

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Memoria de Título**

**EFFECTO DE LA ESTIBA EN LA EFECTIVIDAD DEL DESVERDIZADO DE  
LIMONES (*Citrus limón* L. Burm) VAR. FINO 49 Y NARANJAS (*Citrus sinensis*  
L.Osbeck) VAR. LANE LATE.**

**PAULA JAMETT HONORATO**

SANTIAGO, CHILE

2010

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Memoria de Título**

**EFFECTO DE LA ESTIBA EN LA EFECTIVIDAD DEL DESVERDIZADO DE  
LIMONES (*Citrus limón* L. Burm) VAR. FINO 49 Y NARANJAS (*Citrus sinensis* L.  
Osbeck) VAR. LANE LATE.**

**EFFECT OF STOWAGE IN THE DEGREENING EFFECTIVENESS OF LEMONS  
(*Citrus limon* L. Burm) VAR. FINO 49 AND ORANGES (*Citrus sinensis* L. Osbeck)  
VAR. LANE LATE.**

**PAULA JAMETT HONORATO**

SANTIAGO, CHILE

2010

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**EFECTO DE LA ESTIBA EN LA EFECTIVIDAD DEL DESVERDIZADO DE  
LIMONES (*Citrus limón* L. Burm) VAR. FINO 49 Y NARANJAS (*Citrus sinensis*  
L.Osbeck) VAR. LANE LATE.**

Memoria para optar a título profesional de: Ingeniero Agrónomo

**PAULA JAMETT HONORATO**

| <b>Profesor Guía</b>   | <b>Calificaciones</b> |
|--|-----------------------|
| Sr. Luis Luchsinger L.<br>Ingeniero Agrónomo, Ph.D.                    | 6,2                   |
| <b>Profesores Evaluadores</b>  |                       |
| Sr. Thomas Fichet L.<br>Ingeniero Agrónomo, Dr.                        | 6,6                   |
| Sr. Víctor García de Cortázar G. de C.<br>Ingeniero Agrónomo, Dr. Ing. | 6,3                   |
| <b>Colaborador</b>   |                       |
| Sr. Gonzalo Cofré H.<br>Ingeniero Agrónomo                             |                       |

SANTIAGO – CHILE  
2010

## INDICE

|                          |    |
|--------------------------|----|
| RESUMEN                  | 1  |
| Palabras Clave           | 1  |
| <br>                     |    |
| ABSTRACT                 | 2  |
| Key Words                | 2  |
| <br>                     |    |
| INTRODUCCION             | 3  |
| Objetivo                 | 5  |
| <br>                     |    |
| MATERIALES Y MÉTODOS     | 6  |
| Materiales               | 6  |
| Variedades y Procedencia | 6  |
| Lugar de estudio         | 6  |
| Método                   | 7  |
| Cosecha                  | 7  |
| Selección                | 7  |
| Desverdizado             | 7  |
| Tratamientos             | 8  |
| Almacenamiento           | 11 |
| Parámetros evaluados     | 11 |
| Color                    | 11 |
| Deshidratación           | 12 |
| Abscisión del cáliz      | 12 |
| Acidez Titulable         | 12 |
| Sólidos solubles         | 12 |
| Jugosidad                | 12 |
| Relación SS/AT           | 13 |

|  |    |
|--|----|
| Parámetros técnicos de la cámara           | 13 |
| Velocidad del aire                         | 13 |
| Temperatura                                | 13 |
| Concentración de gases                     | 13 |
| Humedad relativa                           | 13 |
| Diseño experimental y análisis estadístico | 13 |
| <br>                                       |    |
| RESULTADOS Y DISCUSION                     | 14 |
| <br>                                       |    |
| Caracterización de la fruta                | 14 |
| Evolución del color                        | 15 |
| Índice de color                            | 15 |
| Tonalidad                                  | 20 |
| Incremento de color                        | 23 |
| Color de fondo                             | 27 |
| Deshidratación                             | 29 |
| Sólidos solubles y Relación SS/AT          | 31 |
| Acidez                                     | 31 |
| Jugosidad                                  | 32 |
| Abscisión del cáliz                        | 32 |
| Pudrición                                  | 32 |
| <br>                                       |    |
| CONCLUSIONES                               | 34 |
| <br>                                       |    |
| BIBLIOGRAFÍA                               | 35 |
| <br>                                       |    |
| APÉNDICE I                                 | 38 |
| APÉNDICE II                                | 39 |
| APÉNDICE III                               | 40 |
| APÉNDICE IV                                | 42 |
| APÉNDICE V                                 | 44 |
| APÉNDICE VI                                | 45 |

## RESUMEN

Limones de la variedad Fino 49 y naranjas variedad Lane Late, cosechados en la zona de Quillota y Región Metropolitana respectivamente, fueron sometidos a desverdizado con etileno en flujo continuo entre 3,5 y 5 ppm, 22 y 24° C, 0,2% de CO<sub>2</sub>, por 48 horas bajo 3 disposiciones de estiba: (1) estiba tradicional, (2) estiba tapando espacios libres entre bins y entre patines de cada bin y (3) estibando con un tubo central ranurado en cada bin. Al finalizar la desverdización los frutos se almacenaron a 7° C (limones) y 5° C (naranjas) y humedad relativa cercana al 90% por 21 días. Se realizaron evaluaciones en el color verde, amarillo y anaranjado utilizando el índice de color (IC), tonalidad Hab, incremento de color (DC) y color de fondo. También se analizó deshidratación, jugosidad, acidez (AT), sólidos solubles (% SS), relación SS/AT y abscisión de cáliz. Los períodos de evaluación fueron: a la salida de la cámara de desverdizado, 7, 14 y 21 días de almacenaje refrigerado.

Los parámetros de calidad como acidez, sólidos solubles, jugosidad e índice de madurez no sufrieron cambios significativos en ninguna de las especies. No se produjeron pérdidas significativas por ataques fúngicos, ni por desórdenes fisiológicos.

Las pérdidas por deshidratación no superaron el 0,6 % finalizada la desverdización. No se produjeron pérdidas significativas por deshidratación durante el almacenaje.

En limones se produjeron diferencias significativas en el color verde y amarillo a los 7 días de almacenaje. Los índices tonalidad Hab e incremento de color reflejaron dicha diferencia.

La estiba tradicional no genera en limones una mejor degradación en el color verde, pero sí un mejor desarrollo del color amarillo.

En naranjas, el tipo de estiba no genera mejores resultados en la uniformidad del color.

Palabras clave: etileno, color, almacenaje refrigerado.

## ABSTRACT

Lemons variety Fino 49 and oranges variety Lane Late collected in Quillota zone and region Metropolitana respectively, were subjected to degreening, with continuous flow of ethylene, in the following conditions: 3,5 and 5 ppm ethylene with 0,2% CO<sub>2</sub>, at temperatures of 22 and 24 °C respectively, for 48 hours. Three stowage dispositions were used: traditional one, tight packing covering spaces between bins and between skids of each bin, and finally stowage using a central tube with a groove for every bin. At the end of the degreening, the fruits were stored at 4,5 and 7° C temperature, with a relative humidity of about 90%, for 21 days. Evaluations of green, yellow and orange colours were realized, using colour index, Hue, increase of colour intensity and background of colour. Also dehydration level, juiciness, acidity, soluble solids, SS/AT relation and chalice abscission were evaluated. Evaluation times were: at the moment of getting out from the degreening, at 7, 14 and 21 days of cold storage.

Quality parameters as acidity, soluble solids, juiciness and maturity index were not significantly different in none of the species. Also there was no significant fruit lose due to fungal attack or physiological problems that appear during storage.

Loses by dehydration were than 0,6 % at the moment finishing the degreening, there were no significant losses due to dehydration during storage.

Considering lemons, significant in green and yellow colour difference appeared after 7 days of storage. Hab index and colour increase were closely reflecting this difference.

For lemons, the traditional stowage does not generate a better degradation in green colour, but a better development of yellow colour.

In oranges, the type of stowage no better results in the uniformity of colour.

Key words: ethylene, colour, cold storage.

## INTRODUCCION

La calidad de un producto hortofrutícola se puede definir de manera general como una combinación de características, atributos y propiedades que le otorgan un valor como alimento al hombre, de modo que satisfaga sus necesidades como consumidor. Los consumidores a su vez, consideran que las frutas y hortalizas de buena calidad son aquellas que tienen buena apariencia, están firmes y ofrecen un buen valor nutritivo (Berger, 1998).

Así la apariencia y sabor, aparecen como los principales factores de calidad que inciden en el sistema de distribución del productor al consumidor, siendo tamaño, color, forma y ausencia de defectos las características más importantes que afectan la apariencia (Claypool, 1975).

Gran parte de los consumidores se guían por preferencias de color, las que están asociadas, por lo general, con aspectos culturales. El color también puede estar asociado con el estado de madurez de la fruta, por lo que tiene influencia en el mercado potencial de ésta (Claypool, 1975). El cambio de color corresponde a un signo que acompaña la maduración en la mayoría de las frutas y es usado como índice de madurez (Reid, 1992).

En ciertas especies el color evoluciona en forma notoria, otras lo hacen menos y en otras si bien hay cambios, no se reflejan variaciones de madurez (Berger, 1975).

Una característica en la maduración de la mayoría de los frutos es la pérdida de color verde; esto da paso a tonalidades amarillas y naranjas originadas por los pigmentos carotenoides, los cuales no se degradan y son característicos del color de fondo en fruta madura (Berger, 1994).

La intensidad y uniformidad del color externo de limones, mandarinas y naranjas constituyen dos de los índices de calidad más importantes para el consumidor a la hora de realizar una compra (Arpaia y Kader 2000; Salvador *et al.*, 2002). En todas las especies interesa que el color sea uniforme y que corresponda a la variedad.

Aún cuando en las primeras fases del desarrollo del color coexisten las clorofilas y los carotenoides, el color más intenso de las clorofilas enmascara a los carotenoides situados en los plastidios del flavedo y hace que predomine el color verde (Cuquerella *et al.*, 1999).

Como lo indican Chandler (1962, citado por Muñoz, 1970), Zaragoza (1997) y Arpaia (1999) el cambio de color tiene lugar durante la última etapa de crecimiento de los cítricos y es favorecido por las condiciones templadas; por otra parte noches frías seguidas de días cálidos son necesarias para que el color verde (clorofila) se pierda y el color amarillo o naranja (carotenoides) se desarrolle en el fruto.



En esta etapa las clorofilas se degradan. En ocasiones en que las condiciones climáticas no se cumplen como en regiones tropicales o mediterráneas, los frutos permanecen verdes aún después de haber alcanzado una madurez completa y una buena calidad interna (Arpaia, 1999); es por ello que en frutos que no han alcanzado la coloración comercial mínima exigida, se recurre al proceso de desverdización con etileno (Martínez-Jávega *et al.*, 2001).

Comercialmente se recurre a la desverdización cuando los parámetros internos de madurez del fruto permiten su adecuada comercialización pero, aún no se logra la máxima intensidad del color en la epidermis, o la piel recién ha desarrollado una coloración desuniforme, manteniendo el color verde en partes del fruto o en su totalidad (Zoffoli y Ortúzar, 1999).

La desverdización se puede definir como el tratamiento de postcosecha mediante el cual se acelera el proceso de cambio de color de la piel del fruto; este tratamiento estimula las dos reacciones que determinan el cambio de color superficial, degradación de clorofilas y síntesis de nuevos carotenoides responsables de los colores amarillo/naranja característicos de un fruto maduro, mediante la aplicación de etileno exógeno. Así se logra aumentar el atractivo para el consumidor (Weathon y Stewart, 1973; Arpaia, 1998; Cuquerella *et al.*, 2004).

En cuanto a las condiciones recomendadas para una correcta desverdización, Zaragoza (1997), Arpaia (1999), Cuquerella *et al.* (1999), Martínez-Jávega *et al.* (2001), Salvador *et al.* (2002), señalan que la concentración de etileno debe estar en el rango de 2 a 5 ppm, nunca sobrepasar 10 ppm. La temperatura óptima no debe sobrepasar entre 18 y 25° C, siendo la temperatura más baja para mandarinas (18 a 21° C), naranjas entre 20 y 22° C y limones 25° C. En cuanto a la humedad relativa, ésta debe ser alta, sobre el 90% para todas las especies.

Si bien la desverdización es un tratamiento que permite mejorar la coloración de la fruta, es un procedimiento que acelera el envejecimiento de ésta al aumentar su respiración (Zaragoza, 1997). Uno de los factores asociados al alza en la respiración, es la pérdida de peso por deshidratación lo que puede influenciar la vida comercial de postcosecha (Arpaia, 1999), siendo ésta una de las principales causas de deterioro en los frutos cítricos, causante además de la pérdida de apariencia (Carvalho *et al.*, 2006).

Para mejores resultados Arpaia (1998) y Plaza *et al.* (2004a) plantean que es crítico tener un buen control de la temperatura, dióxido de carbono, humedad relativa y adecuada ventilación. La concentración de CO<sub>2</sub> se debe mantener por debajo de 0,2%; valores > 1% inhiben la desverdización por ser el dióxido de carbono antagónico al etileno (Zoffoli y Ortúzar, 1999).

El control de los factores antes mencionados, permite evitar la aparición de alteraciones indeseables que afectarán la calidad de la fruta, como pardeamiento y caída de cálices, aparición de manchas oscuras y pardeamiento por exceso de CO<sub>2</sub>, ya que el alargamiento excesivo del proceso por condiciones insuficientes de temperatura, humedad relativa, etileno y CO<sub>2</sub> afectarán el aspecto externo del fruto (Plaza *et al.*, 2004a).

Uno de los factores más importantes, que a menudo pasan por alto los profesionales, es la circulación uniforme del aire en la cámara de desverdizado, lo cual garantiza la homogeneidad térmica y un buen reparto de los gases utilizados en el desverdizado (Razeto, 2005).

