

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**  
**FACULTAD DE QUÍMICA**

---

**DIFERENCIAS FISIOLÓGICAS Y/O BIOQUÍMICAS ENTRE FRUTOS  
SENSIBLES Y TOLERANTES AL ESTRÉS TÉRMICO Y SU RELACIÓN  
CON LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA TREHALASA EN 16 FRUTOS**

**TESIS**  
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :**

**QUÍMICO EN ALIMENTOS**

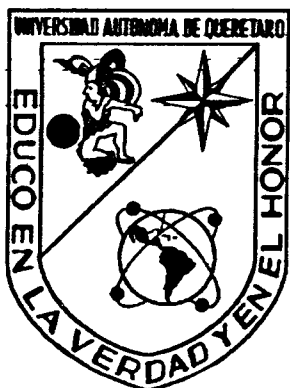
**PRESENTA**  
**GABRIELA VILLAGÓMEZ LEÓN**

**DIRIGIDA POR**  
**Dr. ELHADI YAHIA KAZUZ**

**CENTRO UNIVERSITARIO**  
**Santiago de Querétaro, Qro., México**  
**Marzo 2000**

CAU  
1007

No Adq. H62905  
No. Título IS  
Clas. 664.842  
V713 d.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO  
FACULTAD DE QUÍMICA

---

DIFERENCIAS FISIOLÓGICAS Y/O BIOQUÍMICAS ENTRE FRUTOS  
SENSIBLES Y TOLERANTES AL ESTRÉS TÉRMICO Y SU RELACIÓN  
CON LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA TREHALASA EN 16 FRUTOS

TESIS

COMITÉ DE TITULACIÓN

Dr. ELHADI YAHIA KAZUZ

Director del trabajo

Dr. DANIEL DE ALBA GONZÁLEZ

Sinodal Titular

Q.F.B. E. ALEJANDRO ROMÁN MARES

Sinodal Titular

M. en C. GLORIA E. SOTO ZAMORA

Sinodal Suplente

## **DEDICATORIAS**

A DIOS, por darme la oportunidad de llegar a cumplir una de mis metas más anhelada.

A mis padres, por apoyarme en todo momento y ayudarme a cumplir todos mis sueños. Son grandiosos. Los quiero mucho.

A mi hermana Sandra, por brindarme su apoyo y comprensión en todo momento. Te quiero mucho San.

A mi esposo Rafael por su gran amor, lucha y comprensión. Te amo Corazón.

A todos los que forman parte de mi familia por su apoyo y para que siempre luchen por sus ideales.

Al Dr. Elhadi Yahia, por su apoyo, comprensión y por darme la oportunidad de realizar este trabajo en su laboratorio.

A todos mis maestros, porque gracias a sus conocimientos y enseñanzas he culminado mi carrera.

A Miriam, Dora, Gloria y Alejandro por sus conocimientos y su amistad.

A Ariadna, Arisbe y Rafael (Poly) por su gran cariño, paciencia y amistad.

Y a todos aquellos que en algún momento formaron parte de mi vida académica.

**GRACIAS POR TODO**

# ÍNDICE GENERAL

| CONTENIDO   | PÁGINA |
|---|--------|
| ÍNDICE DE FIGURAS   | i      |
| ÍNDICE DE CUADROS   | yi     |
| ABREVIATURAS  | vii    |
| RESUMEN   | 1      |
| I. INTRODUCCIÓN   | 3      |
| II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA  | 5      |
| 2.1. Respuesta de algunos frutos al estrés térmico  | 5      |
| 2.1.1. Importancia del calor  | 5      |
| 2.1.1.1. Control de enfermedades  | 5      |
| 2.1.1.2. Control de insectos  | 6      |
| 2.1.1.3. Control de daño por frío   | 7      |
| 2.1.2. Diferentes tratamientos térmicos   | 8      |
| 2.1.2.1. Calor seco   | 9      |
| 2.1.2.2. Calor húmedo   | 10     |
| 2.1.2.3. Hidrotermia (agua caliente)  | 10     |
| 2.1.3. Respuestas al calor  | 11     |
| 2.1.3.1. Frutos sensibles   | 12     |
| 2.1.3.2. Frutos resistentes   | 13     |
| 2.1.3.3. Frutos con respuesta intermedia  | 15     |
| 2.1.3.4. Bases de la sensibilidad/ tolerancia al calor                                      | 15     |
| 2.1.4. Relación entre la sensibilidad o resistencia al estrés con el contenido de trehalosa | 16     |
| 2.1.4.1. Trehalosa  | 16     |
| 2.1.4.2. Funciones  | 18     |
| 2.1.4.3. Relación con el estrés   | 19     |
| 2.1.4.4. Métodos de análisis  | 19     |
| 2.1.5. Trehalasa  | 20     |
| 2.1.5.1. Importancia  | 20     |



|  |     |
|--|-----|
| 7.2.4. Limón (agrio sin semilla)                         | 53  |
| 7.2.5. Mango 'Ataulfo'                                   | 58  |
| 7.2.6. Mango 'Manila'                                    | 63  |
| 7.2.7. Mango 'Paraíso'                                   | 68  |
| 7.2.8. Manzana 'Golden Delicious'                        | 73  |
| 7.2.9. Manzana 'Granny Smith'                            | 78  |
| 7.2.10. Manzana 'Rome Beauty'                            | 83  |
| 7.2.11. Manzana 'Starking'                               | 88  |
| 7.2.12. Pera 'D'Anjou'                                   | 93  |
| 7.2.13. Pera 'Packham's Triumph'                         | 98  |
| 7.2.14. Plátano 'Baby'                                   | 103 |
| 7.2.15. Plátano 'Dominico'                               | 108 |
| 7.2.16. Tuna (blanca)                                    | 113 |
| 7.3. Análisis de la actividad enzimática de la trehalasa | 118 |
| VIII. CONCLUSIONES                                       | 125 |
| IX. PERSPECTIVAS   | 127 |
| X. BIBLIOGRAFÍA CITADA                                   | 128 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| CONTENIDO   | PÁGINA |
|---|--------|
| Figura 1. Estructura de la trehalosa.   | 16     |
| Figura 2. Esquema general del trabajo.  | 27     |
| Figura 3. Determinación de la actividad de la trehalasa.  | 33     |
| Figura 4. Comportamiento de la temperatura en diferentes frutos durante el tratamiento térmico a 48°C por 160 min y 50% de humedad relativa.  | 36     |
| Figura 5. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en aguacate 'Hass' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.               | 39     |
| Figura 6. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ , $b^*$ , $h^\circ$ , $L^*$ y $C^*$ ) en aguacate 'Hass' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.     | 41     |
| Figura 7. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en calabaza (italiana) evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.           | 44     |
| Figura 8. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ , $b^*$ , $h^\circ$ , $L^*$ y $C^*$ ) en calabaza (italiana) evaluada hasta por 6 días después del tratamiento. | 46     |
| Figura 9. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en guayaba evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.                       | 49     |



|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 10. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo (a*, b*, h°, L* y C*) en guayaba evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.                                 | 51 |
| Figura 11. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en limón (agrio sin semilla) evaluado hasta por 6 días después del tratamiento. | 54 |
| Figura 12. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo (a*, b*, h°, L* y C*) en limón (agrio sin semilla) evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.               | 56 |
| Figura 13. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en mango 'Ataulfo' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.           | 59 |
| Figura 14. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo (a*, b*, h°, L* y C*) en mango 'Ataulfo' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.                         | 61 |
| Figura 15. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en mango 'Manila' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.            | 64 |
| Figura 16. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo (a*, b*, h°, L* y C*) en mango 'Manila' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.                          | 66 |
| Figura 17. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en mango 'Paraíso' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.           | 69 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figura 18. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ , $b^*$ , $h^\circ$ , $L^*$ y $C^*$ ) en mango 'Paraíso' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.            | 70 |
| Figura 19. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en manzana 'Golden Delicious' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.           | 74 |
| Figura 20. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ , $b^*$ , $h^\circ$ , $L^*$ y $C^*$ ) en manzana 'Golden Delicious' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento. | 76 |
| Figura 21. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en manzana 'Granny Smith' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.               | 79 |
| Figura 22. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ , $b^*$ , $h^\circ$ , $L^*$ y $C^*$ ) en manzana 'Granny Smith' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.     | 81 |
| Figura 23. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en manzana 'Rome Beauty' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.                | 84 |
| Figura 24. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ , $b^*$ , $h^\circ$ , $L^*$ y $C^*$ ) en manzana 'Rome Beauty' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.      | 86 |
| Figura 25. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en manzana 'Starking' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.                   | 89 |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Figura 26. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo (a*, b*, h°, L* y C*) en manzana 'Starking' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.                     | 90  |
| Figura 27. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en pera 'D'Anjou' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.           | 94  |
| Figura 28. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo (a*, b*, h°, L* y C*) en pera 'D'Anjou' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.                         | 96  |
| Figura 29. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en pera 'Packham's Triumph' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento. | 99  |
| Figura 30. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo (a*, b*, h°, L* y C*) en pera 'Packham's Triumph' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.               | 101 |
| Figura 31. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en plátano 'Baby' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.           | 104 |
| Figura 32. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo (a*, b*, h°, L* y C*) en plátano 'Baby' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.                         | 106 |
| Figura 33. | Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en plátano 'Dominico' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.       | 109 |

- Figura 34. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en plátano 'Dominico' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento. 111
- Figura 35. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en tuna (blanca) evaluada hasta por 6 días después del tratamiento. 114
- Figura 36. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en tuna (blanca) evaluada hasta por 6 días después del tratamiento. 116

## ÍNDICE DE CUADROS

| <b>CONTENIDO</b>  | <b>PÁGINA</b> |
|---|---------------|
| Cuadro 1. Ejemplo del control de enfermedades en tuna utilizando agua a altas temperaturas (Yahia e Higuera, 1992).           | 6             |
| Cuadro 2. Respuesta de varios frutos sensibles al calor con respecto al desarrollo de daños (Paull, 1990).                    | 13            |
| Cuadro 3. Respuesta de varios frutos resistentes al calor con respecto al desarrollo de daños (Paull, 1990).                  | 14            |
| Cuadro 4. Comportamiento de varios frutos de respuesta intermedia al calor con respecto al desarrollo de daños (Paull, 1990). | 15            |
| Cuadro 5. Escala subjetiva para determinar el grado de daño en los frutos.  | 29            |
| Cuadro 6. Peso inicial de los diferentes frutos control y tratados.   | 30            |
| Cuadro 7. Concentración de los estándares utilizados para la curva de calibración de glucosa.                                 | 32            |
| Cuadro 8. Daño externo e interno de los diferentes frutos tratados.   | 37            |
| Cuadro 9. Actividad enzimática de la trehalasa a los 0 min de lectura de los 16 diferentes frutos.                            | 118           |
| Cuadro 10. Actividad enzimática de la trehalasa a los 5 min de lectura de los 16 diferentes frutos.                           | 119           |
| Cuadro 11. Actividad enzimática de la trehalasa a los 10 min de lectura de los 16 diferentes frutos.                          | 119           |
| Cuadro 12. Resistencia/sensibilidad de los frutos al tratamiento térmico y actividad enzimática de la trehalasa.              | 126           |

## ABREVIATURAS

|              |                          |
|--------------|--------------------------|
| kg           | Kilogramo                |
| gr           | Gramo                    |
| mg           | Miligramo                |
| h            | Hora                     |
| min          | Minutos                  |
| s            | Segundo                  |
| L            | Litro                    |
| dL           | Decilitro                |
| $\mu$ L      | Microlitro               |
| mL           | Mililitro                |
| M            | Molar                    |
| mM           | Milimolar                |
| nM           | Nanomolar                |
| nmoles       | Nanomoles                |
| mm           | Milimetro                |
| nm           | Nanómetro                |
| rpm          | Revoluciones por minuto  |
| N            | Newton                   |
| UI           | Unidades Internacionales |
| V            | Volt                     |
| W            | Watt                     |
| $^{\circ}$ C | Grado centígrado         |
| %            | Tanto por ciento         |
| "            | Pulgadas                 |

## RESUMEN

Las frutas son susceptibles al deterioro en un periodo de tiempo muy corto ya sea por insectos, enfermedades, daño por frío o senescencia, lo cual puede ser controlado con tratamientos térmicos. Sin embargo, estos tratamientos pueden causar cambios fisiológicos y bioquímicos al fruto. En el presente trabajo, se evaluó el efecto de dichos tratamientos en frutos de aguacate 'Hass', calabaza (italiana), guayaba, limón (agrio sin semilla), mango 'Ataulfo', mango 'Manila', mango 'Paraíso', manzana 'Golden Delicious', manzana 'Granny Smith', manzana 'Rome Beauty', manzana 'Starking', pera 'D'Anjou', pera 'Packham's Triumph', plátano 'Baby', plátano 'Dominico' y tuna (blanca). Los 16 frutos se compraron en centros comerciales en Querétaro. Éstos se trataron con aire caliente forzado a 48°C por 160 min, una parte se evaluó inmediatamente y la otra se almacenó a 10°C y 85% de humedad relativa por 6 días. Se evaluaron los cambios externos e internos (se expresaron como daño), peso, color y textura. Parte de la muestra se congeló con nitrógeno líquido, se liofilizó y se molió para realizar los ensayos de la actividad de trehalasa. Los daños se evaluaron de manera subjetiva con una escala de sensibilidad/tolerancia al tratamiento térmico aplicado, donde los frutos se ordenaron de los más sensibles a los más resistentes dando como resultado la siguiente lista: El aguacate 'Hass', calabaza (italiana), guayaba, limón (agrio sin semilla), mango 'Manila', pera 'D'Anjou', pera 'Packham's Triumph', plátano 'Baby' y plátano 'Dominico' tuvieron daños muy severos en la superficie y en el interior del fruto siendo frutos muy sensibles al calor. La manzana 'Golden Delicious', 'Granny Smith' y 'Rome Beauty' tuvieron daños severos en la superficie e interior del fruto indicando que los frutos fueron sensibles. La tuna (blanca) tuvo daño ligero en la superficie e interior del fruto infiriéndose que es un fruto de sensibilidad intermedia. El mango 'Ataulfo' y la manzana 'Granny Smith' tuvieron daños extremadamente ligeros en la superficie e interior del fruto, por lo que se clasificaron como ligeramente sensibles. El mango 'Paraíso' no tuvo daños siendo un fruto no sensible. El tratamiento térmico afectó los parámetros de calidad evaluados en la mayoría de los frutos como el peso y el color, excepto la textura, la cual presentó algunos cambios como consecuencia de la maduración en algunos frutos. La actividad enzimática de la trehalasa presentada por los frutos

tratados fue la siguiente: los frutos que disminuyeron su actividad después de haber sido tratados y almacenados por 6 días fueron la manzana 'Granny Smith' y 'Starking', el plátano 'Baby' y 'Dominico', en cambio, los frutos que aumentaron su actividad después de ser tratados y almacenados por 6 días fueron el aguacate 'Hass', calabaza (italiana), limón (agrio sin semilla), mango 'Ataulfo', pera 'D'Anjou' y 'Packham's Triumph' y tuna (blanca). Los frutos que no presentaron actividad inmediatamente después del tratamiento y tampoco a los 6 días de almacenamiento fueron: guayaba, mango 'Manila' y 'Paraíso', manzana 'Golden Delicious' y 'Rome Beauty'. Por lo que se infiere que la actividad de la trehalasa (en los frutos que la presentaron), les confiere resistencia al ser sometidos a tratamientos térmicos.



