 ab
	Sin encerar+granel	40,57 b	48,13 a	
53 °C	Cera+bolsa	40,67 b		
	Cera+granel	41,10 ab		
	Sin cera+bolsa	41,48 ab	48,25 a	43,73 a
	Sin encerar+granel	42,73 ab		

* Valores en columna con la misma letra no difieren significativamente entre sí (5 %).

EL momento de aplicación de la normativa del Codex (FAO-OMS 1999), podría causar alguna interferencia en situaciones contractuales, pues no es lo mismo hacerlo al momento de la cosecha (Cuadro 3) que luego de 75 días de almacenamiento (Cuadro 6), cuando es más fácil extraer el jugo. Por otro lado, sin dejar la aplicación de normativa formal, existen otras referencias que proponen

33 % como contenido de jugo, valor más conservador (McAlpine 1994).

Luego de 60 días de almacenamiento, los frutos sometidos a agua a 53 °C presentaron, además del incremento en el valor de coloración, degradación patológica y daño por calor (Figura 2), eventos reconocidos por Ben-Yehoshua *et al.* (2002). Todos los tratamientos

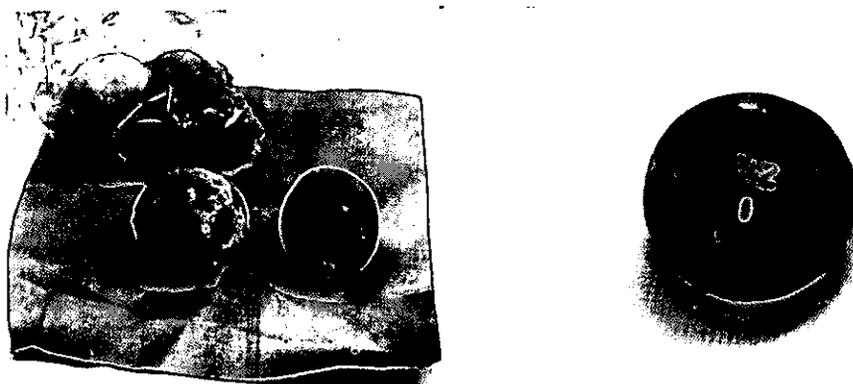


Figura 2: Daños por deterioro patológico extremo y por calor en lima persa almacenada por 60 días a 10 °C, luego de haber sido sometida a curado en agua a 53 °C.

sometidos a esa temperatura, fueron descartados, a pesar que el contenido de jugo (masa/masa) superó el 40 %.

Al cumplirse 75 días de almacenamiento, se notaron malos sabores y adustiosis (oxidación interna) en casi todos los tratamientos, que han sido claramente definidos para cítricos (La Fuente *et al.* 2001) y que en muchas oportunidades son producto de la presencia de etanol, α -pireno y acetaldehído (Del-Río *et al.* 1999b).

En el Cuadro 7 se presenta el resultado general de las variables bioquímicas estudiadas. Los valores absolutos de los promedios en el tiempo, fueron similares entre los diferentes tratamientos y a datos obtenidos por Hernández (2003), pero considerando que este autor realizó las lecturas al momento de la cosecha.

CONCLUSIONES

Los beneficios de los tratamientos térmicos por inmersión en agua caliente, no se evidenciaron de manera significativa en términos de vida útil en almacenamiento a 10 °C, aunque algunas de las variables sí se vieron favorecidas.

La oleocelosis fue significativamente disminuida por el acondicionamiento térmico a 49 °C, por lo que se establece la posibilidad de considerarlo como un tratamiento de apli-

cación potencial. Es necesario, realizar pruebas con temperaturas inferiores por períodos más prolongados de exposición, no ilustrados en la literatura, para corroborar el efecto sobre esta variable y mitigar a la vez la promoción de color, considerando variaciones en la respuesta, mencionadas por Lafuente *et al.* (2001). Sería prudente analizar esta variable dentro del esquema de calidad, pues su efecto sobre la apariencia del fruto se evidencia fácilmente.

La inmersión, en agua a 53 °C, promovió daño fisiológico, aunque es importante desarrollar nuevos trabajos con exposiciones previas a temperaturas inferiores, buscando evitar los daños por escaldado ya definidos en la literatura (Lafuente *et al.* 2001, Artés 1999), pero considerando además la posibilidad de almacenar la fruta a más bajas temperaturas.

El uso de empaque a granel sin cera, parece ser la opción más práctica para almacenamiento de frutos por un período de 60 días, en el cual los atributos de los mismos se mantienen cumpliendo con expectativas de mercado (valor ≤ 3 para color y menos de 5 % de área afectada por oleocelosis). Esto sin embargo, no descarta del todo el empleo de ceras bajo otras condiciones o en concentraciones distintas, en particular en lo que se refiere aspectos de apariencia.