Una disposición adecuada de los envases permite que la circulación del aire que impulsan los ventiladores sea uniforme, consiguiendo que en todos los puntos de la cámara la fruta sea sometida a las mismas condiciones; con esto se evita la aparición de bolsas de aire a temperaturas inferiores o superiores a las deseadas, así como acumulaciones de etileno y CO<sub>2</sub> en algunos puntos de la cámara que podrían provocar una velocidad de desverdización diferente de la fruta y la aparición de alteraciones (Plaza *et al.*, 2004a).

Debido a que la estiba juega un papel importante en el proceso, y a que favorece condiciones homogéneas que conducen a un producto con características que satisfacen al consumidor, es que se ha planteado como hipótesis de este trabajo que diferentes disposiciones de estiba en el proceso de desverdizado generan diferencias en los indicadores de calidad en limones y naranjas como: uniformidad e intensidad de color y deshidratación. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto que producen tres formas de estiba sobre la calidad de limones y naranjas sometidos a desverdizado.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Materiales**

#### **Variedades y procedencia**

Para la realización de este trabajo se utilizaron limones var. Fino 49 cosechados en la comuna de Quillota, V región y naranjas var. Lane Late, cosechadas en la comuna de Maria Pinto, región Metropolitana.

#### **Lugar de estudio**

En el caso de limones el tratamiento de desverdizado fue realizado en la cámara de almacenamiento y desverdizado de planta frigorífica Moliagro, Hijuelas, Quillota, mientras que en naranjas, el desverdizado se realizó en la exportadora GESEX S.A., ubicada en Linderos, Buin. Para ambas especies, el almacenamiento se realizó en la cámara frigorífica de la exportadora GESEX S.A., Linderos, Buin. La medición de los parámetros de calidad (abscisión del cáliz, deshidratación, jugosidad, acidez y sólidos solubles) se realizó en el laboratorio del área de control de calidad de la exportadora GESEX S.A.; la evaluación de color se realizó en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

## Método

### Cosecha

Limones y naranjas fueron cosechados según el color del flavedo, el que correspondía en limones a plateado verde en su mayoría y en naranjas a viraje de color verde-anaranjado.

### Selección

**Limones:** Una vez llegada la planta de proceso y previo al desverdizado, la fruta fue lavada, encerada y secada. Posteriormente se seleccionó en función del color, uniformidad de tamaño y ausencia de manchas y heridas. Luego de la selección, la fruta fue separada en mallas de 10 a 12 frutos cada una (2 kg por unidad de muestra). Cada malla fue colocada en el centro de los bins que irían a la cámara de desverdizado.

**Naranjas:** Una vez llegada la fruta a la planta de proceso fue lavada y secada. Posteriormente se seleccionó en función del color, uniformidad de tamaño y ausencia de manchas y heridas. Luego de ser seleccionada la fruta fue separada en mallas con 10 frutos cada una (2 kg aprox. por unidad de muestra). Cada malla fue colocada en el centro de los bins que irían a la cámara de desverdizado.

### Desverdizado

**Limones:** El proceso de desverdizado se llevó a cabo en una cámara automatizada, con gasificación mediante sistema de flujo continuo. Se utilizaron 12 bins por cada tratamiento, los que se mantuvieron bajo las siguientes condiciones: 3,5 ppm de etileno, 21 a 22° C, 90 % de humedad relativa y concentración de CO<sub>2</sub> del orden del 0,2%. El procedimiento tuvo una duración de 48 horas.

El volumen de la cámara de desverdizado era de 1296 m<sup>3</sup> de capacidad, aproximadamente 700 bins. Se utilizaron en la totalidad de tratamientos 36 bins, lo que corresponde a una capacidad de llenado del 5% de la cámara.

**Naranjas:** Para el proceso de desverdizado se utilizó una cámara de 516 m<sup>3</sup>, las condiciones del desverdizado fueron: gasificación mediante flujo continuo, 5 ppm de etileno, 22 a 24°C de temperatura, 90% de humedad relativa y concentración de CO<sub>2</sub> del orden del 0,2%. El proceso tuvo una duración de 48 horas.

La capacidad aproximada de la cámara de desverdizado de naranjas, correspondía a 200 bins. El número total de bins sometidos a desverdizado fueron 36 (12 bins por tratamiento), con lo que se completó una capacidad de llenado del 18% de la cámara.

La fuente de etileno para ambas especies fue Azetil al 5%, el que contiene una concentración de 95% de  $N_2$  y 5% de etileno ( $C_2H_4$ ). La inyección de etileno estaba ubicada en el techo de cada cámara de desverdizado, tal como se muestra en la Figura 1.

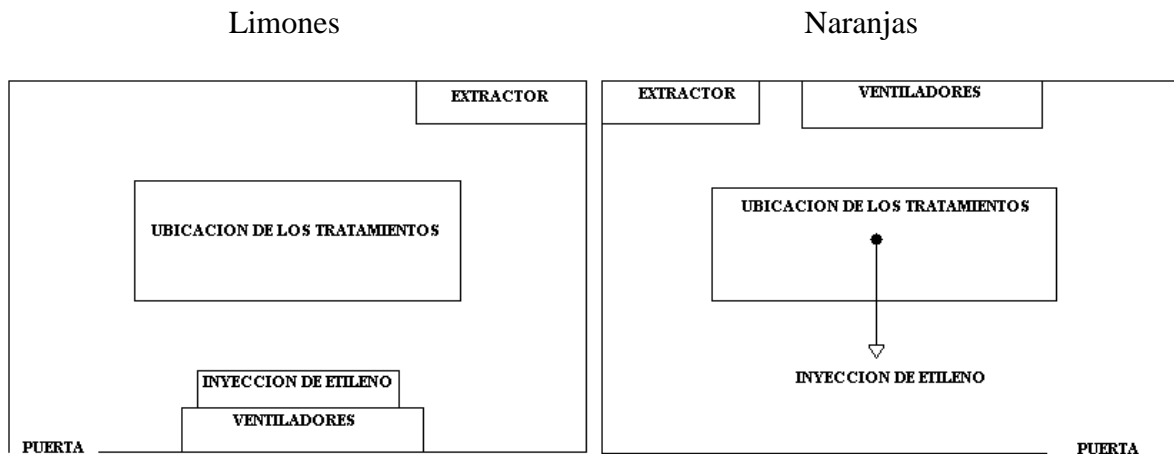


Figura 1. Dibujo esquemático de la cámara de desverdizado para limones y naranjas en la que se muestra la ubicación de equipos y de los tratamientos.

## Tratamientos

Los tratamientos evaluados en ambas especies corresponden a 3 tipos de estiba:

Tratamiento 1: Bins con una distribución de estiba tradicional, que se caracteriza por presentar una separación de 10 a 20 cm entre bloques y no tener separación entre columnas (Figura 1).

Tratamiento 2: Bins sin separación entre bloques (Figuras 2 y 3). A su vez tenían cubierto con esponja la zona entre patines, la zona entre la fruta y la parte superior de todos los bins (Foto 1).

Tratamiento 3: Bins con tubo ranurado de 160 mm de diámetro en la parte central, al interior del bin (Figura 3), el tubo fue puesto en la planta de proceso en el momento en que se llenaron los bins con la fruta seleccionada para el desverdizado. La separación entre bins en este tratamiento fue igual a la separación de estiba tradicional (Figura 2).

En todos los tratamientos los bins fueron apilados formando columnas, es decir, desde el suelo al techo estaban dispuestos uno sobre otro completando 3 bins en altura. A su vez

cada columna iba junto a otra conformando un bloque. Cada tratamiento tenía una separación de un metro entre sí (Figura 2).

Con el objetivo de homogenizar las evaluaciones en el proceso de desverdizado, los tratamientos se situaron en el centro de cada cámara de desverdizado (Figura 1). Así mismo, las unidades experimentales se situaron al centro de cada bin.

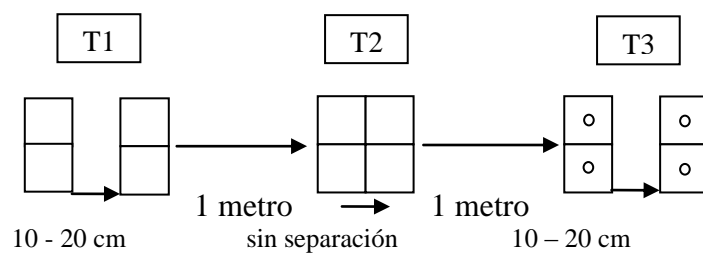


Figura 2. Disposición de cada tratamiento en la cámara de desverdizado, donde se indica el ordenamiento de los tratamientos y su distancia.

Tratamiento 2  
Cubierta de esponja



Tratamiento 3  
Tubo central



Figura 3. Descripción esquemática de los tratamientos 2 y 3, en que se muestra la posición de las esponjas y del tubo según el tratamiento.

## Almacenamiento

Posterior al proceso de desverdizado de ambas especies las mallas fueron colocadas en cajas cosecheras plásticas de 40x60 cm y se almacenaron en cámaras frigoríficas a 90-95% de humedad, hasta completar 21 días de almacenaje refrigerado. Las temperaturas de almacenamiento para cada especie fueron las siguientes:

- Limones: 6 a 8° C
- Naranjas: 5 a 6° C

Las evaluaciones se realizaron en los periodos de: cosecha, término del desverdizado y a los 7, 14 y 21 días de almacenaje.

## Parámetros evaluados

En cada momento de evaluación se analizaron los siguientes parámetros:

- Cosecha: peso, color, jugosidad, sólidos solubles y acidez.
- Salida de cámara de desverdizado: abscisión del cáliz, color y deshidratación.
- 7, 14 y 21 días de almacenaje: abscisión del cáliz, color, deshidratación, jugosidad, acidez y sólidos solubles.

**Color:** Se realizó por medio de un colorímetro portátil triestímulo Minolta modelo CR 300, con iluminante D<sub>65</sub>, ángulo observador 0°, sistema Hunter Lab. Se obtuvieron los valores L, a y b, para posteriormente determinar los siguientes indicadores:

- Índice de color (IC= 1000a/L\*b) el que suele presentar una alta correlación con la apreciación visual del color (Cuquerella et al., 2004).
- Incremento de color (DC=  $[(L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2]^{1/2}$ ), los valores sin subíndice se refieren a un momento del proceso y los que llevan subíndice cero a los valores iniciales (Gnanasekharan *et al.*, 1992). Debido a que las evaluaciones se realizaron semanalmente, se evaluaron con los valores obtenidos la semana anterior.

McGuire (1992, citado por Roca, 2008), indica que la luminosidad (L) toma valores entre 0 (negro) y 100 (blanco). Por otra parte la variable “a” representa la escala de colores rojo-verde y “b” la escala entre amarillo y azul (Weathon y Stewart, 1973).

- Tonalidad ( $H_{ab} = \tan^{-1} b/a$ ), en el que un valor de 90° representa un color amarillo, mientras que valores superiores indican frutos más verdes e inferiores más



anaranjados (Jiménez-Cuesta *et al.*, 1981). El valor 0° corresponde al rojo y 180° al verde.

También la evaluación del color se realizó de manera visual, analizando el color de fondo y expresándolo como porcentaje. El color fue medido en 10 frutos por tratamiento. Se realizaron dos evaluaciones por fruto en los colores verde y amarillo en limones y verde y naranja en naranjas.

Determinación del % de color de fondo:

$$\% \text{ de color de fondo} = \frac{\% \text{ color de fondo mejilla 1} + \% \text{ color de fondo mejilla 2}}{2}$$

**Deshidratación:** Se evaluaron 10 frutos por tratamiento. Se midió el peso de cada uno de los frutos desde la selección de la fruta, luego a la salida del desverdizado y posteriormente en cada semana de almacenaje y se establecieron las diferencias y porcentajes respectivos. Se utilizó una balanza Zero modelo MII 6000. El resultado se obtuvo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de pérdida de peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

**Abscisión del cáliz:** En relación al número de frutos que presenten “roseta” o cáliz al inicio del proceso de desverdizado, se determinó el número de “rosetas” caídas. Se evaluaron 10 frutos por tratamiento. El resultado se expresó en porcentaje de “rosetas” caídas.

**Acidez titulable (AT):** Se evaluó mediante la titulación de 10 mL de jugo de una muestra representativa de frutos, con NaOH 0,1 N, hasta que se lograra la neutralización de los ácidos orgánicos a pH 8,2-8,3. Fueron evaluados 5 frutos por tratamiento. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico. Para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Ácido cítrico} = \frac{\text{mL NaOH} \times \text{normalidad} \times \text{peso (g) de 1 meq de Ac.}}{\text{Contenido de jugo (mL)}} \times 100$$

**Sólidos solubles totales (SST):** Se utilizó un refractómetro autocompensado Atago. Este parámetro fue medido en una submuestra de 2 frutos por tratamiento. El resultado fue expresado en porcentaje.

**Jugosidad:** La jugosidad se midió mediante el cociente entre el peso del jugo extraído y el peso total de los frutos. Fueron utilizados 10 frutos por tratamiento y el resultado se expresó en porcentaje.

**Relación SST/AT:** Se evaluó en naranjas, mediante el cociente entre los sólidos solubles y la acidez titulable obtenida.

### **Parámetros técnicos de las cámaras de desverdizado y almacenamiento**

**Velocidad del aire:** En la cámara de desverdizado se midió la velocidad del aire, a la salida de los ventiladores y en el espacio libre entre bins en cada tratamiento. Para esto se utilizó un anemómetro digital La Crosse modelo EA-3010U.

**Temperatura:** Se controló la temperatura del aire de las cámaras de desverdizado y del ambiente al centro de cada bin, también se controló semanalmente la temperatura del aire de las cámaras de almacenaje. Se utilizó un termómetro ATS, GMH 175.

**Concentración de gases:** Se controló la concentración de etileno y CO<sub>2</sub> del aire que circula al interior de las cámaras de desverdizado y en la zona libre entre bins en cada tratamiento. Para esto se utilizó una jeringa Kitagawa, AP-20.

**Humedad relativa:** La humedad relativa de las cámaras de desverdizado y almacenaje fue medida con un psicrómetro Bacharach modelo PGH – PA.