## I. INTRODUCCIÓN

Los frutos son una buena fuente de vitaminas y minerales, además tienen un olor característico y se comen frescos o cocinados. Los frutos en general son susceptibles a enfermedades, temperaturas extremas, deficiencia nutricional, desórdenes fisiológicos y daños físicos. Los tratamientos por calor ofrecen una alternativa viable como tratamientos cuarentenarios, que se definen como la aplicación de tratamientos químicos, físicos o combinaciones de éstos que pueden ser usados para desinfectar productos hortícolas hospederos (Paull y Armstrong, 1994). El principal obstáculo para realizar un control de postcosecha en los frutos es la sensibilidad que presentan muchos de ellos a las temperaturas que se requieren para llevarse a cabo tratamientos térmicos efectivos.

En la actualidad, son grandes las cantidades de frutos que se pierden debido al ataque de patógenos, sin embargo, existen varias alternativas de control, incluyendo los tratamientos térmicos. Éstos tienen grandes ventajas, entre las que se encuentran su acción fungicida e insecticida efectiva, facilidad de aplicación, no dejan residuos químicos, además de que disminuyen la sensibilidad del fruto al frío (Couey, 1989).

Algunos de los tratamientos térmicos incluyen aire forzado a alta temperatura, hidrotermia y vapor caliente. El aire seco forzado caliente mantiene la humedad relativa a  $50 \pm 10\%$  con el fin de prevenir que el agua se condense sobre el fruto, proporcionándole una mejor calidad (Armstrong, 1994).

Cuando los tratamientos térmicos son aplicados correctamente se extiende la vida de almacenamiento del fruto y se aumentan los rendimientos económicos. Sin embargo, si se aplican severamente o en forma inapropiada pueden deteriorar la calidad del fruto, incrementar su descomposición y acortar su vida de almacenamiento (Shellie y Mangan, 1994). Además al ser expuestos a temperaturas altas los frutos sufren cambios fisiológicos, químicos y biológicos.

De esta forma, el daño inducido por calor puede ser causado, por la alta temperatura, así como por los largos tiempos de exposición necesarios para llevar a cabo la desinfestación (Armstrong, 1994). Las causas de estos daños deben ser investigadas en los diferentes frutos con el fin de buscar soluciones y así aumentar el uso de esta tecnología en forma segura (Paull y Armstrong, 1994). Por lo tanto,

el principal obstáculo para el uso del calor en el control de enfermedades postcosecha e infestación de insectos es la sensibilidad de muchos frutos a las temperaturas requeridas para que el tratamiento sea efectivo (Couey, 1989).

Por otro lado se ha encontrado que la enzima trehalasa pertenece al grupo de las hidrolasas y se encuentra presente en algunos vegetales, dando resistencia a las membranas al someterlas a algunos tipos de estrés (Jahagirdar, 1991).

Por ello, el presente trabajo de investigación pretende realizar una evaluación de los cambios externos e internos (expresados como daño), peso, color y textura de los frutos de aguacate 'Hass', calabaza (italiana), guayaba, limón (agrio sin semilla), mango 'Ataulfo', mango 'Manila', mango 'Paraíso', manzana 'Golden Delicious', manzana 'Granny Smith', manzana 'Rome Beauty', manzana 'Starking', pera 'D'Anjou', pera 'Packham's Triumph', plátano 'Baby', plátano 'Dominico' y tuna (blanca) al ser expuestos a un tratamiento térmico con aire seco forzado caliente a 48°C por 160 min. Así como realizar un estudio de la actividad de la trehalasa y relacionarlo con la sensibilidad/tolerancia al estrés térmico.

## **II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. RESPUESTA DE ALGUNOS FRUTOS AL ESTRÉS TÉRMICO**

#### **2.1.1. IMPORTANCIA DEL CALOR**

El calor es una forma de energía que existe en todos los cuerpos; es la energía cinética debida al movimiento desordenado de sus moléculas, o simplemente es la energía que se transfiere de un cuerpo a otro, en virtud únicamente de una diferencia de temperatura entre ellos. Cuando el calor penetra en las sustancias, acelera el movimiento de sus átomos. La temperatura es una medida de velocidad de movimiento de los átomos. La temperatura, no da la cantidad de calor presente, solo la intensidad o nivel de calor. La cantidad de calor es igual a la temperatura del objeto multiplicado por su masa y por su calor específico. La temperatura de los frutos en postcosecha es extremadamente importante, ya que el calor altera las propiedades físicas de las moléculas, la cual altera su actividad y transforma los tejidos. El calor afecta los fluidos de la membrana, la actividad enzimática, la volatilidad de las moléculas aromáticas y otros procesos. Uno de los efectos más importantes del calor es su habilidad para cambiar el estado físico de las sustancias puras. El cambio de estado de las sustancias siempre ocurre a la misma temperatura y a una presión dada (Kays, 1991).

Los tratamientos de calor en postcosecha son usados para la desinfestación y desinfección de una gran variedad de alimentos, incluyendo flores, frutas y vegetales. El tratamiento con calor induce la termotolerancia, con ambas temperaturas (baja y alta), el grado de prevención de daños por calor y daño por frío es discutido, pues bien es posible el mecanismo de acción a esta respuesta (Lurie, 1998).

#### **2.1.1.1. CONTROL DE ENFERMEDADES**

Al considerar el término enfermedad es necesario tener en cuenta la causa de tal estado. Un estado de enfermedad puede tener su origen en una gran variedad de causas de naturaleza física, química o biológica (Evans, 1973).

Los agentes físicos que con mayor frecuencia se utilizan para controlar las enfermedades de las plantas son la temperatura (alta o baja) y varios tipos de radiación (Agrios, 1991).

Se han probado varias medidas de control para reducir la incidencia de enfermedades en postcosecha. Esto incluye tratamientos químicos, hidrotermia, almacenaje a baja temperatura, irradiación y varias combinaciones de estos tratamientos (Mendoza y Wills, 1984).

El método terapéutico más eficiente y que más ampliamente se ha utilizado para controlar las enfermedades de las plantas ocasionadas por virus, micoplasmas y rickettsias, ha sido el tratamiento con calor (Yahia e Higuera, 1992). El control de enfermedades requiere solamente el calentamiento de la superficie del fruto por un periodo corto de tiempo (Shellie y Mangan, 1994).

En general, el efecto de la temperatura en el desarrollo de las enfermedades se utiliza porque se logra la inhibición del proceso de maduración y se prolonga la resistencia a enfermedades asociadas con la inmadurez del fruto y, por otro lado, puede lograrse la inhibición directa del crecimiento del patógeno, utilizando temperaturas desfavorables a éste (Cuadro 1) (Yahia e Higuera, 1992).

**Cuadro 1. Ejemplo del control de enfermedades en tuna utilizando agua a altas temperaturas (Yahia e Higuera, 1992).**

| Espece | Patógeno  | Enfermedad                             | Tratamiento                |
|--------|---|--|----------------------------|
| Tuna   | <i>Alternaria ssp</i><br><i>Fusarium ssp</i><br><i>Chlamydoyces ssp</i> | Pudrición de la cicatriz del pedúnculo | Hidrotermia a 53°C - 5 min |

### 2.1.1.2. CONTROL DE INSECTOS

Los insectos son una amenaza para la agricultura porque disminuyen o acaban con la calidad comercial de los frutos frescos. Estos pueden causar grandes pérdidas económicas a la industria frutícola porque vuelven a la fruta inercializable (Shellie y Mangan, 1994). Para algunas de las frutas tropicales de exportación son obligatorios los tratamientos para el control de insectos (Yahia e Higuera, 1992). Los insectos dependen de las temperaturas ambientales para el mantenimiento de su actividad; los efectos de las temperaturas ambientales se dirigen hacia los grados metabólicos a través de cambios en la actividad

enzimática y permeabilidad de la membrana. Por lo común, las temperaturas del insecto no son más de 2 a 3 grados diferentes a las del medio ambiente, aunque muchos insectos están adaptados para permanecer vivos a extremos en apariencia intolerables, tanto de calor como de frío (Aragones, 1980).

La desinfestación de insectos de muchas frutas requiere de un manejo adicional en postcosecha. El 1 de septiembre de 1984 se propuso la eliminación del dibromuro de etileno como fumigante, lo que ha iniciado estudios activos para buscar alternativas físicas para la desinfestación, especialmente tratamientos con calor (Paull, 1990).

Los tratamientos térmicos han resultado exitosos al ser utilizados en el control de insectos y de desórdenes fisiológicos, ya que se han visto buenas respuestas en frutos con severos daños y muerte de los organismos, esto con poca o sin reducción en la calidad del producto. Por lo tanto, los organismos de interés pueden ser sustancialmente más susceptibles que los productos expuestos a los tratamientos (Kays, 1991). Para matar a los insectos localizados dentro del fruto, el calor debe penetrar hacia el centro de éste (Shellie y Mangan, 1994).

### **2.1.1.3. CONTROL DE DAÑO POR FRÍO**

Algunas especies de plantas son resistentes a los daños por temperaturas de 0°C; otras sufren daños a bajas temperaturas, aún cuando sean superiores al punto de congelación, especialmente en casos de exposición prolongada. En general, las plantas con mayor sensibilidad son de origen tropical o subtropical. Comúnmente, los síntomas debido a bajas temperaturas reciben el nombre de daño por frío, y es totalmente diferente del daño o de la muerte debido a congelación (Aragones, 1980).

El daño por frío tiene importancia económica en el caso de ciertos frutos de estación cálida, como por ejemplo el tomate y el pepino. El frío prolongado ya sea en el campo o más tarde en las cámaras de refrigeración provocan en ellos uno o varios de los síntomas siguientes: daño superficial, mayor susceptibilidad a la descomposición causada por parásitos débiles, necrosis superficial o falta de maduración (Aragones, 1980).

El mecanismo para explicar el daño por frío es que la membrana celular al controlar varios aspectos funcionales de la célula, tiene una función importante

para diferenciar entre especies tolerantes y sensibles al daño por frío. Como resultado de alteraciones en la membrana, puede haber cambios físicos en el citoplasma, en la ciclosis, en la producción de etileno, en la producción y utilización de energía, así como en las actividades enzimáticas y en consecuencia, en el metabolismo de muchos compuestos y en la acumulación anormal de varias sustancias (Yahia e Higuera, 1992).

El grado del daño por frío depende de la temperatura de exposición, el tiempo de exposición y la sensibilidad de las especies a las temperaturas de refrigeración (Kays, 1991).

En la mayor parte de los frutos susceptibles al daño por frío se ha visto que el mantener una alta humedad relativa disminuye los síntomas de este daño (Yahia e Higuera, 1992). En general, la sensibilidad de los vegetales a los daños por frío depende de varios factores como la especie, el cultivo de donde proviene, parte de la planta, condiciones de producción y nutrición mineral, además condiciones morfológicas y fisiológicas al momento en que es expuesta a bajas temperaturas. El proceso de maduración de algunos frutos depende de la especie, ya que se puede alterar significativamente su sensibilidad al frío. La sensibilidad a la refrigeración incrementa a un máximo que coincide con el pico climatérico, declinando rápidamente cuando el fruto comienza a madurar. La primer respuesta de la exposición a la temperatura de refrigeración, generalmente es considerada como una alteración física a su naturaleza (Kays, 1991).

### **2.1.2. DIFERENTES TRATAMIENTOS TÉRMICOS**

Los tratamientos basados en el empleo de calor se han utilizado para eliminar plagas existentes en productos hortícolas frescos, principalmente moscas de la fruta, dichos tratamientos se aplican antes de que estos productos ingresen al mercado de exportación (Armstrong, 1992). Los tratamientos de desinfección utilizando calor son relativamente fáciles de aplicar, no dejan residuos químicos y pueden ofrecer alguna actividad fungicida (Armstrong y Couey, 1989).

El desarrollo de tratamientos con calor para la desinfestación están basados en la tolerancia que presente a dichas condiciones la fruta y el insecto huésped (Armstrong, 1992). Paull (1990) enfatiza que la termotolerancia del producto está regulada por la estación, la localidad de crecimiento, la velocidad de

calentamiento, el tamaño de la fruta y la madurez al tiempo de la cosecha; así mismo, que la termotolerancia podría estar relacionada con la respuesta al impacto calórico y con la presencia de proteínas protectoras de choque térmico (Paull y Chen, 1990).

Estos tratamientos se han ideado para elevar la temperatura del fruto infestado más allá de la tolerable por el patógeno, manteniéndola durante un intervalo de tiempo preestablecido. Esta temperatura corresponde en general a la de coagulación de proteínas e inactivación de enzimas; por lo tanto, dicho tratamiento destruye al patógeno (Evans, 1973). En general cuando los tratamientos térmicos son aplicados correctamente, se extiende la vida de almacenamiento del producto en el mercado y se aumentan los rendimientos económicos. Sin embargo, los tratamientos de calor aplicados severamente o en forma inapropiada pueden deteriorar la calidad de mercadeo de la fruta, incrementar su descomposición y acortar el tiempo de almacenaje comercial (Shellie y Mangan, 1994). Los tratamientos de calor apropiados para la fruta son: inmersión en agua, calor seco y el vapor a alta temperatura. En la precosecha las temperaturas altas también pueden tener efectos perjudiciales sobre la vida de almacén y calidad de la fruta (Paull 1990).

#### **2.1.2.1. CALOR SECO**

El aire seco forzado a temperatura alta, mejor conocido como aire caliente seco, es una modificación al tratamiento de aire húmedo forzado caliente y fue desarrollado como un tratamiento cuarentenario contra moscas de la fruta (Hansen *et al*, 1990).

El método original para el tratamiento de aire seco forzado caliente mantenía la humedad relativa a  $50 \pm 10\%$ , ésta fue escogida con el fin de prevenir que el agua se condensara sobre el fruto, proporcionándole una mejor calidad (Armstrong y Couey, 1989).

Los sistemas de calor seco corresponden por lo general a un calentamiento directo. Se han empleado aparatos especiales para calentar, como tambores giratorios de combustión interna (Evans, 1973).

El aire caliente puede ser aplicado como plaguicida en frutos o vegetales en una cámara de calentamiento con ventilación, lo cual puede ser útil para observar

los cambios fisiológicos en frutas y vegetales como respuesta al calor (Lurie, 1998). El tratamiento de algunos frutos almacenados con aire caliente elimina el exceso de humedad de sus superficies y acelera la curación de sus heridas, previniendo así la infección por algunos patógenos débiles (Agrios, 1991).

### **2.1.2.2. CALOR HÚMEDO**

Los sistemas de calentamiento por vapor son mucho más fáciles de utilizar que el calor seco, cuando se trata del procedimiento más sencillo, aunque se consiguen mejores resultados utilizando sistemas más complejos que permiten una distribución muy uniforme del calor (Evans, 1973).