Los porcentajes de jugo, el índice de madurez y sus componentes, son elementos poco cambiantes, afirmación que concuerda

Cuadro 7. Valores bioquímicos para jugo de limas persa tratadas por inmersión en agua a diferentes temperaturas.

Variables		Temperatura del agua		
		18 °C	49 °C	53 °C
% Acidez titulable	Promedio	6,47 \pm 0,46	6,47 \pm 0,36	6,58 \pm 0,42
	Rango	5,73-7,38	5,78-7,01	5,95-7,12
Brix	Promedio	7,56 \pm 0,51	7,46 \pm 0,41	7,29 \pm 0,38
	Rango	6,9-8,3	6,93-8,15	6,60-7,95
Índice de madurez	Promedio	1,17 \pm 0,1	1,15 \pm 0,06	1,11 \pm 0,05
	Rango	1,07-1,36	1,08-1,22	1,06-1,17
pH	Promedio	2,7 \pm 0,12	2,17 \pm 0,14	2,19 \pm 0,1
	Rango	1,87-2,45	1,88-2,43	1,82-2,38

con lo indicado por Del Río *et al.* 1999 a. En consecuencia, es mejor orientar la atención hacia variables relacionadas con la apariencia del fruto, como color y oleocelosis, además de incorporar en la discusión adustiosis y contenido de sustancias que provocan malos sabores.

AGRADECIMIENTO

Se desea expresar el sincero agradecimiento al Ing. Marco V. Sáenz, Coordinador del Laboratorio de Tecnología Postcosecha de la Universidad de Costa Rica, por la facilitación de recursos de laboratorio, al igual que a la MSc. Beatriz Sandoval, del Instituto Nacional de Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA, por su apoyo en la elaboración e interpretación de los análisis estadísticos.

LITERATURA CITADA

- Artes, F.A. 1995. Review: innovaciones en los tratamientos físicos para preservar la calidad de los productos hortifrutícolas en la postrecolección. I. Pretratamientos térmicos. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 35 (1): 45-64.
- _____. 1999. Avances en los tratamientos postcosecha para la conservación en fresco de limón y pomelo. *Levante Agrícola*: 289-238.
- _____. 2001. Tratamientos alternativos para preservar mejor la calidad de los cítricos refrigerados. *Levante Agrícola*: 229-238.
- Ben-Yehoshua, S.; Peretz, J.; Rodov, V.; Yekutieli, O.; Wiseblum, A.; Regev, R. 2000. Aplicación de agua caliente en la postrecolección de los cítricos: el camino desde el laboratorio hasta el almacén de manipulación. *Levante Agrícola* 244-250.
- Couey, M. 1989. Heat treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruits. *HortScience* 24(2):198-202.
- Del Río, M.A.; Martínez-Javrega, J.M.; Navarro, P.; Navarro, J.; Cuquerella, J. 1999 a. Aplicaciones del frío en postcosecha de cítricos panorama actual. *Levante Agrícola*: 253-262.
- _____. 1999 b. Recubrimientos para la comercialización de frutos cítricos: tendencias actuales. *Levante Agrícola* 301-311.
- FAO-OMS. 1999. Codex standard for limes; Codex Stan 213-1999. Comisión del Codex Alimentarius, Roma. 4 p.
- Hernández, S. 2003. Evaluación del crecimiento productividad, calidad de fruta y contenido nutricional en hojas y frutos de lima persa (*Citrus latifolia* Tan.) injertada en cuatro patrones de cítricos bajo condiciones de Cañas, Guanacaste. *In: Producción de lima persa (limón mesino); día de campo, Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, Cañas, Guanacaste (Costa Rica)*. s.p.
- Lafuente, M.T.; Alferez, F.; Sánchez, M.T.; Sala, J.M.; Mulas, L. 2001. Alteraciones fisiológicas durante la postcosecha de frutos cítricos: tratamientos de control y mecanismos implicados. *Levante Agrícola*: 128-132.
- Marín, F.; Hernández, S.; Saborío, S. 2003. Embalajes para almacenamiento refrigerado de lima persa (*Citrus latifolia* Tan.) para mercado local en Costa Rica. *Avances Tecnológicos (Costa Rica)*.
- McAlpine, G. 1994. Western Australian Citrus grading and packing code. *In: <http://agspsr-v34.agric.wa.gov.au/agency/Pubns/farmnote/1994/F05794.htm>* (consulta 13-02-2004). 5 p.
- Rodov, V.; Ben-Yehoshua, S.; Albagli, R.; Fang, D.Q. 1995. Reducing chilling injury and the decay of stored citrus fruit by hot water dips. *Postharvest Biology and Technology* 5: 119-127.