### **Diseño experimental y análisis estadístico**

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio, con 3 tratamientos y 5 repeticiones siendo la unidad experimental una malla con 10 a 12 frutos (2 kg) en el caso de limones. En naranjas la unidad experimental fue una malla con 10 frutos (2 kg).

Las repeticiones para cada tratamiento (mallas) fueron distribuidas al azar en 5 bins de un total de 12 bins por tratamiento.

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante el Análisis de Varianza (ANDEVA), cabe mencionar que se realizaron las transformaciones necesarias para cumplir con los requerimientos de homogeneidad y normalidad que requiere el ANDEVA. Los resultados de color de fondo, deshidratación, jugosidad y abscisión de cáliz se sometieron a análisis de varianza previa normalización mediante la transformación de Bliss (Arcosen ( $\sqrt{\%}$ )).

Al detectarse diferencias significativas, las medias fueron separadas con la prueba de rango múltiple de Tukey con nivel de significancia del 5%.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Caracterización de la fruta previa desverdización

**Limones:** El índice de color inicial que presentaba la fruta, correspondía en su mayor proporción a viraje de color verde/amarillo, presentando entre un 20 y 30% de color de fondo. Los parámetros de madurez de la fruta, se observan en el Cuadro 1.

Debido a la poca fruta disponible para realizar el ensayo, fue necesario someterla a análisis estadístico para asegurar su homogeneidad.

Cuadro 1. Caracterización a la cosecha de limón “Fino 49”.

| Parámetro de Madurez              | T1                   | T2      | T3      |
|-----------------------------------|----------------------|---------|---------|
| Color verde (IC)                  | -13,3 a <sup>z</sup> | -12,5 a | -12,8 a |
| Color verde (H <sub>ab</sub> )    | 206 a                | 208 a   | 205 a   |
| Color amarillo (IC)               | -7,2 a               | -7,2 a  | -7,1 a  |
| Color amarillo (H <sub>ab</sub> ) | 191 a                | 193 a   | 191 a   |
| Color de fondo (%)                | 20 a                 | 30 a    | 30 a    |
| Peso (g)                          | 149 a                | 151 a   | 151 a   |
| Jugosidad (%)                     | 30 a                 | 30 a    | 30 a    |
| SST (%)                           | 6,2 a                | 6,1 a   | 6,2 a   |
| AT (% ác. cítrico)                | 4,8 a                | 4,8 a   | 4,8 a   |
| SST/AT                            | 1,3 a                | 1,3 a   | 1,3 a   |

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

**Naranjas:** El color inicial correspondió a viraje de color verde/naranja, presentando entre un 70 y 80% de color de fondo, el color verde en esta etapa ya había virado a tonalidades más claras. Los parámetros de madurez evaluados se muestran en el Cuadro 2.

Debido a la poca fruta disponible para realizar el ensayo, fue necesario someterla a análisis estadístico para asegurar su homogeneidad.

Cuadro 2. Caracterización a la cosecha de naranjas “Lane Late”.

| <b>Parámetro de Madurez</b>       | <b>T1</b>          | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
|-----------------------------------|--------------------|-----------|-----------|
| Color verde (IC)                  | 1,8 a <sup>z</sup> | 1,9 a     | 1,6 a     |
| Color verde ( H <sub>ab</sub> )   | 84 a               | 87 a      | 86 a      |
| Color naranja (IC)                | 11,4 a             | 11,5 a    | 11,3 a    |
| Color naranja ( H <sub>ab</sub> ) | 79 a               | 76 a      | 80 a      |
| Color de fondo (%)                | 70 a               | 80 a      | 70 a      |
| Peso (g)                          | 215 a              | 210 a     | 214 a     |
| Jugosidad (%)                     | 40 a               | 40 a      | 40 a      |
| SST (%)                           | 10 a               | 10 a      | 10 a      |
| AT (% ác. cítrico)                | 1,3 a              | 1,2 a     | 1,3 a     |
| SST/AT                            | 7,8 a              | 8,3 a     | 7,8 a     |

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

## Evolución del color

### Índice de color (IC)

El índice de color corresponde a una asignación de un valor numérico único al color observado visualmente, éste valor aumenta o disminuye de forma gradual y uniforme, a medida que evoluciona el color medido dentro de un intervalo y para una gama de colores determinado (Cuquerella *et al.*, 2004).

Utilizando el IC se obtiene una muy buena correlación con la apreciación visual, en el intervalo de colores comprendido entre el verde oscuro y el naranja intenso (Cuquerella *et al.*, 2004).

**Limones:** El mayor incremento en el IC, como se muestra en la Figura 4, corresponde a la segunda evaluación realizada a la salida de la cámara de desverdizado, en dicha evaluación el color varió desde verde a plateado.

A partir de los 14 días de almacenaje en los tratamientos 2 y 3 se produce un incremento en los valores de IC, el que se mantiene hasta los 21 días de almacenaje, con valores cercanos a -4, esto indica la evolución del color verde a amarillo pálido.

Con respecto al tratamiento 1, muestra un retraso en la evolución del color verde a amarillo pálido, con respecto a los demás tratamientos, el que se logra a los 21 días de almacenaje con un IC = -4,6. No se observan diferencias significativas en ningún momento de evaluación.

En limones, el color se debe a dos grupos de pigmentos liposolubles verdes y amarillos: las clorofilas y carotenoides. Al madurar el color cambia desde verde oscuro hasta amarillo oscuro (Muñoz, 1970). La evolución del índice de color amarillo se observa en la Figura 5.

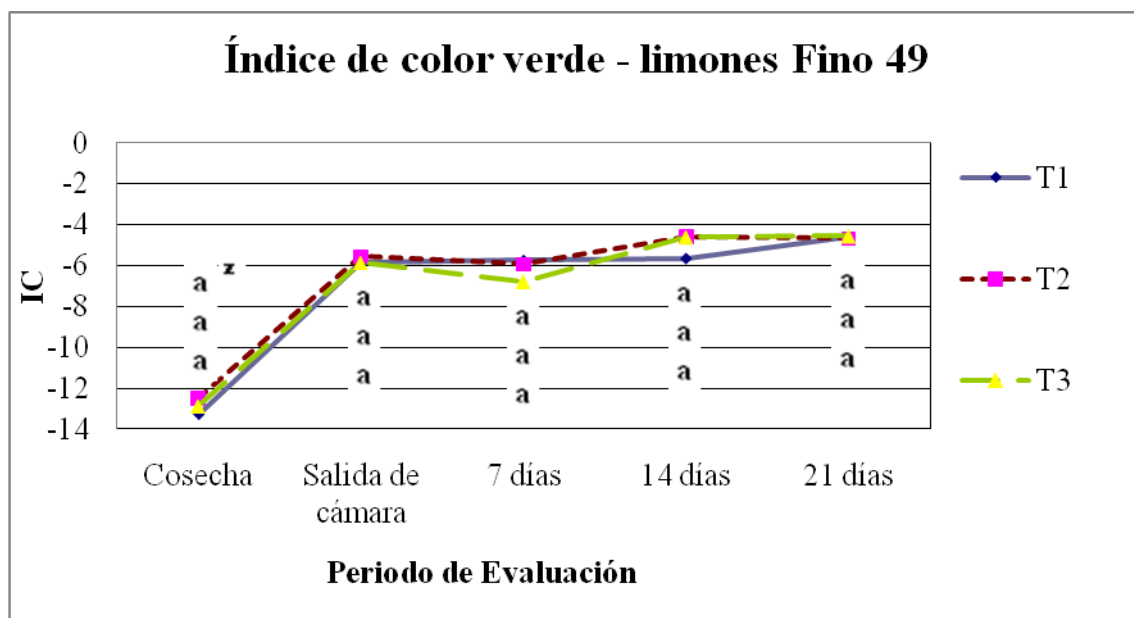


Figura 4. Evolución del color verde en limones var. Fino 49, luego de la salida de la cámara de desverdizado hasta 21 días de almacenaje refrigerado. Donde T1, estiba tradicional; T2, estiba con esponjas; T3, estiba con tubo central ranurado.

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

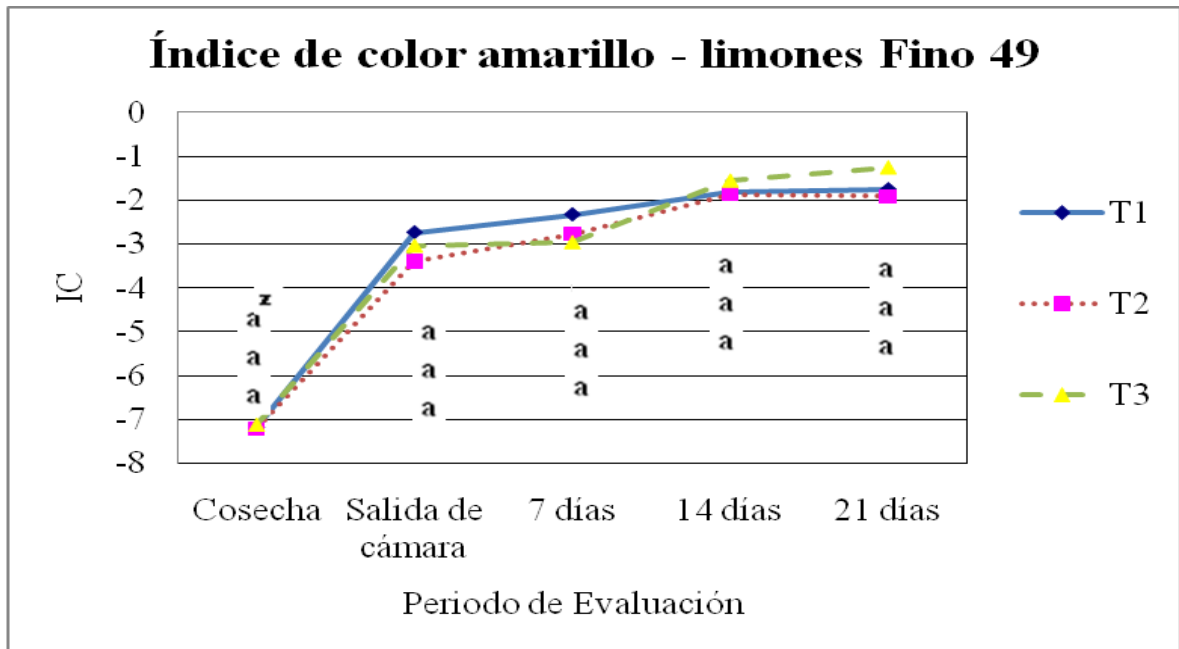


Figura 5. Evolución del color amarillo medido a través del índice de color en limón Fino 49 desde la caracterización de cosecha hasta 21 días de almacenaje refrigerado. Donde T1, estiba tradicional; T2, estiba con esponjas; T3, estiba con tubo central ranurado.

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

Al exponer la fruta a 48 horas de desverdización con etileno se observa un gran incremento del IC medido en el color amarillo a la salida de la cámara, con una variación promedio de -7 a la cosecha y -3 a la salida de cámara.

Lo anterior se debe a que el desverdizado estimula la concentración de pigmentos amarillo -naranja y la degradación de clorofila: durante las primeras horas, el color amarillo es el resultado de la degradación de clorofilas. Después de esta etapa, los pigmentos comienzan a acumularse expresando el color (Plaza *et al.*, 2004b).

No se observan diferencias significativas entre tratamientos durante el periodo de evaluación para el IC medido en el color amarillo.

Para asegurarse cuál es el tiempo óptimo de permanencia de la fruta en la cámara de desverdizado, es conveniente conocer cual es el color al que deben cosecharse los frutos para que alcancen después de este proceso el color típico de la variedad. Esto es necesario dado que al cosechar frutos con un color demasiado verde, no alcanzarán al final del proceso de desverdización, el color típico, lo que va en detrimento de la calidad comercial de los frutos (Sala *et al.*, 1988).

En observaciones previas realizadas por Artés (1999), la evolución del desverdizado del limón Eureka, se tiene que a los 4 días (96 horas) de desverdizado bajo condiciones similares a las del presente estudio, se obtuvo un IC = -2, valor cercano al obtenido en el tratamiento 1 evaluado en el color amarillo a los 7 días de almacenaje y levemente más alto que en los tratamientos restantes. Esto podría explicarse con la duración de los procesos, a mayor tiempo de exposición de la fruta al etileno y de la concentración de éste, con mayor rapidez se producirá el desarrollo y evolución del color en el fruto. Martínez-Jávega *et al.* (2001) señalan que se debería cosechar con un IC mínimo de -10 para obtener con un máximo de 96 horas de tratamiento de desverdizado un color comercialmente aceptable.

**Naranjas:** El IC en el color verde, aumentó notoriamente a la salida de la cámara de desverdizado y luego desde los 14 días de almacenaje, aumentando en el primer caso de 1,9 a 6,1, luego de 48 horas de desverdizado.

Cuadro 3. IC evaluado para el color verde, medido en los distintos tipos de estiba y periodos de almacenamiento refrigerado, en frutos de naranja Lane Late.

| Tratamientos                                 | Índice de Color verde      |        |         |         |       |
|--|----------------------------|--------|---------|---------|-------|
|  | Periodo de Evaluación      |        |         |         |       |
|  | Salida cámara desverdizado |        |         |         |       |
|  | Cosecha                    | 7 días | 14 días | 21 días |       |
| <b>T1 - Estiba Tradicional</b>               | 1,7 a                      | 6,1 a  | 6,7 a   | 6,5 a   | 7,2 a |
| <b>T2 - Estiba con esponja</b>               | 1,9 a                      | 5,2 a  | 6,8 a   | 6,2 a   | 6,9 a |
| <b>T3 - Estiba con tubo central ranurado</b> | 1,6 a                      | 4,2 a  | 6,4 a   | 7,2 a   | 7,8 a |

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

Según Cuquerella *et al.* (2004) para la exportación de naranjas con destino a USA, Japón y la Unión Europea, con un índice de color inicial entre -5 y 3, se requieren entre 48 y 72 horas de desverdización con etileno para llegar a un color apto para la comercialización. El IC inicial (cosecha) utilizado en este estudio se ubicó entre 1,6 y 1,9.