El vapor a alta temperatura consiste en el calentamiento de la fruta por aire forzado saturado por vapor de agua. El proceso se lleva a cabo por la transferencia de calor del aire a la fruta por la condensación del vapor de agua en la superficie relativamente fría de la fruta. La fruta puede ser calentada gradualmente durante un tiempo hasta llegar a la temperatura requerida para el tratamiento, o bien se puede mantener el tratamiento a una determinada temperatura durante un tiempo específico para lograr la muerte de la plaga. El calentamiento gradual de la fruta es generalmente más deseado que el calentamiento rápido, ya que éste previene el daño a la fruta (Armstrong y Couey, 1989). La desinfección por vapor caliente es utilizada para papaya, mangos y otros frutos frescos (Paull, 1990).

### **2.1.2.3. HIDROTERMIA (AGUA CALIENTE)**

Los frutos se calientan a diferente velocidad cuando se sumergen en agua caliente, que cuando son expuestos a aire seco forzado caliente o a aire forzado húmedo (Shellie y Mangan, 1994). Frecuentemente, el agua caliente es usada en lugar de aire para la transferencia rápida de calor y evitar la deshidratación que ocurre con el aire caliente (Kays, 1991).

El agua es inminentemente más efectiva que el aire húmedo como un medio de transferencia de calor cuando se hace circular alrededor de la fruta, ya que asegura un calentamiento más eficiente y homogéneo de las frutas; obteniéndose así una temperatura uniforme. La inmersión en agua caliente es el método que presenta menor dificultad para su aplicación, sólo requiere un tanque;



un sistema de calentamiento para tener un rápido ascenso en la temperatura y mantenerla después de sumergir la fruta. También es necesario un sistema de registro de la temperatura tanto para el agua como para la fruta (Armstrong, 1992; García, 1995). Los frutos sumergidos en agua están en un ambiente anaerobio mientras que durante el calentamiento con aire forzado, el fruto no es afectado por la falta de oxígeno ya que este gas puede ser fácilmente adquirido (Shellie y Mangan, 1994).

La inmersión en agua caliente ayuda eficientemente a que no haya pérdida de agua en las frutas, como sucede con el tratamiento de aire cuando se emplea una atmósfera húmeda. La putrefacción de diferentes frutas como los mangos, melones o papayas ha sido controlada satisfactoriamente usando inmersiones en agua caliente (García, 1995), ha sido más usada para controlar enfermedades microbianas en postcosecha que para el control de insectos (Couey, 1989).

### **2.1.3. RESPUESTAS AL CALOR.**

El principal obstáculo para realizar un control postcosecha en los frutos, es la sensibilidad que presentan muchos de ellos a las temperaturas que se requieren para llevarse a cabo tratamientos térmicos efectivos (Couey, 1989), además que no todos los frutos se calientan a la misma velocidad (Shellie y Mangan, 1994).

El efecto del calor se acentúa sobre la fisiología de las células de la planta, el daño ocasionado es muy similar en la mayoría de las células y conduce, en casos extremos, a la muerte de las mismas, los tejidos, órganos o la planta entera. El efecto del calor sobre la abscisión de la flor, la esterilidad del polen y el escaso amarre de la fruta es bien conocido y limita las áreas en que las plantas pueden cultivarse (Paull, 1990).

El someter a la planta a una temperatura elevada le provoca un estrés, la severidad de éste es determinada principalmente por la diferencia de temperatura y el tiempo de exposición. El exceso de exposición conduce a la muerte, mientras que la temperatura muy alta puede ser tolerada por períodos cortos (Paull, 1990).

La membrana celular es estresada cuando se somete a calentamiento. La pérdida de membrana es gradual con temperaturas crecientes, con la reparación y reversibilidad posible en tanto no se alcance una temperatura mortal de célula. El daño por calor involucra desnaturalización de proteínas o interrupción de síntesis

de proteínas. El calor afecta a las proteínas y a las enzimas. La agrupación de frutas tolerantes y sensibles al calor se llevó a cabo con tratamientos de agua caliente. La dificultad que se tiene con la división es que la termotolerancia depende de los cultivares, el tamaño de fruta, el estado de maduración y el manejo en postcosecha (Paull, 1990).

### **2.1.3.1. FRUTOS SENSIBLES**

Las frutas sensibles al calor incluyen melocotones, frambuesas y melones (Paull, 1990), además los limones y aguacates de California y también los duraznos y pimiento (Couey, 1989).

Otros frutos que se ven afectados en su metabolismo al ser expuestos al calor son la uva, la cereza y el tomate. Dichos frutos al ser expuestos a estos tratamientos ven inhibida la síntesis de pigmentos. Los plátanos almacenados a 40°C no maduran, mientras que al almacenarlos a 35°C la producción de compuestos volátiles se ve reducida (Kays, 1991).

La inmersión en agua caliente o los tratamientos con aire húmedo forzado podrían ser tratamientos alternativos para aquellos frutos sensibles al calor (McGuire, 1991).

En el cuadro 2 se presentan algunos de los frutos sensibles al calor y el tipo de tratamiento térmico utilizado.

**Cuadro 2. Respuesta de varios frutos sensibles al calor con respecto al desarrollo de daños (Paull, 1990).**

| Fruto   | Tipo de tratamiento | Tiempo  | Temperatura | Presenta daños |
|---|---------------------|---------|-------------|----------------|
| Manzana   | Aire caliente       | 96 h    | 43°C        | Si             |
|   | Aire caliente       | 96 h    | 45°C        | Si             |
| Aguacate  | Vapor caliente      | 8 h     | 43°C        | Si             |
| Plátano maduro                                  | Agua caliente       | 15 min  | 50°C        | Si             |
| Naranja   | Vapor caliente      | 8 h     | 43°C        | Si             |
| Papaya<br>Madurez fisiológica<br><br>25% Madura | Agua caliente       | 60 min  | 47.5°C      | Si             |
|   | Agua caliente       | 60 min  | 47.5°C      | Si             |
| Durazno   | Agua caliente       | 1.5 min | 45°C        | Si             |
|   | Agua caliente       | 40 min  | 40°C        | Si             |
| Pera  | Aire caliente       | 7 Días  | 38°C        | Si             |
| Tomate<br>Madurez fisiológica                   | Aire caliente       | 48 h    | 40°C        | Si             |

### 2.1.3.2. FRUTOS RESISTENTES

Los frutos tolerantes al calor son: plátano, papaya, mango, pera, y litchi (Paull, 1990); también el frijol, pepino y tabaco y además el melón (Lester, 1985; 1986). La naranja Valencia y la toronja son resistentes al daño por calor, usualmente presentan daño cuando son tratados por 8 h a 43°C, pero también presentan daños al ser expuestos a un calentamiento rápido a 49°C (Couey, 1989). El tratamiento a 49°C por 20 min es el límite para la tolerancia de calor en la papaya (Paull, 1990).

En el cuadro 3 se citan varios frutos resistentes al calor y el método de calor empleado.

**Cuadro 3. Respuesta de varios frutos resistentes al calor con respecto al desarrollo de daños (Paull, 1990).**

| Fruto                             | Tipo de tratamiento       | Tiempo  | Temperatura | Presenta daños |
|-----------------------------------|---------------------------|---------|-------------|----------------|
| Manzana                           | Agua caliente             | 6 min   | 45°C        | No             |
| Plátano<br>Madurez<br>fisiológica | Agua caliente             | 45 min  | 50°C        | No             |
| Pimiento                          | Vapor caliente            | 8 h     | 43°C        | No             |
| Melón                             | Agua caliente             | 30 s    | 57°C        | No             |
| Uva                               | Vapor caliente            | 8 h     | 43°C        | No             |
| Mango                             | Agua caliente             | 5 min   | 55°C        | No             |
|                                   | Agua caliente             | 75 min  | 46°C        | No             |
| Almizcle                          | Aire caliente             | 180 min | 45°C        | No             |
| Nectarina                         | Vapor caliente            | 30 min  | 43°C        | No             |
| Naranja                           | Agua caliente             | 5 min   | 53°C        | No             |
| Papaya<br>Madurez<br>fisiológica  | Rocío de agua<br>caliente | 3 min   | 54°C        | No             |
|                                   | Vapor caliente            | 30 min  | 45.2°C      | No             |
|                                   | Vapor caliente            | 8 h     | 43°C        | No             |
| Durazno                           | Agua caliente             | 2.5 min | 52°C        | No             |
|                                   | Aire caliente             | 15 min  | 54°C        | No             |
|                                   | Agua caliente             | 40 min  | 38°C        | No             |
|                                   | Aire caliente             | 40 h    | 38°C        | No             |
| Ciruela pasa                      | Agua caliente             | 6 min   | 55°C        | No             |
| Frambuesa                         | Agua caliente             | 2 min   | 52°C        | No             |
| Tomate<br>Madurez<br>fisiológica  | Vapor caliente            | 8 h     | 43°C        | No             |
|                                   | Radiación solar           |         |             |                |
|                                   | Radiación solar           | 105 h   | 50°C        | No             |
|                                   |                           | 166h    | 45°C        | No             |

### 2.1.3.3. FRUTOS CON RESPUESTA INTERMEDIA

Algunas de las que se encuentran en este grupo son manzana, nectarinas y tomates (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Comportamiento de varios frutos de respuesta intermedia al calor con respecto al desarrollo de daños (Paull, 1990).**

| Fruto                         | Tipo de tratamiento | Tiempo | Temperatura | Presenta daños |
|-------------------------------|---------------------|--------|-------------|----------------|
| Manzana                       | Agua caliente       | 45 s   | 54°C        | Ligero         |
| Nectarina                     | Aire caliente       | 10 min | 52°C        | Ligero         |
| Tomate<br>Madurez fisiológica | Aire caliente       | 24 h   | 42°C        | Ligero         |

### 2.1.3.4. BASES DE LA SENSIBILIDAD/TOLERANCIA AL CALOR

La sensibilidad varía dependiendo de la estación, los cultivares y la velocidad de calentamiento; también puede ser relacionada con la respuesta al choque térmico y la presencia de proteínas de choque térmico (Paull, 1990).

El daño por calor es inducido por exposición directa a los rayos solares o una excesiva exposición a altas temperaturas. Los síntomas de daño por calor en la maduración de los frutos, incluyen madurez heterogénea, quemaduras o escaldado en la piel; ligero grado de ablandamiento, o bien, ablandamiento general del fruto y deshidratación (Paull y Chen, 1990a).

Las plantas sufren cambios en la tolerancia al calor, debido a cambios en su composición química o contenido de humedad (Kays, 1991), los efectos sobre los frutos debido a la exposición a altas temperaturas pueden verse en la inhibición de la síntesis de pigmentos (Seymour, 1993). La medición del color es un parámetro importante de calidad en los alimentos. El color en frutas y hortalizas es una manifestación de composición y forma de los pigmentos de éstos. Medir los cambios de pigmentos es importante para entender la fisiología de maduración y senescencia de los frutos.

La exposición de peras y tomates a temperaturas superiores a 30°C por 48h o más, da como resultado una interrupción de diversos aspectos de maduración. Este fenómeno es caracterizado por una deficiencia para desarrollar una

pigmentación normal, el ablandamiento anormal y una disminución en la producción de etileno muy evidente (Paull, 1990).

## 2.1.4. RELACIÓN ENTRE LA SENSIBILIDAD O RESISTENCIA AL ESTRÉS CON EL CONTENIDO DE TREHALOSA

### 2.1.4.1. TREHALOSA

La trehalosa es un disacárido el cual está compuesto de residuos de monosacárido (2 restos de glucosa) unidos por enlaces glucosídicos. El nombre químico de la trehalosa D- $\alpha$ -glucopiranosil-(1-1)- $\alpha$ -D-glucopiranosido refleja los componentes monosacáridos, en la figura 1 se muestra su estructura.

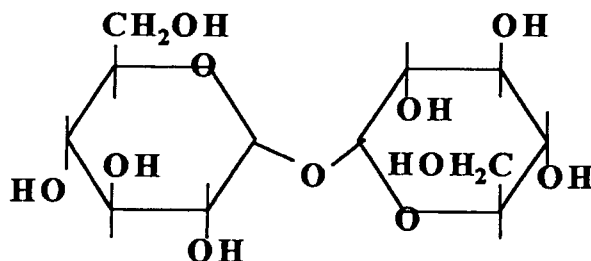


Figura 1. Estructura de la trehalosa.

Es una estructura representativa del disacárido  $\alpha$  (1-1). El símbolo  $\alpha$  se refiere a la configuración en el átomo anomérico del segundo residuo, toma parte en la formación del enlace glucosídico, el residuo se convierte en un glucósido conocido como piranosido. Como el azúcar ya no tiene carbono anomérico con un grupo libre potencial, aldehído o cetona, ya no muestra propiedades reductoras como la mayor parte de los demás azúcares (Murray, 1992).

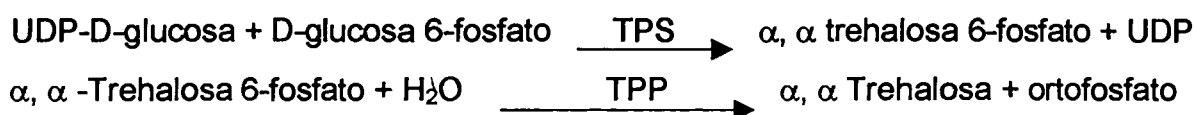
La trehalosa es un azúcar no reductor, es isómero de maltosa, no forma osazona y por hidrólisis da glucosa (Martín, 1992), difícilmente se hidroliza por los ácidos, no es hidrolizada por las enzimas invertasa, maltasa, ni emulsina, pero sí por la enzima específica trehalasa, que se encuentra en la levadura y en ciertos hongos, como *Aspergillus niger* (West, 1992). Es el principal azúcar encontrado en

la hemolinfa de muchos insectos (Lehninger, 1994). Además se encuentra en hongos (esporas) y en la pulpa de las frutas (Miller, 1973).

Este disacárido fue aislado por primera vez en 1832 por Wigger (Mellor, 1992), y en la naturaleza, la trehalosa se ha aislado de algas, bacterias, hongos, insectos, invertebrados y levaduras, así como también de algunas plantas vasculares como *Selaginella lepidophylla*. Actualmente, los microorganismos como levaduras se usan para la producción de trehalosa. Una de las desventajas de este sistema es la actividad muy alta de trehalasa en la célula de levadura, donde la enzima hidroliza a la trehalosa en moléculas de glucosa durante la extracción (Goddijn, 1997, 1998).

La trehalosa se detecta frecuentemente en los vegetales que forman simbiosis con diversos microorganismos y hasta el momento no se conoce con precisión el papel de este carbohidrato (Mellor, 1992).

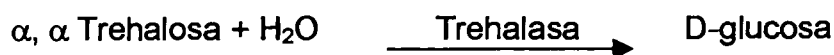
El mecanismo de biosíntesis de la  $\alpha, \alpha$  trehalosa fue demostrado por Cabib y Leloir (1958) en levadura de cerveza y se puede resumir en las siguientes reacciones:



La biosíntesis de la trehalosa comprende la formación de trehalosa-6-fosfato a partir de UDP-D-glucosa y D-glucosa-6-fosfato por la enzima trehalosa-6-fosfato sintetasa (TPS), que es consecutivamente desfosforilado en trehalosa por la enzima trehalosa-6-fosfato fosfatasa (TPP) (Goddijn, 1998).