Según la reglamentación española para la exportación de cítricos, el índice de color debe alcanzar un valor mínimo de +6, luego de la desverdización en naranjas y algunas mandarinas (Salvador *et al.*, 2002). Dicho valor se alcanza en los tres tratamientos a los 7 días de almacenaje, no existiendo diferencias significativas entre tratamientos en los momentos evaluados (Cuadro 3).

En observaciones previas realizadas en Clementules por Salvador *et al.* (2002), se observa una tendencia a alcanzar IC mayor cuanto mayor es el IC de cosecha. Los mismos autores señalan que en estudios realizados con diferentes variedades de naranjas, mandarinas y clementinas, con un IC<sub>0</sub> promedio de -19,6, requieren un proceso de desverdizado de 96 horas para alcanzar coloraciones comerciales (IC ≥ 5). Con IC<sub>0</sub> mayores a -9, sólo requieren de 72 horas de tratamiento para llegar a una coloración total de IC ≥ 5. Los

valores mencionados se asemejan con aquellos medidos en el color verde a los 7 días de almacenaje, donde se obtuvo un promedio de  $IC \geq 6,5$ .

Además mencionan que el color sigue evolucionando durante el transporte hasta aproximadamente los 20 días de almacenaje. En este caso se observó que las mayores variaciones en el IC, tanto en limones como en naranjas, se producen hasta los 14 días de almacenaje refrigerado, luego de este periodo dicha variable tiende a la estabilización.

En el color verde en naranjas, la caracterización de cosecha corresponde a viraje de color de verde a anaranjado ( $IC \geq 1,6$ ). La mayor diferencia en el desarrollo de color, se produce desde los 14 días de almacenaje donde el tratamiento 3 logra el mayor valor, este IC se asemeja a un color naranja intenso. No se observan diferencias estadísticas.

Con respecto a los tratamientos 1 y 2, la evolución del color se logró con mayor dificultad a partir de los 14 días de almacenaje, donde se produce una leve disminución en el IC.

En el IC naranja (Figura 6), no se observaron diferencias significativas entre tratamientos en ningún momento de evaluación.

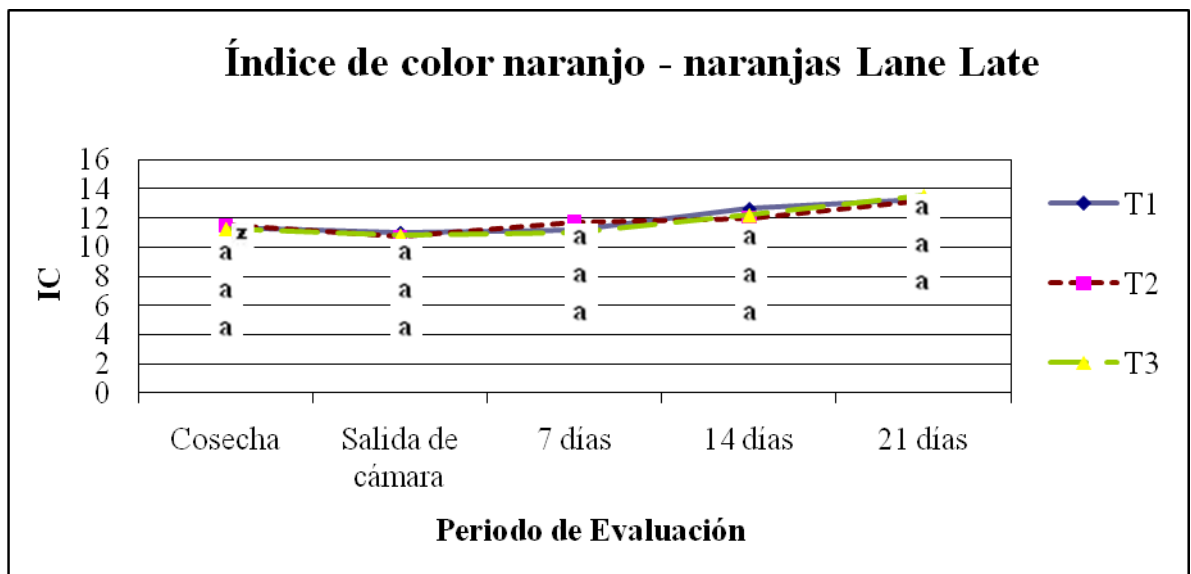


Figura 6. Evolución del IC en el color naranja, medido luego de la desverdización y 21 días de almacenaje refrigerado de naranjas Lane Late. Donde T1, estiba tradicional; T2, estiba con esponjas; T3, estiba con tubo central ranurado.

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.



### Tonalidad ( $H_{ab}$ )

El ángulo  $H_{ab}$  corresponde a otro índice de color comúnmente utilizado en cítricos (Cuquerella *et al.*, 2004). Además se ha mostrado muy adecuado para medir la evolución del color al término del almacenaje y posterior comercialización (Artés, 1999).

**Limones:** En el análisis realizado a la variable  $H_{ab}$ , se determinó que existe un efecto significativo de la estiba durante el desverdizado a los 7 días de almacenaje en el color verde y amarillo.

En la Figura 7, se observó que a los 7 días de almacenaje, el tratamiento 1 presentó un alto valor de  $H_{ab}$ , esto refleja, mayor coloración verde en el flavedo en comparación a los tratamientos restantes para este momento de evaluación. En los tratamientos 2 y 3, el valor de la tonalidad disminuye, lo que indica mayor desarrollo y expresión del color amarillo.

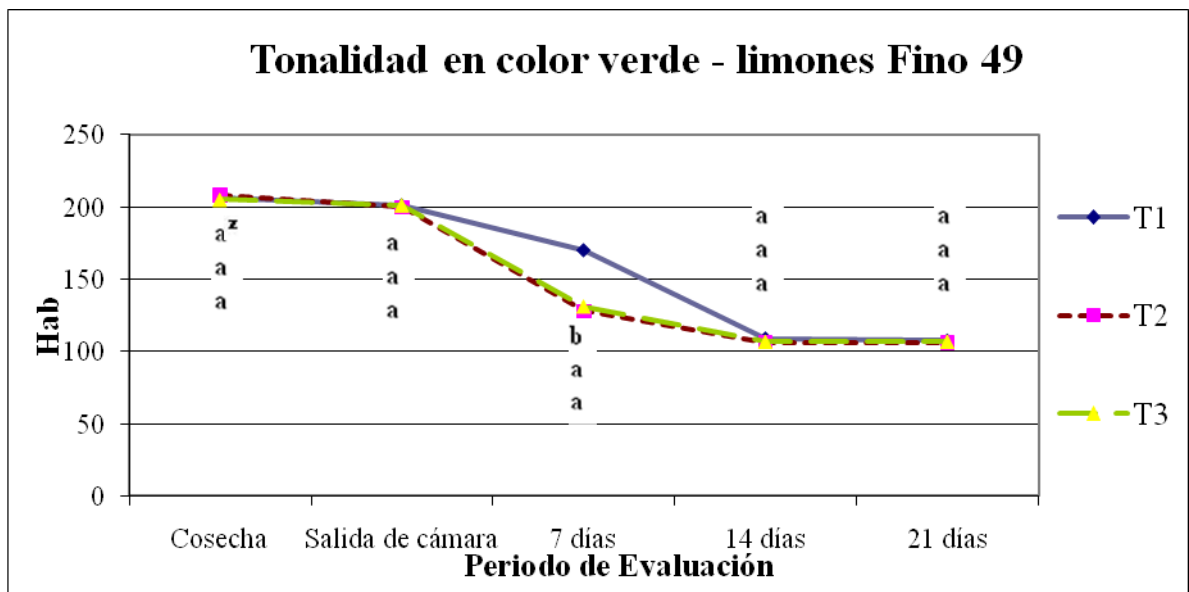


Figura 7. Evolución del ángulo  $H_{ab}$  medido en el color verde de limones Fino 49 en la caracterización de cosecha, durante la desverdización y hasta 21 días de almacenaje refrigerado. Donde T1, estiba tradicional; T2, estiba con esponjas; T3, estiba con tubo central ranurado.

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

En cuanto a la evolución de  $H_{ab}$  en el color amarillo, en el Cuadro 4 podemos observar que hay diferencia significativa a los 7 días de almacenaje. La mayor diferencia se observa entre los tratamientos 1 y 3, en que el tratamiento 1 consigue un color amarillo levemente

más intenso y el tratamiento 3 disminuye levemente el desarrollo de color con respecto a la evaluación realizada a la salida de la cámara de desverdizado.

Cuadro 4. Tonalidad  $H_{ab}$  medido en el color amarillo en limones Fino 49, luego de la desverdización y 21 días de almacenaje.

| <b>Tonalidad amarilla (<math>H_{ab}</math>)</b> |                              |                                   |               |                |                |
|---|------------------------------|-----------------------------------|---------------|----------------|----------------|
| <b>Tratamientos</b>                             | <b>Periodo de Evaluación</b> |                                   |               |                |                |
|   | <b>Cosecha</b>               | <b>Salida cámara desverdizado</b> | <b>7 días</b> | <b>14 días</b> | <b>21 días</b> |
| <b>T1 - Estiba Tradicional</b>                  | 113 a                        | 101 a                             | 97 b          | 97 a           | 97 a           |
| <b>T2 - Estiba con esponja</b>                  | 113 a                        | 103 a                             | 100 a         | 97 a           | 97 a           |
| <b>T3 - Estiba con tubo central ranurado</b>    | 113 a                        | 101 a                             | 104 c         | 96 a           | 95 a           |

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

En análisis anteriores realizados por Artés (1999), quien trabajó con desverdización durante 4 días de limones “Eureka”, la variable  $H_{ab}$  a los 10 días de almacenaje llega a un valor cercano a 90°, en comparación con este estudio, en el que la tonalidad se mantiene entre 95° y 97° hasta los 21 días de almacenaje refrigerado; es posible que esta diferencia se deba a que los limones se enceraron antes del desverdizado. Esto otorgaría a la fruta una barrera física que disminuye el intercambio gaseoso, no favoreciendo el cambio de color (Roca, 2008).

**Naranjas:** El ángulo  $H_{ab}$  medido en el color verde, disminuye constantemente durante el desverdizado y el almacenaje, en la Figura 8, se observa la evolución de este parámetro que refleja desde los 7 días de almacenaje la evolución del color del flavedo desde el quiebre de color verde-naranja a naranja. A partir de los 14 días de almacenaje, la evolución del ángulo  $H_{ab}$  se intensifica hacia el color naranja. No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en los momentos evaluados.

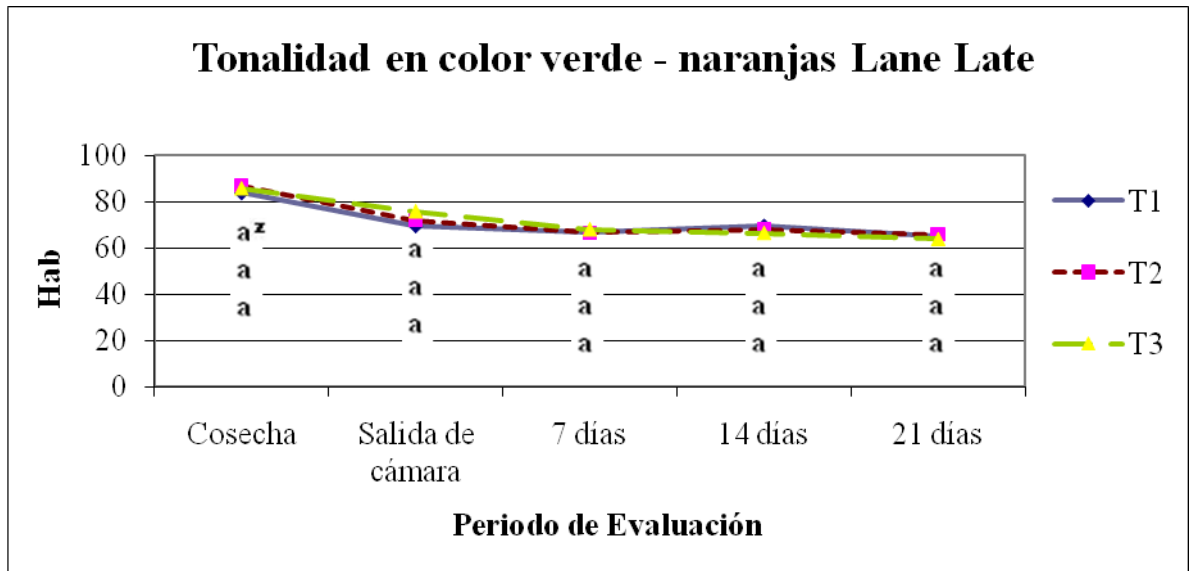


Figura 8. Evolución de la tonalidad  $H_{ab}$ , medida en el color verde de naranjas Lane Late, durante el desverdizado hasta 21 días de almacenaje refrigerado. Donde T1, estiba tradicional; T2, estiba con esponjas; T3, estiba con tubo central ranurado.

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

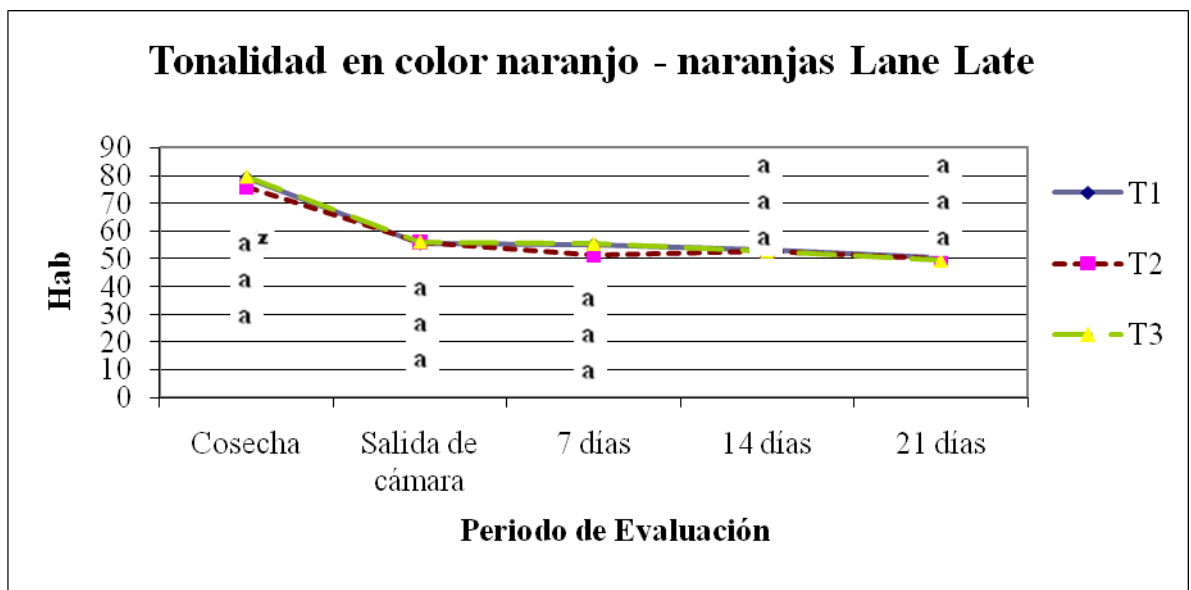


Figura 9. Evolución de la tonalidad  $H_{ab}$  medido en el color naranja de naranjas Lane Late a partir de la cosecha, durante el desverdizado hasta 21 días de almacenaje refrigerado.

Donde T1, estiba tradicional; T2, estiba con esponjas; T3, estiba con tubo central ranurado.

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

En trabajos previos realizados por Artés (1999), se evaluó el parámetro  $H_{ab}$  en naranjas “Newhall” desverdizadas durante 96 horas, se obtuvo un valor cercano a 75, a la salida de la cámara de desverdizado y 55 a los 10 días de almacenaje, valor que se obtiene en este estudio a los 7 días de almacenaje. Lo anterior puede explicarse debido al color inicial presente en las naranjas, el tiempo de exposición de la fruta al etileno, la concentración de éste durante el desverdizado y a que la acción del etileno incide en mayor proporción en la acumulación de carotenoides que en la degradación de clorofilas (Rodrigo y Zacarías, 2006).

El ángulo  $H_{ab}$  medido en el color naranja no presentó diferencias en ningún momento evaluado, los valores obtenidos se comparan con el color naranja. La evolución del parámetro se puede observar en la Figura 9.

### **Incremento de color (DC)**

En la variable incremento de color, intervienen directamente los parámetros L, a y b del sistema Hunter Lab. Corresponde a una diferencia entre los valores L, a y b de un momento dado y un momento inicial.

De acuerdo a lo anterior es importante mencionar que los valores de L aumentaron respecto a los iniciales, lo que indica que el fruto adquiere tonalidades más claras, debido a la disminución del contenido total de pigmentos en la piel del fruto (Jiménez-Cuesta *et al.*, 1981).

Artés (1999) en experiencias previas, indica que los aumentos en dicho parámetro son muy superiores en limón comparado con pomelo y naranja.

**Limones:** En el incremento del color verde, en limones sometidos a distintas formas de estiba durante el desverdizado, la variación más importante corresponde a la evaluación hecha a la salida de la cámara de desverdizado en los tres tratamientos. A los 21 días de almacenaje se observaron diferencias significativas en el incremento de color, presentando una leve disminución de esta variable en el tratamiento 3 con tubo central ranurado, a pesar que el análisis estadístico muestra diferencias, estas son mínimas para reflejar una diferencia perceptible en el incremento del color (Figura 10).

El mejor desarrollo del color se alcanza a bajas temperaturas y concentraciones de etileno, situando la temperatura óptima del desverdizado entre 15 y 25° C, ya que a temperaturas bajas el etileno tiene mayor solubilidad, produciendo mayor sensibilidad en los sistemas químicos de respiración y cambios de color en la fruta (Weathon y Stewart, 1973).

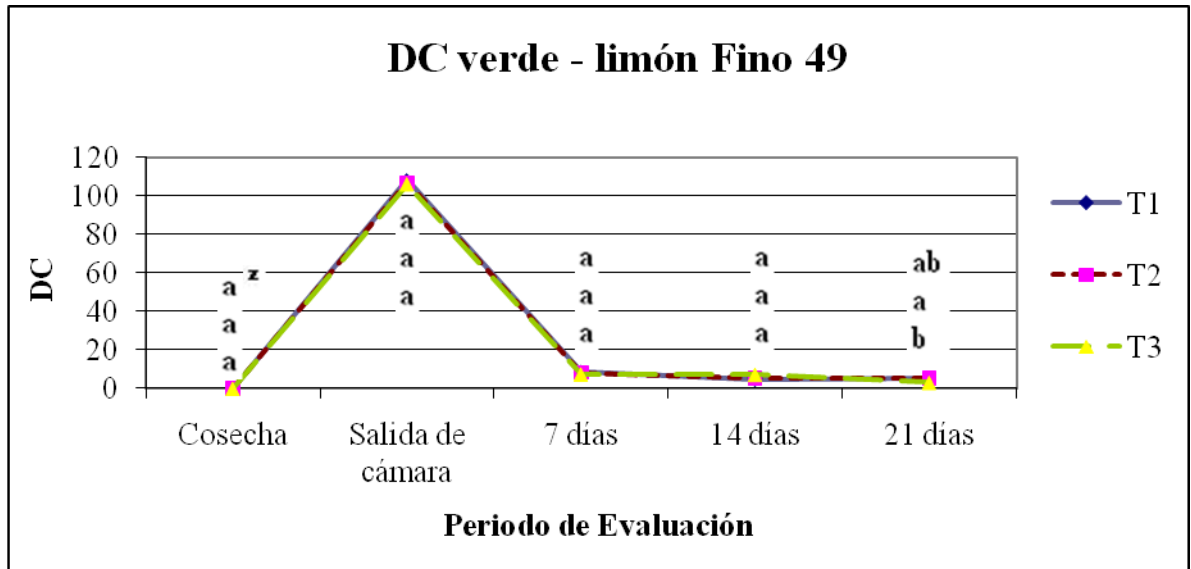


Figura 10. Incremento del color verde luego de la desverdización y 21 días de almacenaje, limón Fino 49. Donde T1, estiba tradicional; T2, estiba con Esponjas; T3, estiba con tubo central ranurado.

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

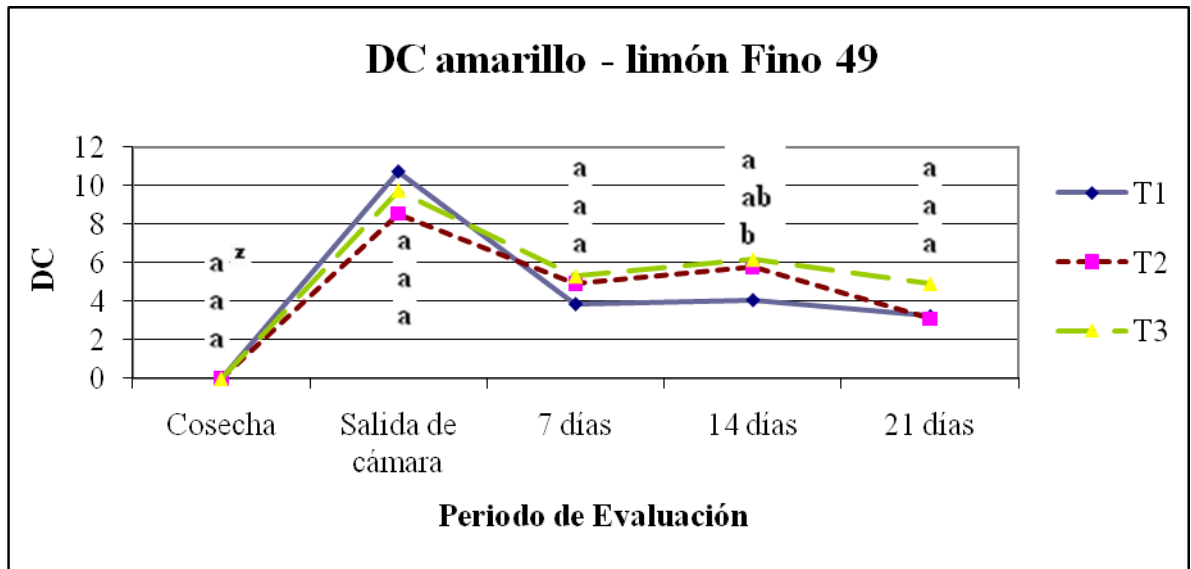


Figura 11. Incremento del color amarillo en limones Fino 49, luego de la desverdización y 21 días de almacenaje. Donde T1, estiba tradicional; T2, estiba con esponjas; T3, estiba con tubo central ranurado.

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

En cuanto al incremento en el color amarillo, existe diferencia entre tratamientos a los 14 días de almacenaje, el tratamiento 3 presenta un mayor incremento de este valor para este momento de evaluación hasta los 21 días de almacenaje (Figura 11). Lo anterior está dado por la disminución del contenido total de pigmentos en este color, debido al desarrollo del color amarillo, esto se traduce en la expresión del color amarillo con mayor nitidez respecto de los tratamientos 1 y 2.

Plaza *et al.* (2004a), señalan que en España los tratamientos de desverdizado son a temperatura entre 20 y 25° C, con el objetivo de promover la síntesis de carotenoides así como también la degradación de clorofila.

Las mediciones de temperatura en el ambiente de la cámara de desverdizado, se situaron entre 21 y 22° C en limones y entre 22 y 24° C en naranjas, durante las 48 horas que duró el procedimiento (Apéndice III). En cuanto a la medición de temperatura realizada al interior de cada bin, las diferencias encontradas entre tratamientos fueron de 0,5 a 0,8° C, lo que si bien demuestra una diferencia, no se observaron diferencias significativas en la evaluación de la temperatura.

En el tratamiento de desverdizado es fundamental la correcta circulación de gases, influyendo en esto la velocidad del viento dentro de la cámara y un caudal de flujo continuo de 1 volumen cámara/hora, para que la concentración de CO<sub>2</sub> no exceda de 0,2% (Martínez-Jávega *et al.*, 2001). Los valores de velocidad del aire presentes en la cámara de desverdizado, tanto de limones como naranjas, así como la concentración de CO<sub>2</sub>, no presentaron diferencias significativas durante el proceso, esto puede observarse en el Apéndice III.

El flujo de aire es necesario para distribuir el etileno entre la carga y para remover o uniformizar el calor que se adiciona durante el ciclo donde sea requerido (Thompson, 1998). El mismo autor señala que los envases deben estibarse con espacios entre ellos (“estibando con aire”) para que garanticen un buen flujo de aire en el ambiente de la cámara.

La circulación de aire es necesaria para garantizar uniformidad de las condiciones de la cámara a todos los frutos y para remover los productos no deseados como el CO<sub>2</sub>. El aire debe ser generado en un flujo que permita la dirección uniforme del mismo en todas las partes del recinto (Flores, 1998).

Para ello se requiere un diseño eficiente en ventiladores que permita un movimiento de aire entre 0,2 y 0,3 m/s (Zoffoli y Ortúzar, 1999). La velocidad del aire, medida en la cámara de desverdizado, se ubicó entre los 0,1 y 0,2 m/s (Apéndice III).

La no significancia en esta variable podría deberse al escaso llenado de las cámaras de desverdizado, tanto de limones como de naranjas. Esto se relaciona con el bajo volumen de

fruta disponible para realizar el ensayo producto de las bajas temperaturas invernales del año en que se realizó el estudio. Esto produjo que gran parte de la fruta a analizar tuviera un color característico de la variedad al momento de la cosecha, no necesitando del desverdizado para ser embalada. Por otro lado las bajas temperaturas afectaron la producción global ya que se presentaron daños de helada que afectaron el volumen estimado a principios de temporada.

Como se mencionó anteriormente, la concentración de CO<sub>2</sub> en el ambiente de la cámara de desverdizado, no debe superar el 0,2%, ya que en concentraciones más altas compite con el sitio activo del etileno en la piel del fruto ralentizando su efecto sobre el color. Los valores obtenidos en la medición de la concentración de CO<sub>2</sub> pueden observarse en el Apéndice III.

**Naranjas:** Como se muestra en las Figuras 12 y 13, existe una disminución constante del parámetro en ambos colores desde la segunda evaluación, hecha a la salida de la cámara de desverdizado hasta los 14 días de almacenaje, momento en que se estabiliza dicha disminución hasta los 21 días de almacenaje. No se producen diferencias significativas entre tratamientos para esta variable en los momentos evaluados.

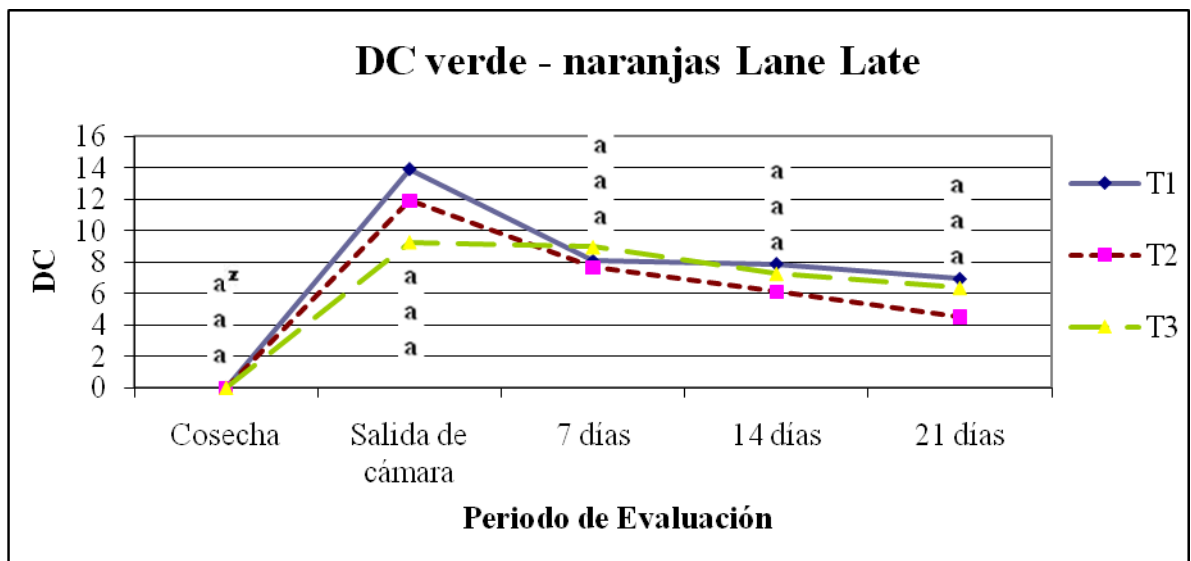


Figura 12. Incremento del color verde en naranjas “Lane Late” luego de la desverdización y 21 días de almacenaje. Donde T1, estiba tradicional; T2, estiba con esponjas; T3, estiba con tubo central ranurado.