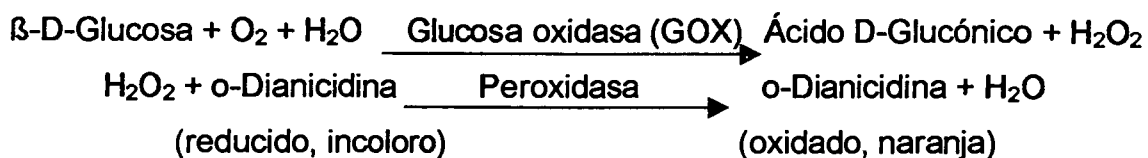
La hidrólisis de la trehalosa puede ocurrir de varias formas, en *Euglena gracilis* y *Pichia* fermentado por trehalosa fosforilasa, en *E. Coli* por fosforilación y una subsiguiente hidrólisis por trehalosa-6-fosfato hidrolasa y en plantas, hongos, animales y bacterias por medio de la enzima trehalasa (Goddijn, 1998).

La  $\alpha, \alpha$  trehalosa es hidrolizada bajo la influencia catalítica de la trehalasa



que ha sido encontrada en el polen de varias especies de plantas superiores (Goodwin, 1983).

La vía de detección de la trehalosa; se efectúa teniendo a ésta como sustrato y permitiendo la acción de la trehalasa para dar como producto de la reacción a la glucosa y efectuar las siguientes reacciones a partir de glucosa:



También se ha sugerido que la síntesis de trehalosa y su degradación pueden seguir una ruta alterna para la conversión de fructosa a glucosa (Kendall, 1990).

#### 2.1.4.2. FUNCIONES

Se cree que la trehalosa puede estar implicada en la termotolerancia, en la resistencia al estrés hídrico, en el fenómeno de osmoregulación, estabilización de membranas o como un compuesto de reserva de carbono para los microorganismos (Breedveld *et al.*, 1991; Burleigh y Dawson, 1994; Crowe *et al.*, 1984; Mellor, 1992) y además para proteger tejidos de plantas contra diversas tensiones (Goddijn, 1997).

La trehalosa protege enzimas y membranas, particularmente en condiciones de calor y estrés (Müller, 1995), también contra el daño por la congelación y desecación (Yoshikawa *et al.*, 1994); y puede usarse como un agente estabilizador en conservar biomoléculas semejantes a enzimas y para conservar características frescas en alimentos secos o congelados (Goddijn *et al.*, 1998). Si la trehalosa se acumula, puede afectar la regulación del metabolismo de carbohidratos y su partición en maneras imprevisibles (Müller, 1995).

La biosíntesis de la trehalosa en plantas puede jugar un papel en la regulación del metabolismo o en la percepción de la disponibilidad de carbohidratos (Goddijn, 1998). En general, se considera como un protector de tensión y agente conservador en vegetales (Goddijn, 1997). Sin embargo, en algunos estudios se observó un efecto negativo de la trehalosa sobre células vegetales (Wagner *et al.*, 1986).



### **2.1.4.3. RELACIÓN CON EL ESTRÉS**

El estrés es cualquier factor capaz de inducir una tensión potencialmente dañina en un sistema vivo. Más específicamente, una tensión es un factor externo (o sucesión de factores) de tal magnitud que tiende a desorganizar los procesos fisiológicos normales del organismo que da como resultado cambios indeseables en la calidad; por lo tanto, interrumpe, restringe o acelera los procesos metabólicos normales y lo hace en una manera adversa o negativa. El alcance de daño obtenido por la severidad del estrés, el tiempo que se expone a la planta y la resistencia constitutiva en las plantas, generan tensión (Kays, 1991).

Desde hace tiempo se ha señalado que la trehalosa puede estar involucrada en la tolerancia contra diversos tipos de estrés (Crowe *et al.*, 1984; Olson, 1995). En la naturaleza, la trehalosa sirve como un protector contra estrés en diferentes organismos (Eleutherio *et al.*, 1993). A través de muchos azúcares se pueden proteger proteínas bajo la inducción de estrés por deshidratación (Colaco *et al.*, 1992), el mecanismo por el cual la trehalosa puede estabilizar moléculas biológicas durante la desecación está en discusión (Crowe *et al.*, 1987).

La trehalosa tiene una función importante en el estrés como protector en plantas (Goddijn, 1998), se acumula en muchos microorganismos y en algunos frutos cuando ellos se exponen a diversas formas de tensión, puede servir como un protector de enzimas y membranas, particularmente bajo condiciones de estrés de deshidratación y calor.

Se especula que las plantas con una capacidad de acumulación de trehalosa podrían tener un rendimiento mejorado bajo condiciones de tensión y se ha estudiado en genes microbianos la síntesis de trehalosa en plantas (Müller, 1995).

### **2.1.4.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS**

Goddijn en 1997, llevó a cabo la detección y ensayo de la trehalosa determinándola cuantitativamente por HPAEC-PED (Cromatografía de alta resolución con detector de impulso electroquímico). Los extractos los obtuvo agregando agua al material congelado, que se calentó a 100°C por 15 min. Les agregó cantidades conocidas de trehalosa a los extractos de plantas, se recuperó el  $100 \pm 5$  % de la cantidad total después de la extracción. A las muestras las

analizó en un cromatógrafo de líquidos (modelo DX 300, Dionex) equipado con una columna de 4 X 250 mm Dionex 35391 Carbopac PA-1 y una precolumna de 4 X 50 mm Dionex 43096 Carbopac PA-1 (Dionex). Se utilizó trehalosa comercial como estándar. Para confirmar la identificación de trehalosa en el extracto vegetal, las muestras se incubaron con trehalasa, que se dializó con fosfato de sodio 10 mM, pH 6.5. La actividad de la trehalasa se midió usando como solución sustrato, trehalosa 50 mM, las muestras desarrollaron color y se analizaron en lector de ELISA a 405 nm con microplacas.

Anteriormente, Müller en 1995, llevó a cabo la cuantificación de la trehalosa determinando su concentración por medio de los liofilizados que fueron resuspendidos en 1 mL de agua desionizada y se tomaron 25 mL que fueron analizados por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) de intercambio iónico (Sunnyvale, CA) equipada con un detector de pulso electroquímico (Dionex). Se utilizó una columna CarboPac PA-1, así como una columna de guarda a un flujo de 0.8 mL/min a temperatura ambiente. La muestra se eluyó con NaOH 45 mM durante 30 min. Los resultados se integraron y graficaron en un integrador Varian 4400.

## **2.1.5. TREHALASA**

### **2.1.5.1. IMPORTANCIA**

La exposición de organismos extracelulares a diversas concentraciones de NaCl, sorbitol o glicerol da como resultado un aumento reversible en la actividad de la trehalasa. Se sugiere que la elevación en la actividad de trehalasa en *Schiz. pombe* bajo condiciones osmóticamente altas se debe a la síntesis de la enzima y que éste proceso se modula mediante una señal de traducción como parte de la respuesta fisiológica a la tensión osmótica. Sin embargo este efecto no parece formar parte del mecanismo en el aumento de trehalasa después del estrés por calor (Fernández *et al.*, 1997).

Afortunadamente las validamicinas son inhibidores muy específicos de la trehalasa, se dice que las validamicinas inhiben la actividad de la trehalasa desde diversas fuentes en concentraciones de  $10^{-6}$  M a  $10^{-10}$  M. La trehalasa es altamente sensible al inhibidor validamicina A, la cual se ha formulado para el

control de *Rhizoctonia solani* sobre las plantas de arroz y se vende bajo el nombre de "Solacol" (Kendall, 1990).

### 2.1.5.2. PRESENCIA

La trehalasa fue encontrada por Gussin y McCormack (1970) en el polen de un número de especies y se mostró que la trehalosa exógena se usa como una fuente de energía para la germinación del polen *in vitro* (Miller, 1973).

La actividad de la trehalasa se ha detectado en una amplia gama de plantas superiores por medio de eso ocupa una posición peculiar, por lo que la trehalosa no está presente en la mayoría de las plantas, probablemente, la presencia de la actividad de la trehalasa en todos los tejidos de plantas impide la acumulación de la trehalosa (Godijn *et al*, 1998).

En la inhibición de la actividad de la trehalasa se usa validamicina A dando como resultado un incremento en la acumulación de la trehalosa en plantas transgénicas (Godijn *et al*, 1998). Se han reportado dos trehalasas interconvertibles, cuyo mecanismo de activación parece ser la fosforilación por una cinasa dependiente de AMPc (Dellamora-Ortiz *et al.*, 1986; Londesborough y Varimo, 1984). Una serie de trehalasas asociadas a membranas se han obtenido de fuentes animales tan diversas como conejos, glándulas labiales de hormigas, abejas, cucarachas y camarones (Mellor, 1992).

En las plantas superiores, la trehalasa ocupa una posición especial ya que el substrato (trehalosa) está ausente (excepto en órganos simbióticos), la actividad de trehalasa está presente en la caña de azúcar (Glasziou y Gayler, 1969), también en el polen de los géneros *Lilium*, *Lycopersicum*, *Hermerocallis*, *Glatonia*, *Carmelia*, y *Lathyrus*. Veluthambi *et al.*, (1981) reportaron actividad de trehalasa en los géneros *Lemna*, *Nicotina*, *Datura*, *Daucus*, *Glycine*, *Zea*, *Raphanus* y *Quamoclit*, actividad baja en hojas primarias de *Phaseolus* y no se detectó en *Cuscata*.

Las trehalasas se han encontrado en diversos tejidos; particularmente en las actividades que ocurren en el polen. Están en discusión las funciones posibles de la trehalasa en los vegetales, su importancia se centra en la interacción de plantas y microorganismos con trehalosa acumulada (Müller, 1995).

### **2.1.5.3. FUNCIONES**

La trehalosa es hidrolizada bajo la influencia catalítica de trehalasa que ha sido encontrada en el polen de varias especies de plantas superiores (Goodwin, 1983). Puede usarse para metabolizar trehalosa producida por infecciones fúngicas. Estos tejidos se exponen frecuentemente a los hongos y podría esperarse que desarrollen un mecanismo defensivo tal como una alta actividad de trehalasa. Suponiendo que la actividad no es inducible, por lo que esto argumenta que no hay un papel fungicida para la trehalasa (Kendall, 1990).

La planta mostró actividad de trehalasa, la cual afectó la acumulación de trehalosa en la misma. Un aumento en trehalosa acumulada, se notó cuando el potente inhibidor validamina A actuó sobre la trehalasa. La validamicina A es capaz de inhibir la actividad de trehalasa en plantas, éste compuesto se coloca en la raíz de la planta y así es transportado a otros tejidos, por medio de eso inhibe la actividad de trehalasa en la planta (Godijn *et al*, 1997). La trehalasa, es una glicosidasa importante implicada en regular niveles de trehalosa y la energía metabólica en insectos (Jahagirdar, 1991).

### **2.1.5.4. ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD**

Müller *et al.* (1992) llevó a cabo la determinación de la actividad de la trehalasa, para su cuantificación, los extractos se obtuvieron a partir de frutos que fueron previamente congelados y molidos. Diferentes cantidades del extracto fueron incubadas (37°C, 30 min) a las cuales se les adicionó trehalosa 10 mM. La reacción fue detenida por calentamiento (70°C, 10 min) y la concentración de glucosa generada se cuantificó con el método de la glucosa oxidasa-peroxidasa utilizando un kit comercial.

### III. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, una de las líneas de investigación en postcosecha está dirigida a la utilización de tratamientos a base de calor, los cuales son efectivos en su acción fungicida e insecticida, fáciles de aplicar, no dejan residuos químicos, y además, disminuyen la sensibilidad del fruto al frío.

Cuando los tratamientos térmicos son aplicados correctamente se extiende la vida de almacenamiento de los frutos y se reducen las pérdidas económicas. Sin embargo, estos tratamientos pueden causar daños a los frutos ya que existe variabilidad entre los diferentes frutos y hasta en las diferentes variedades en relación con la exposición al calor. Por ello es importante evaluar los daños físicos causados por la exposición de los frutos a altas temperaturas.

Además la información disponible señala que la trehalosa es un disacárido común en los microorganismos y que su acumulación en frutos, ha generado una serie de interrogantes que tratan de explicar su papel. Como ya se mencionó, la trehalosa puede estar involucrada en la tolerancia de los frutos (planta) a condiciones adversas. Dentro de éstas, la deshidratación ocupa un lugar importante y no puede explicarse sólo desde la capacidad intrínseca de la planta para tolerar esas condiciones. Además la trehalosa puede dar resistencia a las frutas al ser sometidas a un estrés térmico, sin embargo, hay desventaja cuando las trehalasas se activan e hidrolizan el desacárido.

## **IV. HIPÓTESIS**

Los frutos sometidos a temperaturas altas sufren cambios fisiológicos y/o bioquímicos. La actividad enzimática de la trehalasa probablemente tiene relación con la sensibilidad o resistencia de los frutos al calor.

## **V. OBJETIVOS**

### **5.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la sensibilidad/tolerancia de diferentes frutos al estrés térmico y su relación con la actividad de la trehalasa.

### **5.2. OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Determinar la sensibilidad/tolerancia de los siguientes frutos: aguacate 'Hass', calabaza (italiana), guayaba, limón (agrio sin semilla), mango 'Ataulfo', mango 'Manila', mango 'Paraíso', manzana 'Golden Delicious', manzana 'Grammy Smith', manzana 'Rome Beauty', manzana 'Starking', pera 'D'Anjou', pera 'Packham's Triumph', plátano 'Baby', plátano 'Dominico' y tuna (blanca) al estrés térmico.
2. Determinar la actividad de la enzima trehalasa en dichas frutas y hortalizas.
3. Evaluar la relación de la actividad de la trehalasa con el estrés térmico.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. MATERIALES

#### 6.1.1. MATERIAL BIOLÓGICO.

Los diferentes tipos de frutos utilizados en este experimento fueron aguacate 'Hass', calabaza (italiana), guayaba, limón (agrio sin semilla), mango 'Ataulfo', mango 'Manila', mango 'Paraíso', manzana 'Golden Delicious', manzana 'Granny Smith', manzana 'Rome Beauty', manzana 'Starking', pera 'D'Anjou', pera 'Packham's Triumph', plátano 'Baby', plátano 'Dominico' y tuna (blanca) fueron comprados en un centro comercial.

#### 6.1.2. REACTIVOS QUÍMICOS.

##### •Amortiguador de fosfato de sodio 0.1M a pH de 6.5

Se prepararon 2 soluciones (A y B). La solución A se refiere a  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  y consistía en preparar  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  (0.2 M), para ello se pesaron 1.03799 gr de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  y se disolvieron en 50 mL de agua HPLC. La solución B consistía en  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (0.2 M), para ello se pesaron 1.4196 gr de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  y se disolvieron en 50 mL de agua HPLC. Una vez preparadas las 2 soluciones, se agregaron 34.30 mL de la solución A y 15.60 mL de la solución B para preparar 100 mL del amortiguador de fosfato de sodio 0.1 M a pH de 6.5, se ajustó el pH a 6.5 agregando solución B y de ahí se aforó a 100 mL con agua destilada. Se almacenó a 4°C.

##### •Solución sustrato: 50 mL de trehalosa en el amortiguador de fosfatos a pH de 6.5

Se calcularon los gramos de trehalosa requeridos  $(378.3 \text{ gr/mol})(0.050 \text{ M})(0.010 \text{ L}) = 0.18915 \text{ gr}$  de trehalosa y se disolvieron en 10 mL de agua HPLC. Se almacenó a 4°C.

##### •Glucosa Oxidasa (GOX) 1000 UI/mL

SIGMA. Se almacenó a 4°C.

• *Peroxidasa de rábano (POX) 1 mg/mL*

Se disolvieron 0.01 gr de POX en 1 mL de agua. Se almacenó a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

• *o-Dianisidina 10 mg/mL de etanol*

Se disolvieron 0.001 gr de o-Dianisidina en 1 mL de etanol. Se almacenó a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

• *Tritón X-100 10 mL/40 mL de etanol*

Se agregó 1 mL de Tritón X-100 en 4 mL de etanol. Se almacenó a  $4^{\circ}\text{C}$ .

• *Amortiguador Tris-HCl 0.5 M a pH de 7*

Se calcularon los gramos de Tris base (0.5 M) (0.1 L) (121 gr/mol) = 6.055 de Tris base, se solubilizaron en 50 mL de agua HPLC, se agitó y se ajustó el pH a 7 con HCl concentrado y se fueron haciendo diluciones 1:1, después se fueron bajando las diluciones por el pH de 7.3 hasta obtener el pH de 7. Una vez ajustado el pH se aforó a 100 mL con agua HPLC. Se almacenó a  $4^{\circ}\text{C}$ .

• *Mezcla GOX-POX*

Se mezclaron 0.25 mL de GOX + 0.25 mL de POX + 0.25 mL de o-Dianisidina + 0.5 mL de Tritón X-100. Se ajustó el volumen a 50 mL con el amortiguador Tris-HCl a pH de 7. Se almacenó a  $4^{\circ}\text{C}$ .



## 6.2. MÉTODOS

En la figura 2 se muestra el proceso que se siguió en el manejo de las muestras hasta la realización de los diferentes análisis.

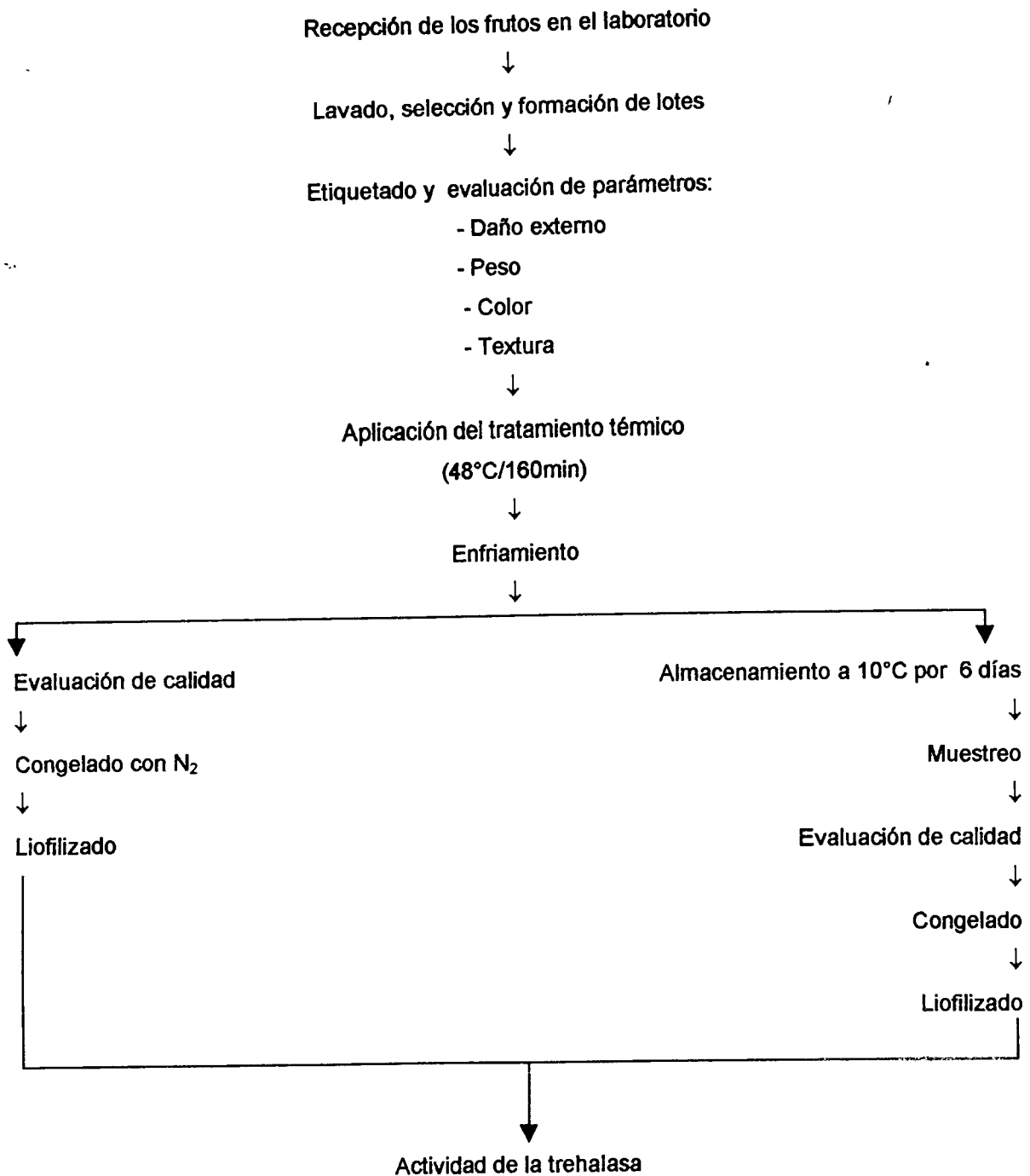


Figura 2. Esquema general del trabajo.

### **6.2.1. MANEJO DE MUESTRAS**

Los frutos se transportaron al laboratorio en bolsas de plástico. Se lavaron, seleccionaron y formaron los lotes. Los frutos se clasificaron en 4 lotes homogéneos basándose en su tamaño, se etiquetaron y evaluaron los parámetros de calidad: daño externo (Cuadro 5), peso y color. Dos de los lotes sirvieron como lotes control y los otros dos lotes fueron tratados.

### **6.2.2. TRATAMIENTO CON AIRE FORZADO SECO**

Se utilizó una cámara controlada para proporcionar este tratamiento a los 16 tipos de frutos analizados. La cámara está construida de una hoja metálica de acero inoxidable, con una dimensión de 156 cm (61.41") de altura, 70 cm (27.55") de ancho y 132 cm (52") de profundidad. Tiene secciones para 4 cajas plásticas cada una con una dimensión de 60.6 cm (23.85") de largo, 14.4 cm (5.66") de ancho y 17.8 cm (7") de altura y una capacidad de alrededor de 80-120 kg. La temperatura de la cámara se eleva arriba de la temperatura ambiente por medio de un calentador de tiras eléctricas que es activado, usando la técnica de control proporcionada por el tiempo, y la temperatura es mantenida dentro de  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  sobre el rango 20-60°C por activación automática de 41 000 W, elementos de calentamiento eléctrico de 230 V conforme se requiera.

El tratamiento térmico aplicado en este experimento fue de 48°C por 160 min y se controló con las características mencionadas anteriormente. Una vez finalizado el tratamiento, los frutos fueron sacados de la cámara y enfriados en agua a temperatura ambiente por 30 min, posteriormente uno de los lotes de los frutos tratados y uno de los frutos control, se almacenaron a 10°C con una HR del 85%. Los otros dos lotes fueron evaluados.

### **6.2.3. FECHAS DE MUESTREO**

Los frutos se muestrearon a los 0, 0.25 y 6 días después del tratamiento y se utilizó el mismo número de frutos en cada lote (control y tratamiento).

Para hacer las evaluaciones de daño (interno y externo), peso, color y textura, los frutos estaban a temperatura ambiente, por lo cual para el muestreo de 6 días, los frutos se analizaron 12 h después de retirarse del almacenamiento en frío. Los frutos se cortaron en pequeños cubos, se congelaron con nitrógeno

líquido y se colocaron en frascos de plástico para ser almacenados en un ultracongelador (REVCO Scientific, modelo A297004H01) a  $-80^{\circ}\text{C}$ .

Una vez congelados los frutos, se liofilizaron y de esta manera se utilizó el tejido para realizar el análisis de la actividad enzimática.

## 6.2.4. PARÁMETROS FISIOLÓGICOS DE CALIDAD

### 6.2.4.1. DAÑOS

Esta determinación se llevó a cabo por medio de una evaluación subjetiva de los frutos, tomando en cuenta la escala propuesta en el cuadro 5.

**Cuadro 5. Escala subjetiva para determinar el grado del daño en los frutos.**

| Escala | Grado de daño en la superficie e interior del fruto |
|--------|---|
| 0      | 0%  |
| 1      | $>0 \leq 10\%$                                      |
| 2      | $>11 < 20\%$  |
| 3      | $>21 < 30\%$  |
| 4      | $>31 < 40\%$  |
| 5      | $>41 < 50\%$  |
| 6      | $>51 < 60\%$  |
| 7      | $>61 < 70\%$  |
| 8      | $>71 < 80\%$  |
| 9      | $>80\%$   |

### 6.2.4.2. PÉRDIDA DE PESO

La pérdida de peso se determinó en una balanza analítica marca Sartorius Basic modelo BA-1105 con una capacidad de 0-2100 gr. El peso inicial fue evaluado el día de su llegada (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Peso inicial de los diferentes frutos control y tratados.**

| FRUTO                      | PESO (gr) |         |          |         |
|----------------------------|-----------|---------|----------|---------|
|                            | CONTROL   |         | TRATADO  |         |
|                            | PROMEDIO  | E. E.   | PROMEDIO | E. E.   |
| Aguacate 'Hass'            | 174.88    | ± 5.13  | 172.05   | ± 5.90  |
| Calabaza (italiana)        | 77.60     | ± 3.42  | 81.23    | ± 3.68  |
| Guayaba                    | 55.94     | ± 1.25  | 57.65    | ± 1.80  |
| Limón (agrio sin semilla)  | 96.91     | ± 2.36  | 94.80    | ± 2.48  |
| Mango 'Ataulfo'            | 373.03    | ± 20.63 | 386.13   | ± 27.94 |
| Mango 'Manila'             | 230.27    | ± 5.92  | 237.84   | ± 7.57  |
| Mango 'Paraíso'            | 425.70    | ± 24.90 | 438.92   | ± 25.21 |
| Manzana 'Golden Delicious' | 187.64    | ± 2.74  | 193.08   | ± 1.98  |
| Manzana 'Granny Smith'     | 150.03    | ± 1.13  | 146.52   | ± 1.76  |
| Manzana 'Rome Beauty'      | 175.04    | ± 3.38  | 169.91   | ± 2.95  |
| Manzana 'Starking'         | 193.51    | ± 1.77  | 193.18   | ± 2.53  |
| Pera 'D'Anjou'             | 191.74    | ± 3.27  | 189.90   | ± 2.55  |
| Pera 'Packham's Triumph'   | 184.63    | ± 1.99  | 182.78   | ± 1.81  |
| Plátano 'Baby'             | 125.65    | ± 2.43  | 123.62   | ± 2.51  |
| Plátano 'Dominico'         | 71.45     | ± 1.59  | 72.85    | ± 1.26  |
| Tuna (blanca)              | 120.7     | ± 8.72  | 152.09   | ± 6.88  |

E.E. = Error estándar

Para determinar la pérdida de peso de los frutos tanto controles como tratados los frutos fueron pesados al inicio de cada uno de los muestreos ( 0, 0.25 y 6 días) realizados, siempre y cuando los frutos se encontraran a temperatura ambiente. Utilizando la siguiente ecuación:

$$PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

PP = Pérdida de peso

P<sub>i</sub> = Peso inicial del fruto ( a la llegada al laboratorio)

P<sub>f</sub> = Peso final del fruto (después del tratamiento y almacenamiento)

### **6.2.4.3. TEXTURA**

La textura se determinó con un texturómetro modelo TAHD el cual opera con un microsistema XTRAD 5.15.

Las condiciones para la operación del equipo fueron:

\*Longitud de penetración: 8 mm

\*Velocidad de penetración: 1 mm/s

\*Tipo de gráfica: Fuerza X Distancia.

\*Unidades en las que se expresa: Newtons.

Esta evaluación se aplicó en todos los frutos, se utilizó una sonda de 5 mm de diámetro y se tomaron 2 puntos de cada fruto para realizar la medición procediendo a quitar la cáscara donde se realizó la penetración. La textura se midió como la fuerza de ruptura.

### **6.2.4.4. COLOR**

El color externo se evaluó con un colorímetro Minolta modelo CM-2002 que opera un programa espectra QC versión 7.2 y se reportó como el valor de a\* (matiz verde a rojo), b\* (matiz azul a amarillo), L\* (la luminosidad está asociada con la brillantez que depende del flujo luminoso que es transmitido o reflejado por la muestra), h° (tonalidad de matiz), C\* (grado de saturación del matiz o la intensidad de éste) (McGuire, 1992, Voss, 1992).

El color se reportó como valor hue (h°), croma (C\*) y luminosidad (L\*).

## **6.2.5. ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA TREHALASA**

### **6.2.5.1. PREPARACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN DE GLUCOSA**

Para determinar la concentración de actividad de la trehalasa en el lector de ELISA se utilizó una curva de calibración, en la cual se usaron estándares de glucosa para construirla. La preparación de los estándares se llevó a cabo a partir de glucosa estándar (100mg/dL) a partir del cual se diluyó a 10 mg/mL aproximadamente a 0.5 mL (10 mg/mL) + 9.5 mL de amortiguador obteniéndose las concentraciones presentadas en el cuadro 7.