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

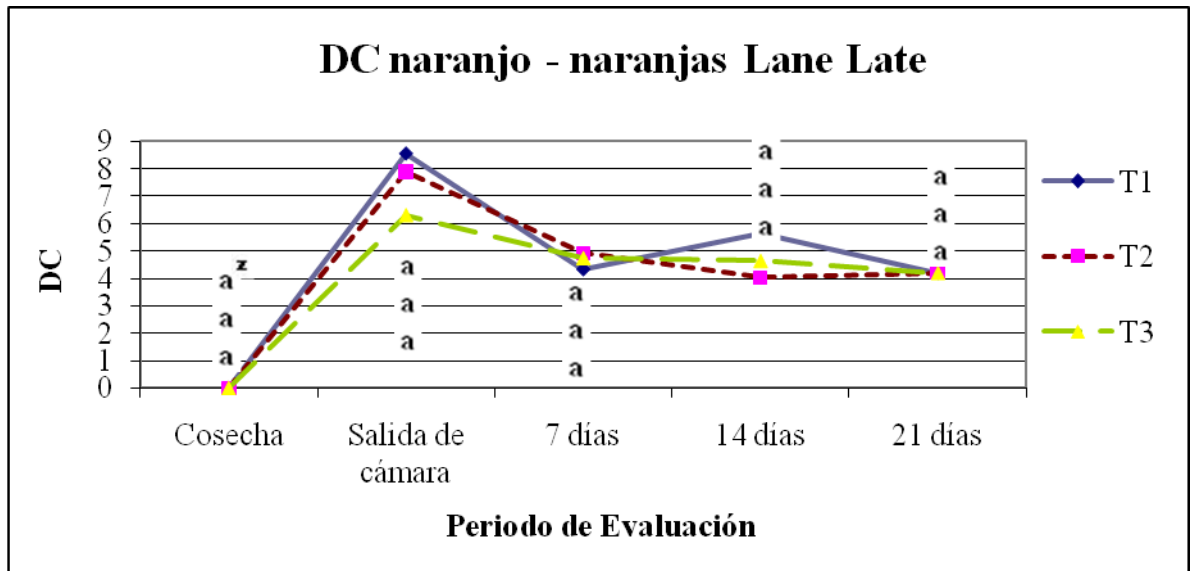


Figura 13. Incremento del color naranjo en naranjas “Lane Late” luego del desverdizado y 21 días de almacenaje. Donde T1, estiba tradicional; T2, estiba con esponjas; T3, estiba con tubo central ranurado.

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

### Color de fondo

**Limones:** El color de fondo aumenta desde la segunda evaluación, es decir, desde la salida de la cámara de desverdizado logrando un 50% de cobertura. A partir de los 14 días de almacenaje el color de fondo sigue avanzando hasta llegar a un orden cercano a 80% a los 21 días de almacenaje en todos los tratamientos. No se observan diferencias significativas para esta variable en ningún momento de evaluación.

Según Berger (1994), el color de fondo está más bien relacionado con la evolución de la madurez del producto.

En la Figura 14, podemos observar la evolución del color de fondo desde la cosecha hasta 21 días de almacenaje refrigerado. En la última evaluación realizada (21 días), se logra un valor máximo cercano al 80% de color de cubrimiento, lo que podría estar influenciado por la aplicación de cera en limones como tratamiento previo al desverdizado. Agustí (2003), señala que la aplicación de ceras no debe realizarse antes de la desverdización, ya que dificultaría el intercambio gaseoso, y no se lograrían buenos resultados en cuanto al color obtenido y su uniformidad.



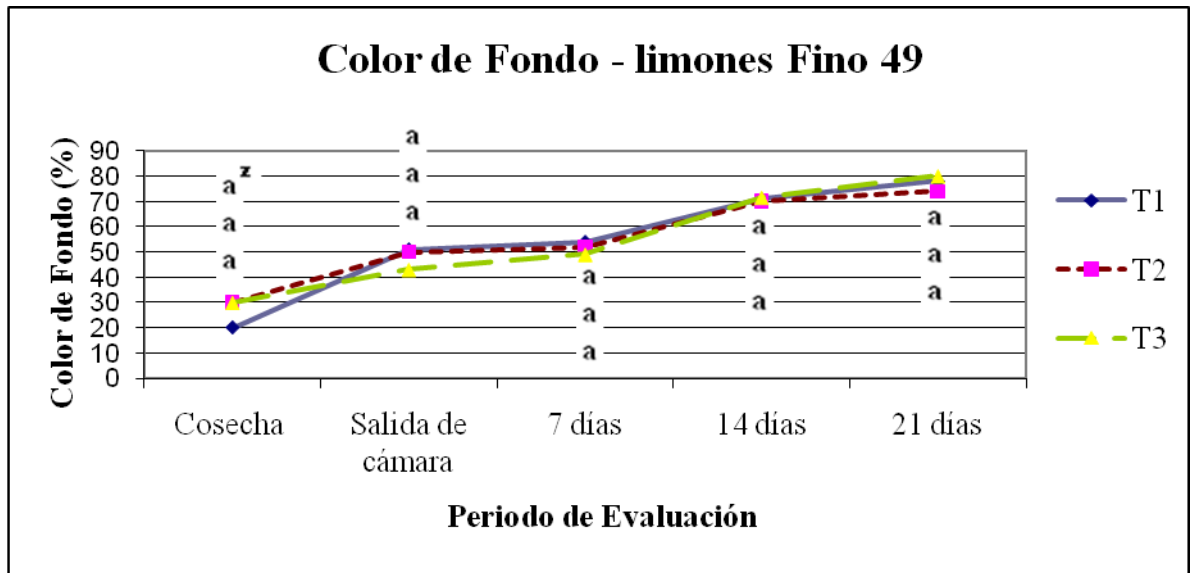


Figura 14. Evolución del color de fondo en limón “Fino 49”, según los distintos tipos de estiba. Donde T1, estiba tradicional; T2, estiba con esponjas; T3, estiba con tubo central ranurado.

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

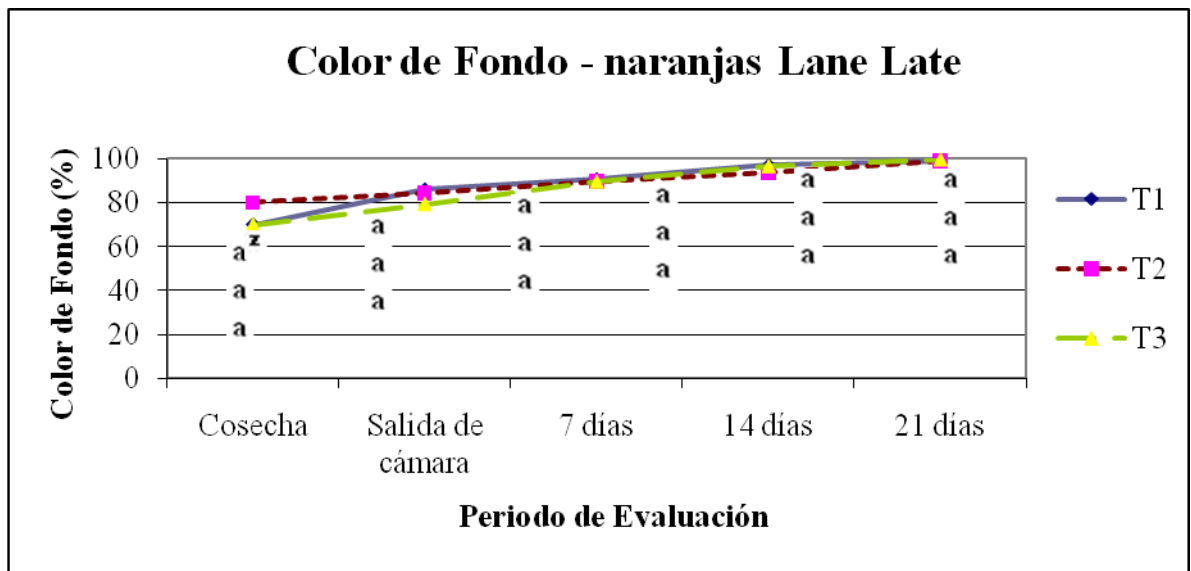


Figura 15. Evolución del color de fondo en naranjas Lane Late, desde la cosecha, desverdizado hasta 21 días de almacenaje refrigerado, donde T1, estiba Tradicional; T2, estiba con Esponjas; T3, estiba con tubo central ranurado.

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

**Naranjas:** El color de fondo en naranjas aumenta a partir de la segunda evaluación a la salida de la cámara de desverdizado, hasta los 21 días de almacenaje, momento en que se logra prácticamente el 100% de avance del color de fondo en todos los tratamientos (Figura 15). No existen diferencias significativas en los momentos evaluados.

### **Deshidratación**

Tanto en limones como en naranjas, no existen diferencias significativas en la deshidratación para cada momento evaluado, se puede observar un marcado aumento de ésta a los 21 días de almacenaje. En observaciones realizadas por Larrigaudiere y Pons (2001) en desverdización de clementina de Nules, indican que el mayor aumento de deshidratación se produce a los 60 días y puede llegar a un 5 %.

En este ensayo la deshidratación de limones pasó de ser de un 2 % a los 14 días a un 10 % a los 21 días de almacenaje para la estiba con esponjas entre espacios libres; para las mediciones efectuadas para la estiba con tubo central ranurado (T3), la deshidratación pasó de ser un 3 % a los 14 días, a un 12 % a los 21 días de almacenaje refrigerado. Esta mayor deshidratación puede ser explicada por las diferencias en temperatura y humedad registradas en la cámara frigorífica que se observaron a los 21 días de almacenaje (Apéndice V).

La humedad relativa del aire de la cámara afecta directamente la calidad y conservación de la fruta. Si es muy baja provoca deshidratación (Flores, 1998).

En naranjas, al igual que en limones, se observa un marcado aumento en la deshidratación para las mediciones efectuadas en el día 21, para todos los tratamientos. En la estiba utilizando esponjas entre espacios libres (T2), la deshidratación pasó de ser un 1,4 % a los 14 días manteniéndose esta alza a un 12 % a los 21 días de almacenaje. En la estiba tradicional (T1), la deshidratación pasó de ser un 1,6 % a los 14 días, a un 10 % al día 21. De la misma manera que en limones, las condiciones de la cámara de almacenaje pueden haber incidido en el aumento (Apéndice VI).

La pérdida de un 5 % de peso en un producto, da como consecuencia una apariencia poco atractiva disminuyendo su valor en el mercado. Otro factor que podría incidir en la pérdida de agua por deshidratación es que no fueron enceradas ni antes ni después del desverdizado. Cáceres *et al.*, (2003) en estudios realizados en mandarina “Clemenules”, indican que la mayor pérdida de peso al final de la comercialización se observa en frutos sin encerar, indicando que el encerado tiene un efecto directo sobre la reducción de pérdidas por deshidratación.

En los Cuadros 5 y 6 se presentan los valores de la deshidratación a lo largo del almacenaje de limones y naranjas respectivamente.

Cuadro 5. Deshidratación de limón Fino 49 luego del desverdizado hasta 21 días de almacenaje refrigerado.

| <b>Deshidratación limones Fino 49</b>        |                              |         |         |         |
|--|------------------------------|---------|---------|---------|
| <b>Tratamientos</b>                          | <b>Periodo de Evaluación</b> |         |         |         |
|  | Salida cámara desverdizado   | 7 días  | 14 días | 21 días |
| <b>T1 - Estiba Tradicional</b>               | 0,005 a                      | 0,008 a | 0,02 a  | 0,12 a  |
| <b>T2 - Estiba con esponja</b>               | 0,006 a                      | 0,008 a | 0,02 a  | 0,1 a   |
| <b>T3 - Estiba con tubo central ranurado</b> | 0,005 a                      | 0,007 a | 0,03 a  | 0,12 a  |

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

Ben-Yehoshua (1985 citado por Larrigaudiere y Pons 2001), indican que en el almacenaje de frutos cítricos, uno de los factores más importantes en la pérdida de calidad, es la transpiración del agua contenida en los tejidos del fruto. Como consecuencia de la deshidratación, disminuye la firmeza del fruto y favorece los procesos de senescencia.

La humedad relativa interna de prácticamente todos los frutos y hortalizas es de alrededor de 99%, mientras que la humedad relativa de la atmósfera circundante externa es siempre menor. Por lo tanto, el producto libera vapor de agua de sus tejidos para la atmósfera externa en forma de transpiración. Mientras mayor sea la diferencia entre la presión de vapor interna y externa, mayor será la pérdida de agua del producto (Flores, 1998).