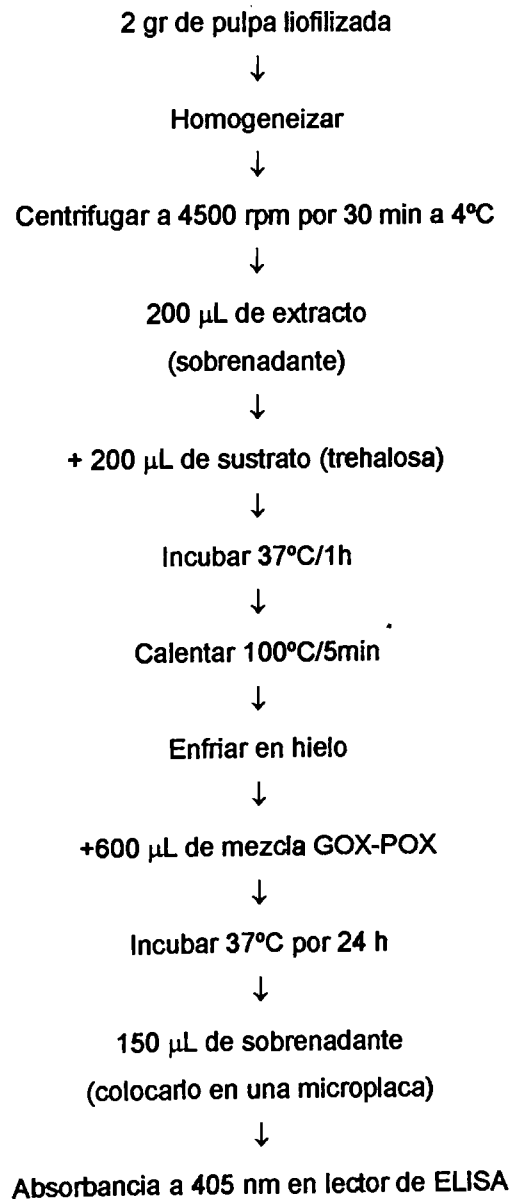
**Cuadro 7. Concentración de los estándares utilizados para la curva de calibración de glucosa.**

| PATRÓN ( $\mu\text{L}$ ) | AMORTIGUADOR ( $\mu\text{L}$ ) | GOX-POX ( $\mu\text{L}$ ) | CONCENTRACION (mg de glucosa/mL) |
|--------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 0                        | 100                            | 600                       | 0                                |
| 20                       | 80                             | 600                       | 0.014                            |
| 40                       | 60                             | 600                       | 0.029                            |
| 60                       | 40                             | 600                       | 0.043                            |
| 80                       | 20                             | 600                       | 0.057                            |
| 100                      | 0                              | 600                       | 0.071                            |

#### **6.2.5.2. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE TREHALASA**

Se pesaron 2 gr de pulpa de fruta liofilizada. Se homogeneizaron con 10 mL de amortiguador de fosfato a pH de 6.5. Las mezclas se centrifugaron a 4500 rpm por 30 min a 4°C, del sobrenadante se tomaron alícuotas de 200  $\mu\text{L}$ . Se adicionaron 200  $\mu\text{L}$  de la solución sustrato. Se mezclaron perfectamente. La mezcla se incubó a 37°C por 1 h. Para detener la reacción, se calentó a 95°C por 5 min y pasado ese tiempo se enfrió rápidamente en hielo. Posteriormente, se adicionaron 600  $\mu\text{L}$  de una mezcla de GOX-POX. La mezcla se incubó a 37°C por 24 h. Se observó el desarrollo de coloración naranja. Se tomaron 150  $\mu\text{L}$  del sobrenadante y se colocaron en una microplaca. Finalmente se leyó la absorbancia a 405 nm en el equipo lector de placas.

En la figura 3 se menciona la determinación de la actividad de la trehalasa de manera resumida.



**Figura 3. Determinación de la actividad de la trehalasa.**

Para la actividad de la trehalasa se prepararon las muestras problema y blanco, para los 16 frutos. A la muestra problema se le colocaron 200µL de extracto más 200µL de trehalosa, al blanco 200µL de extracto más 200µL de amortiguador de fosfatos 0.1M (pH 6.5).

Para obtener la actividad de la trehalasa se utilizó la siguiente fórmula:

$$AT = MP - MB$$

Donde:

MP = muestra problema

MB = muestra blanco

AT = actividad de trehalasa

Para obtener la concentración de trehalosa hidrolizada por minuto:

$$\text{nmoles/ Trehalosa hidrolizada / min} = (AT) (1835.7 \text{ nmoles/min})$$

### 6.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para las evaluaciones de grado de daño, pérdida de peso, textura y color se utilizó estadística descriptiva y regresión lineal. Se hizo comparación de medias. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando los programas Microsoft Excel 97 y SigmaPlot versión 2.0.



## VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 7.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

En la figura 4a se muestran los cambios en temperatura de la cámara durante el tratamiento térmico. Se observó que la temperatura del aire de entrada a la cámara alcanzó un máximo de 49°C y en la salida fue de 47°C.

La pera 'D'Anjou' alcanzó una temperatura de 44.5°C, la manzana 'Rome Beauty' alcanzó los 47°C, la tuna (blanca) los 46.5°C y la manzana 'Granny Smith' 46°C (Figura 4b). El limón (agrio sin semilla) alcanzó una temperatura de 47°C, la guayaba una de 47°C, mango 'Paraíso' una de 47.5°C y el aguacate 'Hass' de 44°C (Figura 4c). El mango 'Manila' alcanzó una temperatura de 46°C, la manzana 'Starking' una de 48°C, la manzana 'Golden Delicious' de 45°C y mango 'Ataulfo' de 47°C (Figura 4d). Por lo que se puede decir que el aguacate 'Hass' fue el que tuvo menor transferencia de calor (velocidad de calentamiento baja) y solo alcanzó una temperatura de 44°C. Otros alcanzaron la temperatura de 44.5 y 45°C como la pera 'D' Anjou' y manzana 'Golden Delicious', respectivamente. En cambio, la manzana 'Starking' fue la que tuvo mayor transferencia de calor (velocidad de calentamiento alta) alcanzando una temperatura de 48°C, y los frutos restantes como la manzana 'Rome Beauty', tuna (blanca), manzana 'Granny Smith', limón (agrio sin semilla), guayaba, mango 'Paraíso', 'Manila' y 'Ataulfo' tuvieron un comportamiento similar, o sea, una transferencia relativamente rápida pero sin alcanzar la temperatura de 48°C.

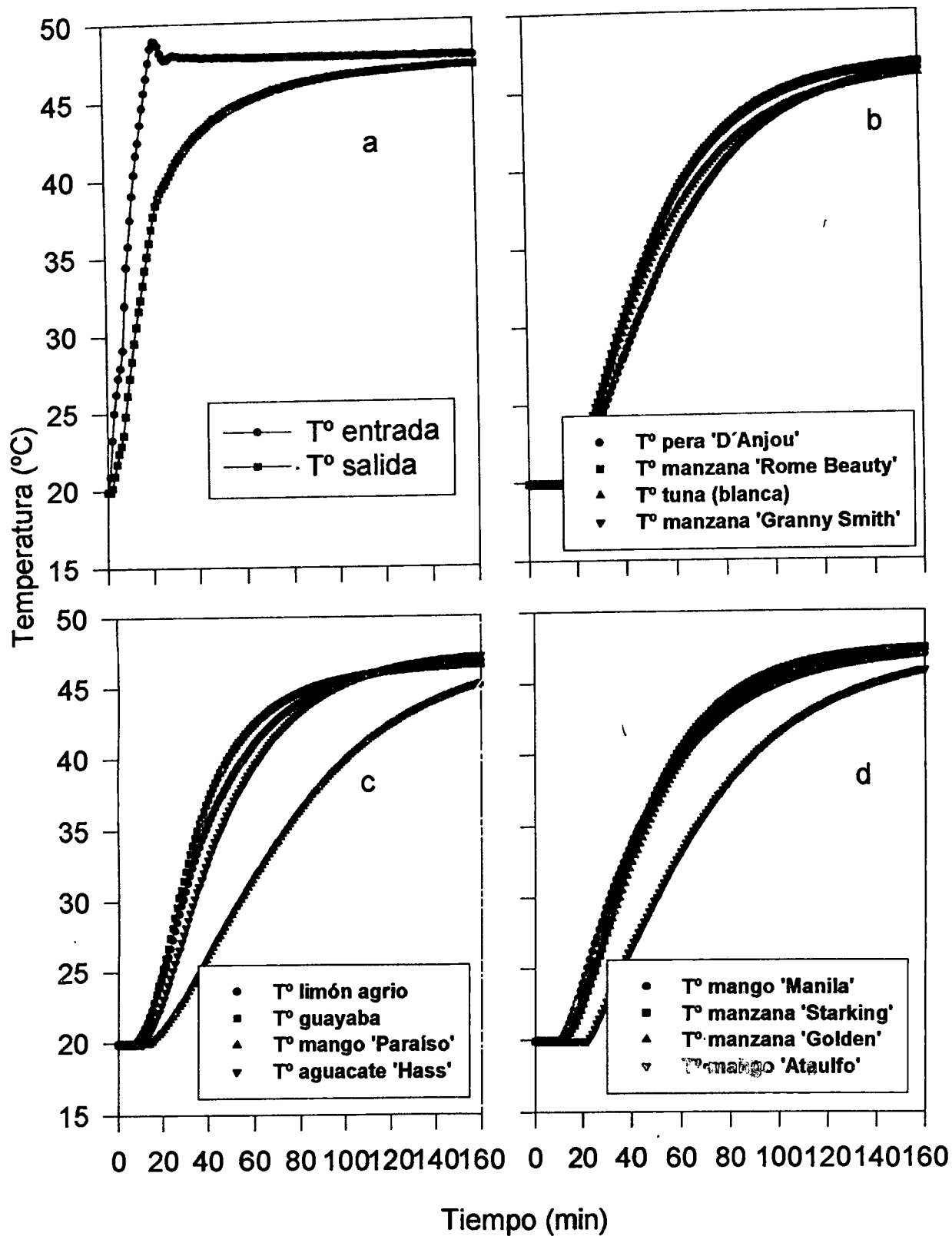


Figura 4. Comportamiento de la temperatura en diferentes frutos durante el tratamiento térmico a 48°C por 160 min y 50% de humedad relativa.

En el cuadro 8 se presentan los daños de los diferentes frutos tratados. Basándonos en la escala subjetiva y agrupando los frutos en 5 rangos de daño. Se observa que el aguacate 'Hass', calabaza (italiana), guayaba, limón (agrio sin semilla), mango 'Manila, pera 'D'Anjou', pera 'Packham's Triumph', plátano 'Baby' y plátano 'Dominico' tuvieron daños muy severos en la superficie y en el interior del fruto (frutos muy sensibles). La manzana 'Golden Delicious', 'Granny Smith' y 'Rome Beauty' tuvieron daños severos en la superficie e interior del fruto (frutos sensibles). La tuna (blanca) tuvo daño ligero en la superficie e interior del fruto (fruto de sensibilidad intermedia). El mango 'Ataulfo' y la manzana 'Granny Smith' tuvieron daños extremadamente ligeros en la superficie e interior del fruto (frutos ligeramente sensibles). El mango 'Paraíso' no tuvo daños (fruto no sensible).

**Cuadro 8. Daño externo e interno de los diferentes frutos tratados.**

|                            | DAÑO EXTERNO |       |          |       | DAÑO INTERNO |       |          |       |
|----------------------------|--------------|-------|----------|-------|--------------|-------|----------|-------|
|                            | 0.25 Días    |       | 6 Días   |       | 0.25 Días    |       | 6 Días   |       |
|                            | Promedio     | E. E. | Promedio | E. E. | Promedio     | E. E. | Promedio | E. E. |
| Aguacate 'Hass'            | 4.83         | 1.04  | 9        | 0     | 0.5          | 0.22  | 7        | 1.03  |
| Calabaza (italiana)        | 1.07         | 0.22  | 9        | 0     | 0            | 0     | 9        | 0     |
| Guayaba                    | 8.35         | 0.23  | 9        | 0     | 0.31         | 0.17  | 9        | 0     |
| Limón (agrio sin semilla)  | 0.2          | 0.09  | 8.9      | 1.37  | 9            | 0     | 9        | 0     |
| Mango 'Ataulfo'            | 0            | 0     | 0.5      | 0.34  | 0            | 0     | 2.17     | 0.40  |
| Mango 'Manila'             | 0            | 0     | 0.43     | 0.20  | 0            | 0     | 8.43     | 0.57  |
| Mango 'Paraíso'            | 0.1          | 0.1   | 0.2      | 0.2   | 0            | 0     | 0.4      | 0.24  |
| Manzana 'Golden Delicious' | 5.57         | 0.56  | 7.43     | 0.69  | 1.86         | 0.55  | 2        | 1     |
| Manzana 'Granny Smith'     | 1.57         | 0.31  | 3        | 0.76  | 7            | 1.15  | 7.71     | 0.84  |
| Manzana 'Rome Beauty'      | 6.33         | 0.59  | 8.67     | 0.21  | 7.83         | 0.60  | 7        | 1.37  |
| Manzana 'Starking'         | 0            | 0     | 0        | 0     | 0.43         | 0.20  | 2.86     | 0.46  |
| Pera 'D'Anjou'             | 9            | 0     | 9        | 0     | 2.5          | 0.56  | 7.17     | 0.70  |
| Pera 'Packham's Triumph'   | 9            | 0     | 9        | 0     | 0.17         | 0.17  | 1.83     | 0.65  |
| Plátano 'Baby'             | 2.5          | 0.5   | 8.63     | 0.18  | 3            | 0.60  | 9        | 0     |
| Plátano 'Dominico'         | 3.05         | 0.26  | 8.91     | 0.09  | 0.36         | 0.15  | 2.18     | 0.12  |
| Tuna (blanca)              | 0.57         | 0.20  | 3.57     | 0.75  | 0            | 0     | 0        | 0     |

E.E = Error estándar

## 7.2. PARÁMETROS DE CALIDAD

### 7.2.1. AGUACATE 'HASS'

Para los frutos control no se presentó daño interno (Figura 5a) en las evaluaciones a los 0, 0.25 y 6 días dando un valor de 0 (0% de daño), mientras que en los frutos tratados, inmediatamente después del tratamiento su daño fue muy ligero de 0.5 ( $>0 \leq 10\%$  de daño) y al terminar el almacenamiento por 6 días presentó un valor de 7 (61-70% de daño). Por lo que se puede decir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando puntos negros y pudrición café en los frutos tratados. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y después del almacenamiento a 6 días.

El daño externo (Figura 5b) en los frutos control no se presentó en las evaluaciones de 0, 0.25 y 6 días dando un valor de 0 (0% de daño), mientras que los frutos tratados presentaron inmediatamente después del tratamiento un daño de 5 (41-50% de daño) y un valor de 9 ( $>80\%$  de daño) después de los 6 días de almacenamiento. Por lo que se puede inferir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando cáscara oscura los frutos tratados. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y después del almacenamiento por 6 días.

La pérdida de peso (Figura 5c) en los frutos control a los 0.25 días no presentó en cambio después del almacenamiento hasta por 6 días fue de 6%, mientras que en los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su pérdida de peso fue de 3% debido a una deshidratación y a los 6 días presentaron un valor de 6%. Por lo que se puede suponer que la pérdida que influye más es la que ocurre a los 0.25 días ya que pudo deberse al tratamiento térmico por que a los 6 días tanto el control como el tratado perdieron lo mismo. Inmediatamente después del tratamiento hubo diferencia significativa entre control y tratado, en cambio, a los 6 días de almacenamiento no hubo.