Cuadro 6. Deshidratación de naranjas Lane Late luego del desverdizado hasta 21 días de almacenaje.

| <b>Deshidratación naranjas Lane Late</b>     |                              |         |         |         |
|--|------------------------------|---------|---------|---------|
| <b>Tratamientos</b>                          | <b>Periodo de Evaluación</b> |         |         |         |
|  | Salida cámara desverdizado   | 7 días  | 14 días | 21 días |
| <b>T1 - Estiba Tradicional</b>               | 0,007 a                      | 0,008 a | 0,016 a | 0,1 a   |
| <b>T2 - Estiba con esponja</b>               | 0,006 a                      | 0,007 a | 0,014 a | 0,09 a  |
| <b>T3 - Estiba con tubo central ranurado</b> | 0,007 a                      | 0,008 a | 0,016 a | 0,09 a  |

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

### **Sólidos Solubles y Relación sólidos solubles/Acidez**

En ningún parámetro de calidad se observaron diferencias significativas en los frutos tratados con etileno bajo distintas disposiciones de estiba. Artés (1999), señala que las características químicas como el índice de madurez no experimentan en los cítricos una variación significativa con la evolución del color (Apéndice I y II).

Según lo indican Arpaia y Kader (2000), el tratamiento de desverdizado no influye en la calidad interna de la fruta, esto incluye sólidos solubles y acidez.

Observaciones hechas en naranjas y mandarinas indican que bajo las condiciones de la zona Central de Chile, los sólidos solubles casi no cambian durante el almacenaje (Ortúzar *et al.*, 1999).

En limones el porcentaje mínimo de sólidos solubles es de 7,5 y de relación sólidos solubles/acidez de 1:1.5 (Lizana, 1996), lo que coincide con el rango entre 1,3 y 1,4 obtenido en este estudio, (Apéndice II).

Según Arpaia (1999), una razón óptima de SS/AT en naranjas corresponde a 8 para naranjas que presenten un 25% de color de fondo amarillo-naranja.

Los resultados obtenidos de SS/AT en naranjas Lane Late desde los 7 días de embalaje se encuentran dentro del rango obtenido por Arpaia (1999), observando a los 21 días de almacenaje una relación de 8,4.

### **Acidez**

En el proceso de desverdización sólo se originan cambios importantes en el color y no en la condición interna de calidad de la fruta. Según lo indica Ortúzar *et al.* (1999), en limones, la acidez no presenta cambios consistentes durante la maduración.

Según las normas de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD), establece para naranjas una acidez mínima de 1,1 a 1,3% según el nivel de sólidos solubles (Zoffoli y Ortúzar, 1999). Según los resultados obtenidos, el nivel de acidez es muy similar, los que se ubican en el rango 1,3 y 1,2 desde cosecha hasta 21 días de almacenaje, respectivamente.

En mandarinas y naranjas, este parámetro puede disminuir desde un 2% hasta un 0,5% durante el período de maduración. Aunque es variable la magnitud, durante la poscosecha la acidez disminuye entre 0,1 y 0,3 puntos porcentuales por mes de almacenaje (Ortúzar *et al.*, 1999). Situación similar se observó en este estudio, donde se obtuvo una disminución entre 0,1 y 0,2 puntos porcentuales durante 30 días de almacenaje (Apéndice II).

## **Jugosidad**

Una característica muy importante en limones es su jugosidad, mientras más alta es, mejor será su calidad y más perfecta su madurez. En limones el porcentaje mínimo de jugo puede variar entre 20 y 30% de jugo en base peso seco/volumen (Lizana, 1996).

Según las normas de la OECD, para el limón indican un contenido de jugo mínimo de 20% en peso (Zoffoli y Ortúzar, 1999).

A partir de la cosecha, se obtuvo en limones un 30% de jugosidad medida en base a peso seco/volumen, valor que no varió durante el desverdizado ni tampoco durante el almacenaje (Apéndice I).

## **Abscisión del cáliz**

Este parámetro fue observado solamente en naranjas, varía desde de los 7 a los 21 días de almacenaje de 2 a 8% de caída respectivamente, medido sobre el total de frutos en cada tratamiento. No se observaron diferencias significativas.

En poscosecha se puede producir la abscisión del cáliz, especialmente cuando la fruta se desverdiza con etileno o se guarda a mayor temperatura que la adecuada, lo que va en desmedro de su calidad. Este problema se produce en las variedades de naranja de ombligo, a fines de temporada producto del desarrollo natural de la abscisión y puede ser grave en algunas mandarinas como Fortune, Ellendale y Nova (Ortúzar *et al.*, 1999).

Jiménez-Cuesta *et al.* (1983, citado por Martínez-Jávega, 2007), indican que los tratamientos con etileno en naranjas y clementinas producen caída de cálices en porcentajes que pueden ser importantes cuando superan las 72 horas de tratamiento.

## **Pudrición**

En limones se observó en el tratamiento 1, a los 21 días de almacenaje un fruto afectado por *Penicillium digitatum* (Moho verde).

El uso de etileno para desverdizar cítricos puede acelerar la senescencia de la fruta e incrementar su sensibilidad a los patógenos causantes de pudriciones (Kader, 1998).

Adicionalmente, el etileno puede incrementar el desarrollo de las pudriciones de algunas frutas debido a que acelera su senescencia y ablandamiento e inhibe la formación de compuestos anti fúngicos en los tejidos hospederos (frutas). En algunos casos, también puede estimular el crecimiento de hongos, tales como *Botrytis cinerea* en frutillas y *Penicillium italicum* en naranjas (Kader, 1998).

Barmore y Weathon (1976), indican que para reducir los problemas provocados por ataques fúngicos es necesario aplicar productos fungicidas previo a la desverdización.

## CONCLUSIONES

En base a los datos obtenidos, se puede concluir que:

- En el color verde de limones, la estiba tradicional no promueve una mejor degradación del color y tampoco mejora su uniformidad.
- En el color amarillo de limones la estiba tradicional logra un mejor desarrollo del color.
- La forma de estibar, durante el desverdizado de naranjas, no promueve un mejor desarrollo y uniformidad del color anaranjado.
- La forma de estibar durante el desverdizado, no promueve una mayor deshidratación al final de este.
- En los parámetros de calidad como sólidos solubles, acidez, jugosidad y abscisión de cáliz la forma de estibar no incide en cambios durante la desverdización y almacenamiento refrigerado.

## BIBLIOGRAFIA

- Agustí, M. 2003. Citricultura. 422 p. 2ª. Ed. Editorial Mundi-prensa, Madrid, España.
- Arpaia, M. 1998. El Desverdizado de Frutas Cítricas. *In: Maduración de frutos, procedimientos y recomendaciones. Series de Horticultura y Postcosecha n° 9. Davis California. 100 p.*
- Arpaia, M. 1999. Manejo de huertos y postcosecha. pp 97-99. *In: Seminario internacional avances en citricultura. Santiago, Chile. Departamento de Fruticultura y Enología, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.*
- Arpaia, M., y A. Kader. 2000. Recomendaciones para preservar la calidad postcosecha de cítricos. *Levante Agrícola 352: 239- 243.*
- Artés, F. 1999. Evolución de la calidad del limón, pomelo y naranja durante la desverdización. *Revista Iberoamericana Tecnología Postcosecha 2(1): 71-79.*
- Barmore C. R. y T. A. Wheaton. 1976. Ethylene degreening of “Bears” lemons. *HortScience 11: 588-590.*
- Berger, H. 1975. Índices y estándares de madurez y su importancia en post-cosecha de fruta. pp. 59-64. *Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 9. In: Primer simposio sobre manejo, calidad, cosecha y postcosecha de frutas y hortalizas. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 114 p.*
- Berger, H. 1994. Maduración e índices de madurez. pp 17- 26. *In: Primer Simposio Internacional Citrícola. Sociedad Agronómica de Chile. Santiago, Chile. 115 p.*
- Berger, H. 1998. Calidad, normalización e inspección. Manejo postcosecha de frutas y verduras en Ibero América. CYTED-RITEP. Hermosillo, Sonora, México, 138 p.
- Cáceres, I., J. M. Martínez-Jávega, J. Cuquerella, M. A. Del Río, y P. Navarro, 2003. Influencia del encerado en la calidad de la mandarina “Clemenules” procedentes de sistemas de producción integrada. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 5(2): 113-116.*
- Claypool, L. L. 1975. Factores que influncian la calidad. pp 1-5. *Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 9. In: Primer simposio sobre manejo, calidad, cosecha y postcosecha de frutas y hortalizas. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 114 p.*
- Carvalho, C., A. Monteverde, J. Martínez-Jávega, A. Salvador. 2006. Efecto del tratamiento de desverdización en la calidad de mandarinas “Oronules” con vistas a la exportación a Japón. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 7(2): 104-108.*



- Cuquerella, J., P. Navarro y A. Salvador. 1999. Respuesta a la desverdización de nuevas variedades de cítricos. *Levante Agrícola* 348: 263- 271.
- Cuquerella, J., J. Martínez-Jávega, A. Monteverde, P. Navarro y A. Salvador. 2004. Nuevo sistema de medida de color para cítricos. *Levante Agrícola* 372: 298-304.
- Flores, F. 1998. Almacenamiento refrigerado de frutas y hortalizas. *Revista: Manejo Postcosecha de Frutas y Verduras en Ibero América. CYTED - RITEP.* Hermosillo, Sonora, México, 138 p.
- Gnanasekharan V., R. L. Shewfelt, M. S. Chinnan. 1992. Detection of color changes in green vegetables. *Journal of Food Science* 57(1): 149-154.
- Jiménez-Cuesta, M., J. Cuquerella, J. Martínez-Jávega. 1981. Determination of a color index for citrus fruits degreening. pp 750-753. *In: Proc. Int. Soc.Citriculture.* Tokio, Japan. November 9-12, 1981. Tokio, Japan.
- Kader, A. 1998. El etileno puede acelerar el deterioro de los productos hortícolas. pp 34. *In: Maduración de frutos, procedimientos y recomendaciones. Series de Horticultura y Postcosecha n° 9.* Davis, U.S.A. 100 p.
- Larrigaudiere, C. y J. Pons. 2001. Influencia del sistema de desverdización, natural (en el árbol) o artificial (con etileno), sobre las capacidades de frigoconservación de la clementina de nules. *Levante Agrícola* 358: 444-448.
- Lizana, L.A. 1996. Manejo calidad y fisiología postcosecha de frutas (Apuntes de fisiología postcosecha). Universidad de Chile. Santiago, Chile. 108p.
- Martínez-Jávega, J., J. Cuquerella, M. del Río y P. Navarro. 2001. Aplicación de la tecnología postcosecha en la exportación de mandarinas con restricciones cuarentenarias. *Levante Agrícola* 355: 107-112.
- Martínez-Jávega, J. M., A. Salvador y P. Navarro. 2007. Adecuación del tratamiento de desverdización para minimizar alteraciones fisiológicas durante la comercialización de mandarinas. *In: Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones.* Centro de Tecnología Postcosecha. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Apartado Oficial 46113. Moncada (Valencia), España.
- Muñoz, M. 1970. Efecto del clima sobre la calidad de los limones. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile. Santiago. 66 p.
- Ortúzar, J., P. Carmona y J. Mártiz. 1999. Maduración de cítricos. Cambios de calidad y desórdenes asociados. *Agronomía y Forestal U.C.* 2: 27- 31.
- Plaza, P., J. Usall y M. Salazar. 2004a. Optimización de la calidad de los cítricos en postcosecha y su viabilidad económica. *Levante Agrícola* 372: 357-366.

- Plaza P., A. Sanbruno, J. Usall, N. Lamarca, R. Torres, J. Pons, I Viñas. 2004b. Integration of curing treatments with degreening to control the main postharvest diseases of clementine mandarins. *Postharvet Biology and Technology* 34: 29-37.
- Razeto, B. 2005. *El limonero*. Editorial Razeto. Santiago, Chile. 235 p.
- Reid, M. 1992. Maturation and Maturity Indices. pp 21-24. *In*: Kader, A. *Postharvest Technology of Horticultural crops*. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California. Oakland, USA. 296 p.
- Rodrigo, M. J., L. Zacarías. 2006. Effect of postharvest ethylene treatment on carotenoid accumulation and the expression of carotenoid biosynthetic genes in the flavedo of orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) fruit. Instituto de Agroquímica y Tecnología de alimentos. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Valencia, España. 17p.
- Roca, D. 2008. Efecto de dos coberturas céreas sobre el deverdeamiento y calidad de almacenamiento refrigerado de mandarina cv. Clemenules. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica de Valparaíso. 76 p.
- Salvador, A., A. Monteverde, J. Cuquerella, P. Navarro y D. Vázquez. 2002. Desverdización de frutos cítricos con destino a países de ultramar. *Levante Agrícola* 361: 238- 244.
- Sala, J. M., D. Mallent, F. Pérez - Zuñiga, P. Cuñat. 1988. La evolución del color de naranjas y mandarinas en el proceso de desverdización con etileno. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 28(4): 558-566.
- Thompson, J. F. 1998. Instalaciones para la maduración. *In*: Maduración de frutos, procedimientos y recomendaciones. Series de Horticultura y Postcosecha n° 9. University of California. Davis, U.S.A. 100 p.
- Weathon, T. A. y I. Stewart. 1973. Optimum temperature and ethylene concentrations for postharvest development of carotenoid pigments in citrus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98: 337-340.
- Zaragoza, S. 1997. Manejo, producción de mandarinas y clementinas sin semillas en España. La postcosecha de mandarinas y clementinas (madurez y almacenaje). pp 1-19. *In*: Seminario internacional de cítricos. Fundación Chile. Fedefruta.
- Zoffoli, J. y J. Ortúzar. 1999. Consideraciones para la desverdización de frutos cítricos. *Aconex* 62: 24- 27.

## APÉNDICE I

Evaluación de parámetros de calidad limones Fino 49 utilizando tres formas de estiba durante el desverdizado: T1 - estiba tradicional, T2 - estiba con esponjas entre bins, T3 – estiba con tubo central ranurado. Evaluaciones realizadas desde cosecha hasta 21 días de almacenaje refrigerado.

| <b>Parámetros de calidad</b> | <b>Días de almacenamiento</b> | <b>T1</b>          | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
|------------------------------|-------------------------------|--------------------|-----------|-----------|
| <b>Sólidos solubles</b>      | 0                             | 6,2 a <sup>z</sup> | 6,1 a     | 6,2 a     |
|                              | 7                             | 6,8 a              | 6,8 a     | 6,6 a     |
|                              | 14                            | 6,8 a              | 7 a       | 7 a       |
|                              | 21                            | 7 a                | 6,8 a     | 7 a       |
| <b>Acidez</b>                | 0                             | 4,8 a              | 4,8 a     | 4,8 a     |
|                              | 7                             | 4,7 a              | 4,8 a     | 4,6 a     |
|                              | 14                            | 4,5 a              | 4,9 a     | 5,1 a     |
|                              | 21                            | 4,9 a              | 4,9 a     | 4,9 a     |
| <b>Relación SS/AT</b>        | 0                             | 1,3 a              | 1,3 a     | 1,3 a     |
|                              | 7                             | 1,3 a              | 1,4 a     | 1,3 a     |
|                              | 14                            | 1,5 a              | 1,4 a     | 1,3 a     |
|                              | 21                            | 1,4 a              | 1,4 a     | 1,4 a     |
| <b>Jugosidad</b>             | 0                             | 0,3 a              | 0,3 a     | 0,3 a     |
|                              | 7                             | 0,4 a              | 0,3 a     | 0,3 a     |
|                              | 14                            | 0,3 a              | 0,2 a     | 0,3 a     |
|                              | 21                            | 0,3 a              | 0,3 a     | 0,3 a     |

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

## APÉNDICE II

Evaluación de parámetros de calidad de naranjas Lane Late, utilizando tres formas de estiba durante el desverdizado: T1 - estiba tradicional, T2 - estiba con esponjas entre bins, T3 - estiba con tubo central ranurado. Evaluaciones realizadas desde cosecha hasta 21 días de almacenaje refrigerado.

| <b>Parámetros de calidad</b> | <b>Días de almacenamiento</b> | <b>T1</b>          | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
|------------------------------|-------------------------------|--------------------|-----------|-----------|
| <b>Sólidos solubles</b>      | 0                             | 9,2 a <sup>z</sup> | 9,4 a     | 9,2 a     |
|                              | 7                             | 9,6 a              | 9,8 a     | 9,6 a     |
|                              | 14                            | 9,8 a              | 9,8 a     | 9,8 a     |
|                              | 21                            | 10,2 a             | 10 a      | 10 a      |
|                              | 0                             | 1,3 a              | 1,3 a     | 1,3 a     |
| <b>Acidez</b>                | 7                             | 1,2 a              | 1,3 a     | 1,1 a     |
|                              | 14                            | 1,2 a              | 1,2 a     | 1,2 a     |
|                              | 21                            | 1,2 a              | 1,2 a     | 1,2 a     |
|                              | 0                             | 7, a               | 7,2 a     | 7,1 a     |
|                              | <b>Relación SS/AT</b>         | 7                  | 7,9 a     | 7,6 a     |
| 14                           |                               | 8,2 a              | 8,2 a     | 8,2 a     |
| 21                           |                               | 8,5 a              | 8,3 a     | 8,3 a     |
| 0                            |                               | 0,4 a              | 0,4 a     | 0,4 a     |
| <b>Jugosidad</b>             |                               | 7                  | 0,4 a     | 0,4 a     |
|                              | 14                            | 0,4 a              | 0,4 a     | 0,4 a     |
|                              | 21                            | 0,3 a              | 0,3 a     | 0,3 a     |
|                              | 0                             | 0 a                | 0 a       | 0 a       |
|                              | <b>Caída de Roseta</b>        | 7                  | 0,02 a    | 0,02 a    |
| 14                           |                               | 0,06 a             | 0,04 a    | 0,06 a    |
| 21                           |                               | 0,08 a             | 0,06 a    | 0,08 a    |

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

## APÉNDICE III

Evaluación de parámetros técnicos de cámara durante el desverdizado de limones Fino 49.

| <b>Temperatura de cámara (° C)</b> |                     |           |           |
|------------------------------------|---------------------|-----------|-----------|
| <b>Horas</b>                       | <b>Tratamientos</b> |           |           |
|                                    | <b>T1</b>           | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
| <b>0 (al centro de la cámara)</b>  | 22 a <sup>z</sup>   | 22 a      | 22 a      |
| <b>0 (al interior de bins)</b>     | 8 a                 | 8 a       | 8 a       |
| <b>24 (al centro de la cámara)</b> | 22 a                | 22 a      | 22 a      |
| <b>24 (al interior de bins)</b>    | 20 a                | 22,6 a    | 20 a      |
| <b>48 (al centro de la cámara)</b> | 22 a                | 22 a      | 22 a      |
| <b>48 (al interior de bins)</b>    | 22,2 a              | 22,8 a    | 22 a      |

| <b>Humedad relativa (%)</b> |                     |           |           |
|-----------------------------|---------------------|-----------|-----------|
| <b>Horas</b>                | <b>Tratamientos</b> |           |           |
|                             | <b>T1</b>           | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
| <b>0</b>                    | 95 a                | 95 a      | 95 a      |
| <b>24</b>                   | 95 a                | 95 a      | 95 a      |
| <b>48</b>                   | 90 a                | 90 a      | 90 a      |

| <b>Concentración de Etileno (ppm)</b>        |                     |           |           |
|--|---------------------|-----------|-----------|
| <b>Horas</b>                                 | <b>Tratamientos</b> |           |           |
|  | <b>T1</b>           | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
| <b>0 (aire)</b>                              | 3,5 a               | 3,5 a     | 3,5 a     |
| <b>0 (espacio libre entre tratamientos)</b>  | 3,5 a               | 3,5 a     | 3,5 a     |
| <b>24 (aire)</b>                             | 3,5 a               | 3,5 a     | 3,5 a     |
| <b>24 (espacio libre entre tratamientos)</b> | 3,5 a               | 3,5 a     | 3,5 a     |
| <b>48 (aire)</b>                             | 3,5 a               | 3,5 a     | 3,5 a     |
| <b>48 (espacio libre entre tratamientos)</b> | 3,5 a               | 3,5 a     | 3,5 a     |

Continúa

Continuación

| <b>Concentración de CO2 (%)</b>              |                     |           |           |
|--|---------------------|-----------|-----------|
| <b>Horas</b>                                 | <b>Tratamientos</b> |           |           |
|  | <b>T1</b>           | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
| <b>0 (aire)</b>                              | 0,2 a               | 0,2 a     | 0,2 a     |
| <b>0 (espacio libre entre tratamientos)</b>  | 0,2 a               | 0,2 a     | 0,2 a     |
| <b>24 (aire)</b>                             | 0,2 a               | 0,2 a     | 0,2 a     |
| <b>24 (espacio libre entre tratamientos)</b> | 0,2 a               | 0,2 a     | 0,2 a     |
| <b>48 (aire)</b>                             | 0,2 a               | 0,2 a     | 0,2 a     |
| <b>48 (espacio libre entre tratamientos)</b> | 0,2 a               | 0,2 a     | 0,2 a     |

| <b>Velocidad del aire (m/s)</b>              |                     |           |           |
|--|---------------------|-----------|-----------|
| <b>Horas</b>                                 | <b>Tratamientos</b> |           |           |
|  | <b>T1</b>           | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
| <b>0 (salida de ventiladores)</b>            | 1,2 a               | 1,2 a     | 1,2 a     |
| <b>0 (espacio libre entre tratamientos)</b>  | 0,3 a               | 0,3 a     | 0,3 a     |
| <b>24 (salida de ventiladores)</b>           | 1,2 a               | 1,2 a     | 1,2 a     |
| <b>24 (espacio libre entre tratamientos)</b> | 0,3 a               | 0,3 a     | 0,3 a     |
| <b>48 (salida de ventiladores)</b>           | 1,2 a               | 1,2 a     | 1,2 a     |
| <b>48 (espacio libre entre tratamientos)</b> | 0,3 a               | 0,3 a     | 0,3 a     |

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

## APÉNDICE IV

Evaluación de parámetros técnicos de cámara durante el desverdizado de naranjas Lane Late.

| <b>Temperatura de cámara (° C)</b> |                     |           |           |
|------------------------------------|---------------------|-----------|-----------|
| <b>Horas</b>                       | <b>Tratamientos</b> |           |           |
|                                    | <b>T1</b>           | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
| <b>0 (al centro de la cámara)</b>  | 23 a <sup>z</sup>   | 23 a      | 23 a      |
| <b>0 (al interior de bins)</b>     | 5 a                 | 5 a       | 5 a       |
| <b>24 (al centro de la cámara)</b> | 24 a                | 24 a      | 24 a      |
| <b>24 (al interior de bins)</b>    | 22,8 a              | 23,5 a    | 22,6 a    |
| <b>48 (al centro de la cámara)</b> | 24 a                | 24 a      | 24 a      |
| <b>48 (al interior de bins)</b>    | 24 a                | 24,7 a    | 24 a      |

| <b>Humedad relativa (%)</b> |                     |           |           |
|-----------------------------|---------------------|-----------|-----------|
| <b>Horas</b>                | <b>Tratamientos</b> |           |           |
|                             | <b>T1</b>           | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
| <b>0</b>                    | 96 a                | 96 a      | 96 a      |
| <b>24</b>                   | 95 a                | 95 a      | 95 a      |
| <b>48</b>                   | 95 a                | 95 a      | 95 a      |

| <b>Concentración de Etileno (ppm)</b>        |                     |           |           |
|--|---------------------|-----------|-----------|
| <b>Horas</b>                                 | <b>Tratamientos</b> |           |           |
|  | <b>T1</b>           | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
| <b>0 (aire)</b>                              | 5 a                 | 5 a       | 5 a       |
| <b>0 (espacio libre entre tratamientos)</b>  | 5 a                 | 5 a       | 5 a       |
| <b>24 (aire)</b>                             | 5 a                 | 5 a       | 5 a       |
| <b>24 (espacio libre entre tratamientos)</b> | 5 a                 | 5 a       | 5 a       |
| <b>48 (aire)</b>                             | 5 a                 | 5 a       | 5 a       |
| <b>48 (espacio libre entre tratamientos)</b> | 5 a                 | 5 a       | 5 a       |

Continúa

Continuación

| <b>Concentración de CO2 (%)</b>              |                     |           |           |
|--|---------------------|-----------|-----------|
| <b>Horas</b>                                 | <b>Tratamientos</b> |           |           |
|  | <b>T1</b>           | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
| <b>0 (aire)</b>                              | 0,3 a               | 0,3 a     | 0,3 a     |
| <b>0 (espacio libre entre tratamientos)</b>  | 0,3 a               | 0,3 a     | 0,3 a     |
| <b>24 (aire)</b>                             | 0,3 a               | 0,3 a     | 0,3 a     |
| <b>24 (espacio libre entre tratamientos)</b> | 0,3 a               | 0,3 a     | 0,3 a     |
| <b>48 (aire)</b>                             | 0,3 a               | 0,3 a     | 0,3 a     |
| <b>48 (espacio libre entre tratamientos)</b> | 0,3 a               | 0,3 a     | 0,3 a     |

| <b>Velocidad del aire (m/s)</b>              |                     |           |           |
|--|---------------------|-----------|-----------|
| <b>Horas</b>                                 | <b>Tratamientos</b> |           |           |
|  | <b>T1</b>           | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
| <b>0 (salida de ventiladores)</b>            | 1 a                 | 1 a       | 1 a       |
| <b>0 (espacio libre entre tratamientos)</b>  | 0,1 a               | 0,1 a     | 0,1 a     |
| <b>24 (salida de ventiladores)</b>           | 1 a                 | 1 a       | 1 a       |
| <b>24 (espacio libre entre tratamientos)</b> | 0,1 a               | 0,1 a     | 0,1 a     |
| <b>48 (salida de ventiladores)</b>           | 1 a                 | 1 a       | 1 a       |
| <b>48 (espacio libre entre tratamientos)</b> | 0,1 a               | 0,1 a     | 0,1 a     |

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.



## APÉNDICE V

Parámetros técnicos de cámara de almacenaje de limones Fino 49 durante 21 días de almacenaje refrigerado.

| <b>Cámara de almacenaje limones Fino 49</b> |                  |           |           |
|---|------------------|-----------|-----------|
| <b>Temperatura de cámara (° C)</b>          |                  |           |           |
| <b>Días de almacenaje</b>                   | <b>T1</b>        | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
| <b>0</b>                                    | 5 a <sup>z</sup> | 5 a       | 5 a       |
| <b>7</b>                                    | 4,6 a            | 4,6 a     | 4,6 a     |
| <b>14</b>                                   | 5,2 a            | 5,2 a     | 5,2 a     |
| <b>21</b>                                   | 6 a              | 6 a       | 6 a       |

| <b>Humedad relativa (%)</b> |           |           |           |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Días de almacenaje</b>   | <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
| <b>0</b>                    | 92 a      | 92 a      | 92 a      |
| <b>7</b>                    | 93 a      | 93 a      | 93 a      |
| <b>14</b>                   | 90 a      | 90 a      | 90 a      |
| <b>21</b>                   | 60 a      | 60 a      | 60 a      |

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.

## APÉNDICE VI

Parámetros técnicos de cámara de almacenaje de naranjas Lane Late durante 21 días de almacenaje refrigerado.

| <b>Cámara de almacenaje naranjas Lane Late</b> |                  |           |           |
|--|------------------|-----------|-----------|
| <b>Temperatura de cámara (° C)</b>             |                  |           |           |
| <b>Días de almacenaje</b>                      | <b>T1</b>        | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
| <b>0</b>                                       | 7 a <sup>z</sup> | 7 a       | 7 a       |
| <b>7</b>                                       | 7,5 a            | 7,5 a     | 7,5 a     |
| <b>14</b>                                      | 7,5 a            | 7,5 a     | 7,5 a     |
| <b>21</b>                                      | 8,5 a            | 8,5 a     | 8,5 a     |

| <b>Humedad relativa (%)</b> |           |           |           |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Días de almacenaje</b>   | <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
| <b>0</b>                    | 94 a      | 94 a      | 94 a      |
| <b>7</b>                    | 90 a      | 90 a      | 90 a      |
| <b>14</b>                   | 90 a      | 90 a      | 90 a      |
| <b>21</b>                   | 65 a      | 65 a      | 65 a      |

<sup>z</sup> Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada período de evaluación mediante análisis de ANDEVA, Tukey al 5%.