La firmeza (Figura 5d) para los frutos control fue de 40 N a los 0 y 0.25 días y después del almacenamiento por 6 días disminuyó a 30 N, mientras que en los frutos tratados fue de 40 N a los 0 días, 39 N inmediatamente después del tratamiento y 28 N después de 6 días de almacenamiento. Lo cual quiere decir

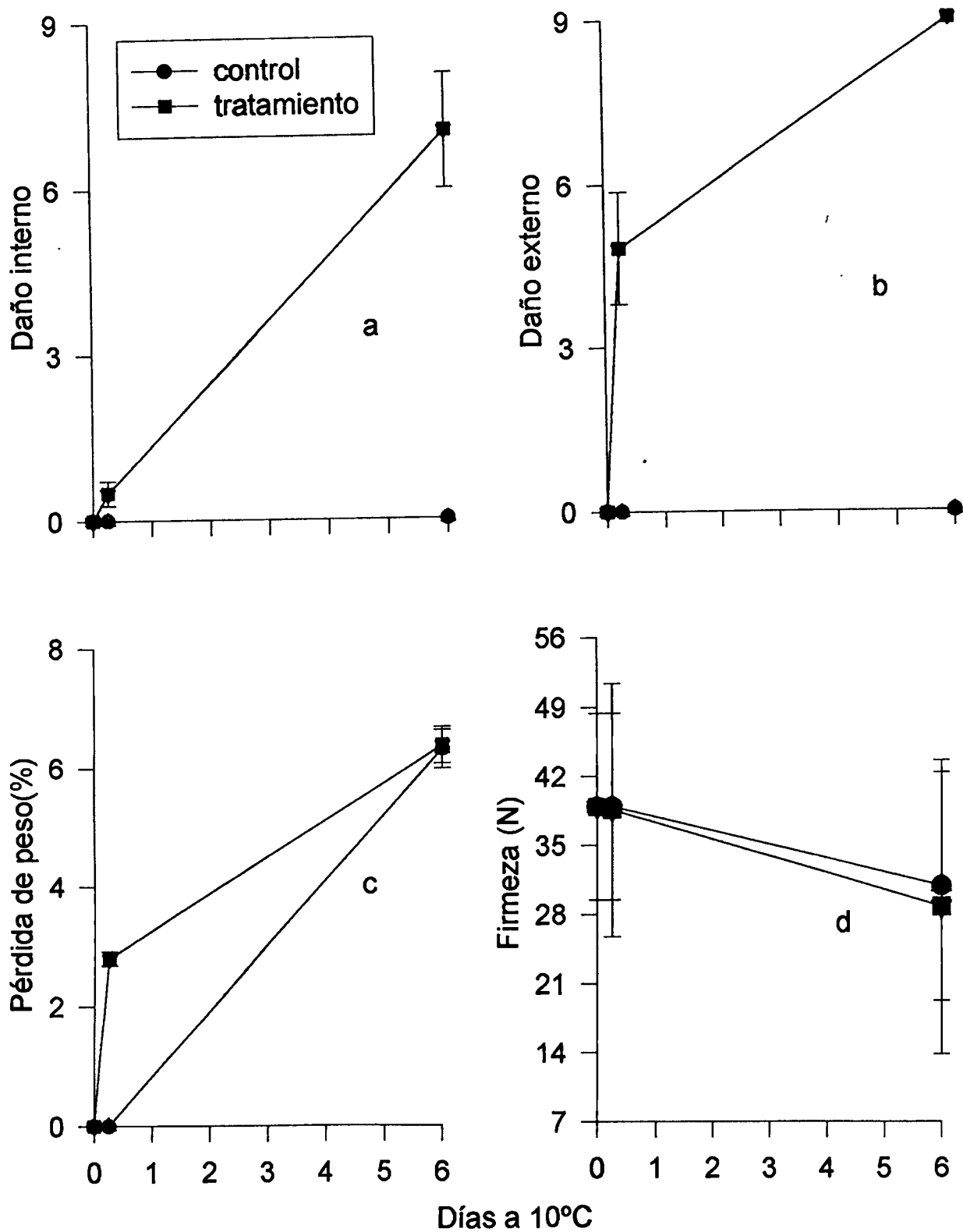


Figura 5. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en aguacate 'Hass' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.

que los frutos perdieron firmeza debido a que maduraron y tanto el control como el tratado tuvieron una misma tendencia. No hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 0, 0.25 y 6 días.

Los frutos control tienen valores de  $a^*$  (Figura 6a) de -6 a los 0 y 0.25 días y después del almacenamiento fue un valor de -3 donde el aumento en los valores de  $a^*$  fue debido a que maduraron los frutos, mientras que los frutos tratados presentaron valores de  $a^*$  de -6 a los 0 días, -0.5 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento el valor fue de 0.5. Donde el cambio en los valores de  $a^*$  se debió al tratamiento térmico y al almacenamiento a 10°C ya que los frutos control presentaron cambios en  $a^*$  después del almacenamiento en frío. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y al finalizar los 6 días de almacenamiento.

Los frutos control tienen valores de  $b^*$  (Figura 6b) de 11 al inicio y a los 0.25 días y un valor de 7 después de los 6 días de almacenamiento donde el decremento en los valores de  $b^*$  fue debido a que maduraron, mientras que los frutos tratados presentaron valores de 12 a los 0 días, 6 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento un valor de 2. El decremento en los valores de  $b^*$  se debió al tratamiento térmico y al almacenamiento a 10°C por que probablemente maduraron. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

Los valores de  $h^o$  (Figura 6c) indican que los frutos control tenían un color verde-amarillo (valor de 119) al inicio y a los 0.25 días, durante el almacenamiento permaneció semejante (valor de 115) donde se puede decir que no hubo cambio de color, mientras que los frutos tratados presentaron al inicio un color verde-amarillo (valor de 118), un color amarillo (valor de 90) inmediatamente después del tratamiento y durante los 6 días de almacenamiento permaneció un color amarillo-café (valor de 70). Lo cual quiere decir que el cambio de color se debió al tratamiento térmico y no al almacenamiento en frío. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y una vez transcurridos los 6 días de almacenamiento.

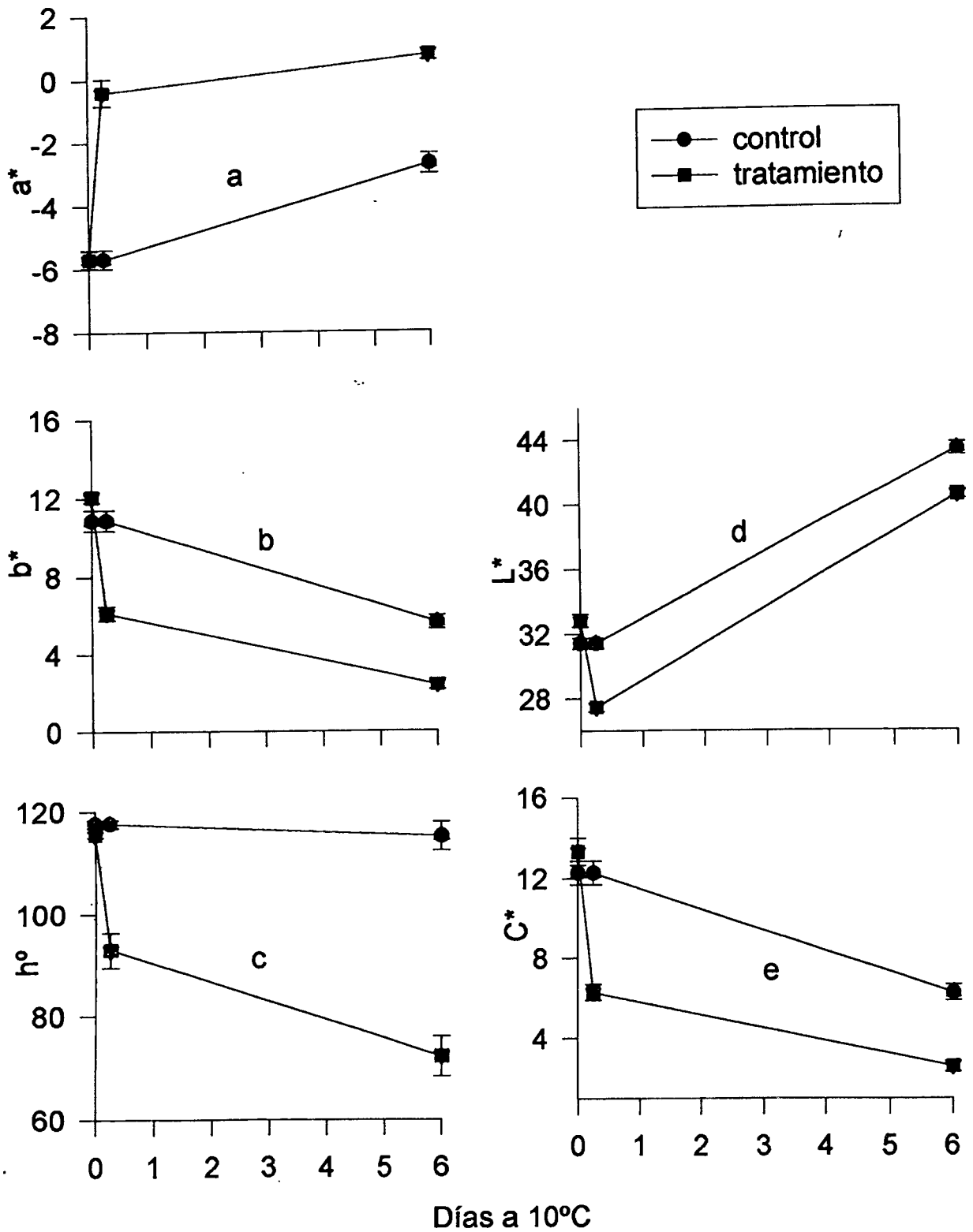


Figura 6. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en aguacate 'Hass' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.

Los valores de  $L^*$  (Figura 6d) indican que los frutos control tenían un valor de luminosidad de 31 al inicio y a los 0.25 días y durante el almacenamiento tendió a aumentar a un valor de 42 donde se puede decir que el incremento en la luminosidad fue debido a la maduración, mientras que los frutos tratados presentaron una luminosidad de 33 a los 0 días, 27 inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 40. Por lo que se puede pensar que el incremento en el valor de la luminosidad se debió a su maduración y probablemente al almacenamiento en frío. Ya que el tratamiento térmico solo influyó en un decremento en la luminosidad a los 0.25 días. Tanto el control como el tratado tuvieron una tendencia similar después del tratamiento. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

Los valores de  $C^*$  (Figura 6e) indican que los frutos control tenían un color intenso (valor de 12) al inicio y durante el almacenamiento la intensidad de color disminuyó (valor de 6) donde se puede decir que el cambio de color fue debido a la exposición al frío, mientras que los frutos tratados presentaron un color menos intenso (valor de 6) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento la intensidad disminuyó (valor de 2) donde se puede decir que el cambio de color se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a la exposición al frío. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.



### 7.2.2. CALABAZA (ITALIANA)

El daño interno en los frutos control no se presentó en las evaluaciones realizadas a los 0, 0.25 y 6 días dando un valor de 0 (0% de daño), mientras que los frutos tratados al inicio e inmediatamente después del tratamiento no presentó daño alguno, sin embargo, a los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 9 (>80% de daño). Por lo que se puede decir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando un color muy amarillo y no durante el almacenamiento a 10°C dado que los frutos control no presentaron daño aún después del almacenamiento en frío (Figura 7a). Hubo diferencia significativa entre control y tratado después de 6 días de almacenamiento.

Los frutos control no presentaron daño externo a los 0, 0.25 y 6 días dando un valor de 0. Los frutos tratados presentaron inmediatamente después del tratamiento un daño de 1 ( $0 < \leq 10\%$  de daño), en cambio, después de 6 días de almacenamiento tuvo un valor de 9 (>80% de daño). Por lo que podemos inferir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando deshidratación, color amarillo con manchas y hongos en la cáscara. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y después de los 6 días de almacenamiento (Figura 7b).

La pérdida de peso para los frutos control fue de 0 a los 0 y 0.25 días, en cambio, después de 6 días de almacenamiento fue de 26%, esto puede deberse a la exposición al frío y además a su maduración. Los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento presentaron una pérdida de 15% debido a una deshidratación y al terminar el almacenamiento fue de 40% (Figura 7c). Lo cual quiere decir que a los 0.25 días los frutos tratados tuvieron bastante pérdida de peso con relación a los controles, sin embargo, durante el almacenamiento tanto controles como tratados presentaron una tendencia semejante. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y después de 6 días de almacenamiento.

La firmeza para los frutos control fue de 23 N al inicio y después del almacenamiento disminuyó a 17 N. Los frutos tratados fue de 21 N inmediatamente después del tratamiento y de 17.5 N después de 6 días de almacenamiento (Figura 7d). Donde se puede inferir que tuvieron una tendencia

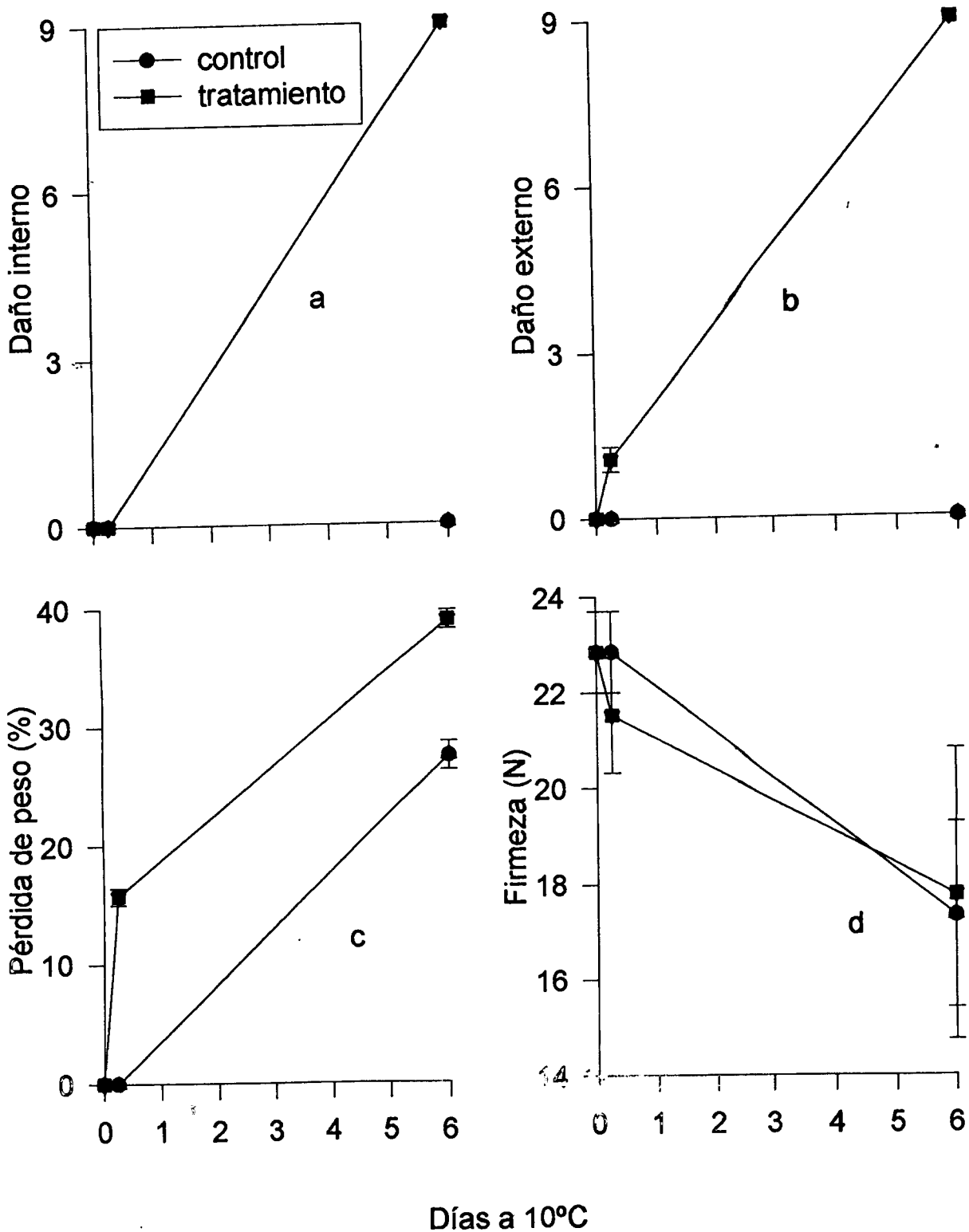


Figura 7. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en calabaza (italiana) evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.

similar tanto el control como tratado durante los 6 días de almacenamiento. No hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento ni a los 6 días de almacenamiento.

Los frutos control tenían valores de  $a^*$  a los 0 y 0.25 días un valor de  $-7.5$  y durante los 6 días de almacenamiento incremento el valor a  $-5.5$  donde se puede decir que el incremento en  $a^*$  fue debido a que maduraron. Los frutos tratados presentaron un valor de  $-7$  al inicio e inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentó un valor de  $-3.5$ . El incremento de  $a^*$  se debió en mayor parte al tratamiento térmico y en parte a la maduración del fruto (Figura 8a). Sin embargo, tuvieron un comportamiento parecido tanto el control como el tratado. Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio, inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

Los frutos control tenían valores de  $b^*$  de  $29$  a los 0 y 0.25 días y durante el almacenamiento presentó un valor de  $26$  donde se puede decir que el descenso e el valor de  $b^*$  fue debido a que maduraron, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de  $36$  al inicio, un valor de  $28$  inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un valor de  $22$ . Se puede inferir que el descenso el valor de  $b^*$  se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración (Figura 8b). Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 0 días.

Los valores de  $h^o$  para los frutos control presentaron un color amarillo-verde (valor de  $105$ ) a los 0 y 0.25 días, durante el almacenamiento presentó un color amarillo-verde (valor de  $102.5$ ) donde se puede decir que no se apreció el cambio de color, mientras que los frutos tratados presentaron un color amarillo-verde (valor de  $101$ ), un color amarillo-verde (valor de  $104$ ) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento permaneció el mismo color pero predominando el amarillo(-verde) (valor de  $99$ ) donde se puede decir que el cambio de color se debió en parte al tratamiento térmico y en gran parte a su maduración (Figura 8c). Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio y a los 6 días de almacenamiento.

Los valores de  $L^*$  indican que los frutos control tenían un valor de  $59$  al inicio y durante el almacenamiento tendió a un valor de  $62$  donde se puede decir

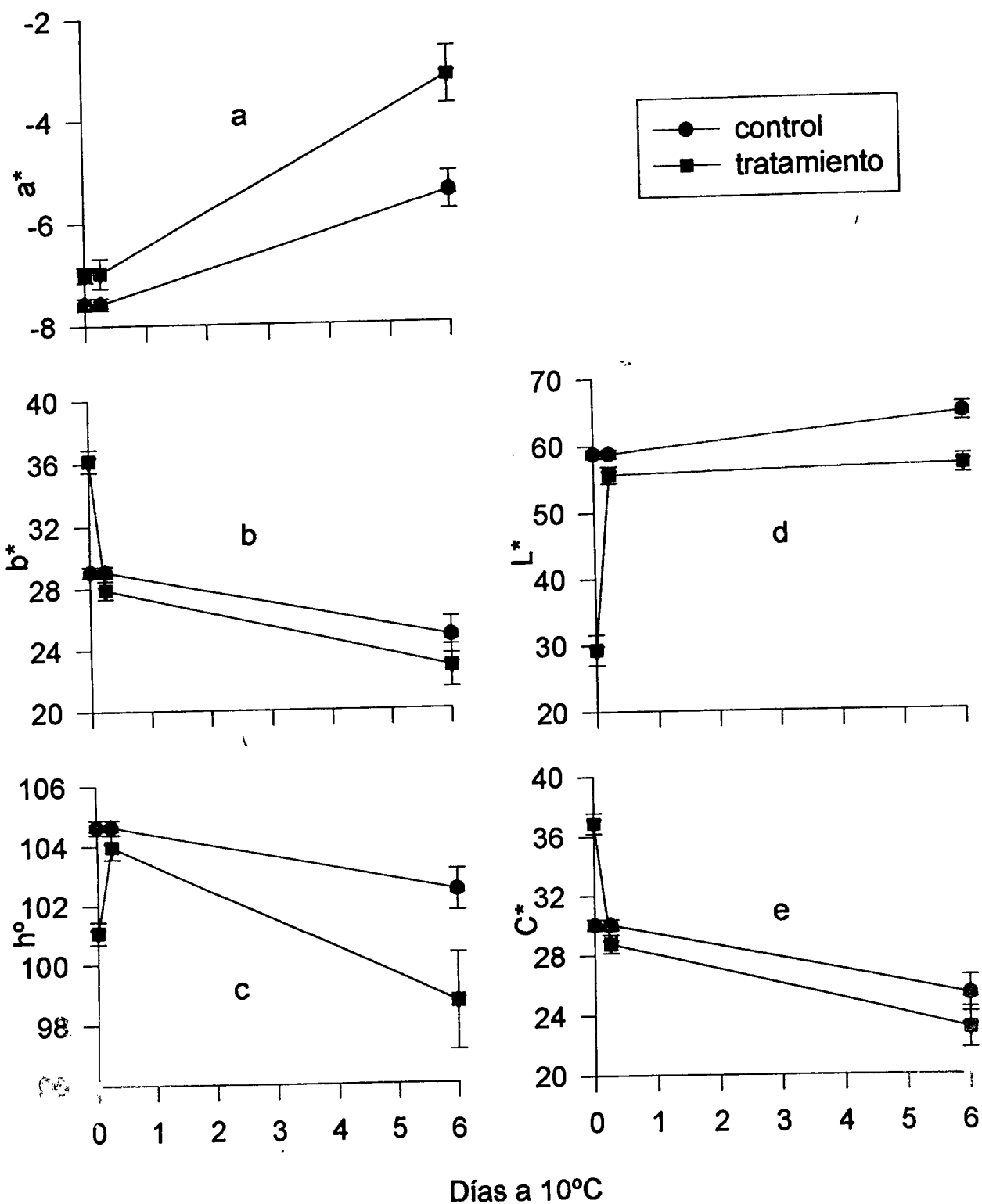


Figura 8. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en calabaza (italiana) evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.

que el cambio de color fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 30 al inicio, un valor de 55 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron una luminosidad igual (valor de 55) donde se puede decir que el cambio de luminosidad se debió al tratamiento térmico (Figura 8d). Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio, inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

Los valores de C\* indican que los frutos control tenían un valor de 30 al inicio y durante el almacenamiento la intensidad de color disminuyó (valor de 25) donde se puede decir que el cambio de color fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un color más intenso (valor de 37) al inicio, donde disminuyó la intensidad (valor de 29) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento la intensidad disminuyó más todavía (valor de 22) donde se puede decir que el cambio de color se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración (Figura 8e). Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio.

### 7.2.3. GUAYABA

El daño interno para los frutos control no se presentó en ninguna de las evaluaciones a los 0, 0.25 y 6 días dando un valor de 0% de daño. Los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento presentaron daño muy ligero de 0.5 ( $0 < \leq 10\%$  de daño) y un valor de 9 ( $> 80\%$  de daño) después de 6 días de almacenamiento. Podemos inferir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando toda el área central (semillas y pulpa) color café al igual que algunas partes cercanas a la cáscara debido a que los frutos control no presentaron daño aún después de almacenamiento en frío (Figura 9a). Hubo diferencia significativa entre control y tratado después de 6 días de almacenamiento.

Los frutos control no se presentaron daño externo en las evaluaciones que se llevaron a cabo a los 0, 0.25 y 6 días dando un valor de 0, en cambio, los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su daño fue de 8 (71-80% de daño) presentando zonas amarillas y un valor de 9 ( $> 80\%$  de daño) después de 6 días de almacenamiento. Por lo cual se puede decir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentándose un color amarillo-café en la cáscara (Figura 9b). Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y 6 días de almacenamiento.

No hubo pérdida de peso en los frutos control a lo 0.25 días, en cambio, presentó un 11% de pérdida después de 6 días de almacenamiento, lo cual pudo deberse al almacenamiento en frío, mientras que en los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su pérdida fue de 9% debido a una deshidratación y después de 6 días de almacenamiento fue de 10%. Por lo que se puede inferir que debido al tratamiento térmico a los 0.25 días el fruto perdió una cantidad considerable de agua en comparación con la pérdida por almacenamiento en frío después de los 6 días (Figura 9c). No hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio ni al final del periodo de almacenamiento, sin embargo, a los 0.25 días si se observó diferencia.

La firmeza para los frutos control fue de 14 N al inicio y después del almacenamiento disminuyó a 6 N indicando que los frutos se ablandaron, mientras que en los frutos tratados fue de 7.5 N inmediatamente después del tratamiento y

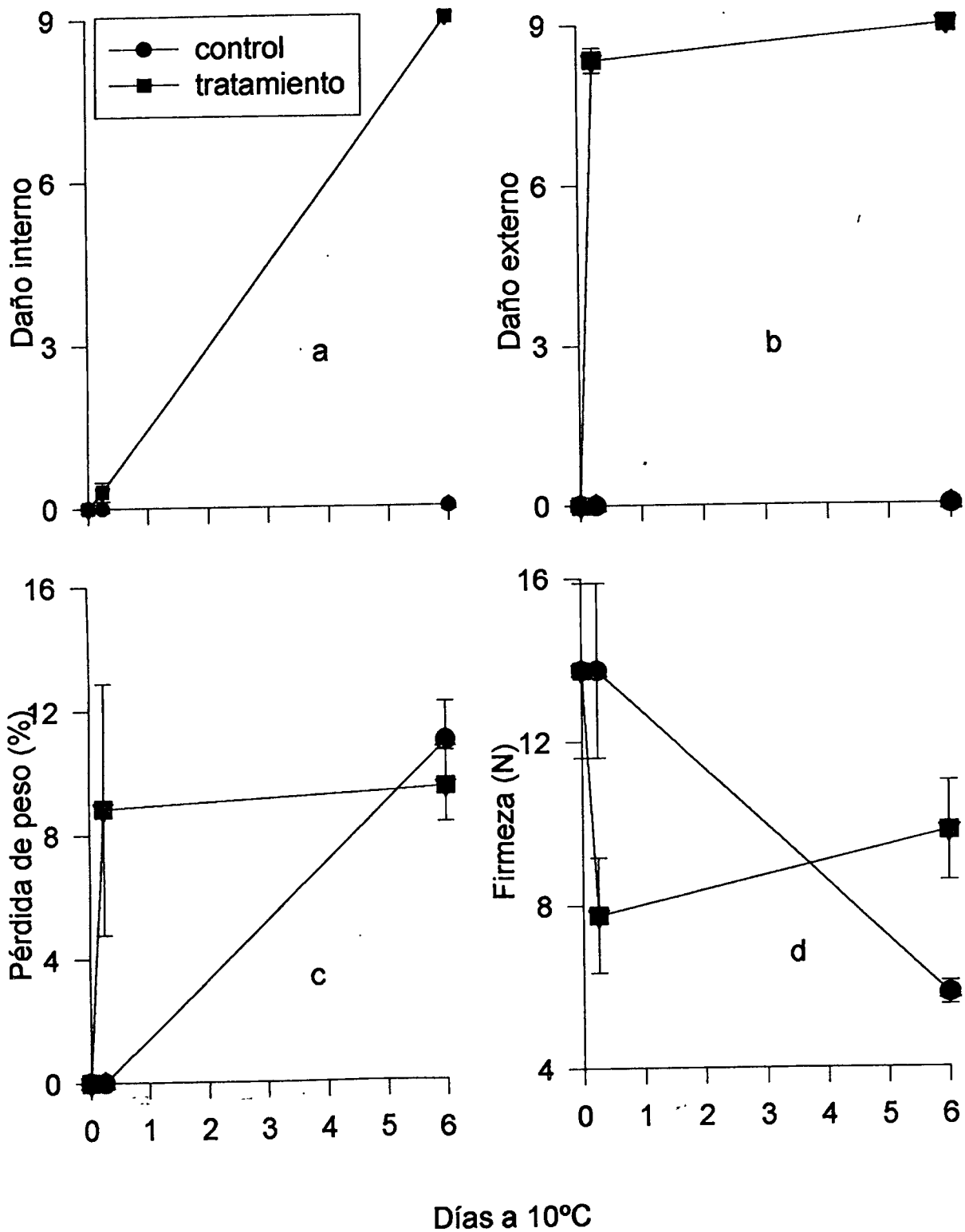


Figura 9. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en guayaba evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.

de 9.5 N después del almacenamiento. Lo que indica que los frutos se ablandaron debido al tratamiento y se endurecieron durante el almacenamiento en frío (Figura 9d). Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

Los frutos control tenían valores de  $a^*$  de -7 a los 0 y 0.25 días y durante el almacenamiento aumentó su valor a 2, el cambio de  $a^*$  fue debido a que maduraron. Los frutos tratados presentaron un valor de -8 al inicio, un incremento en  $a^*$  dando un valor de 4 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento permaneció casi igual (valor de 5). Se puede decir que el incremento en  $a^*$  se debió en mayor parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración (Figura 10a). Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y después del almacenamiento.

Los valores de  $b^*$  indican que los frutos control tenían un valor de 45 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 42, donde la disminución en el valor de  $b^*$  fue debido a su maduración. Los frutos tratados presentaron un valor de 45 a los 0 días, un valor de 42 a los 0.25 días y después de 6 días de almacenamiento presentó un valor de 27, donde se puede inferir que el cambio en el valor de  $b^*$  se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración (Figura 10b). Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 0.25 días y a los 6 días de almacenamiento.

Los valores de  $h^o$  indican que los frutos control tenían un color amarillo-verde (valor de 100) a los 0 y 0.25 días y al finalizar el almacenamiento presentó un color amarillo (valor de 87), lo cual indica que el cambio de color fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un color amarillo-verde (valor de 100) al inicio, un color amarillo (valor de 85) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un color amarillo-naranja (valor de 77), donde el cambio de color se debió al tratamiento térmico (Figura 10c). Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y después del almacenamiento.

Los valores de  $L^*$  indican que los frutos control presentaron bajo valor de luminosidad (valor de 59.5) al inicio y durante el almacenamiento tendió a aclararse más (valor de 71) donde el cambio de color fue debido a su



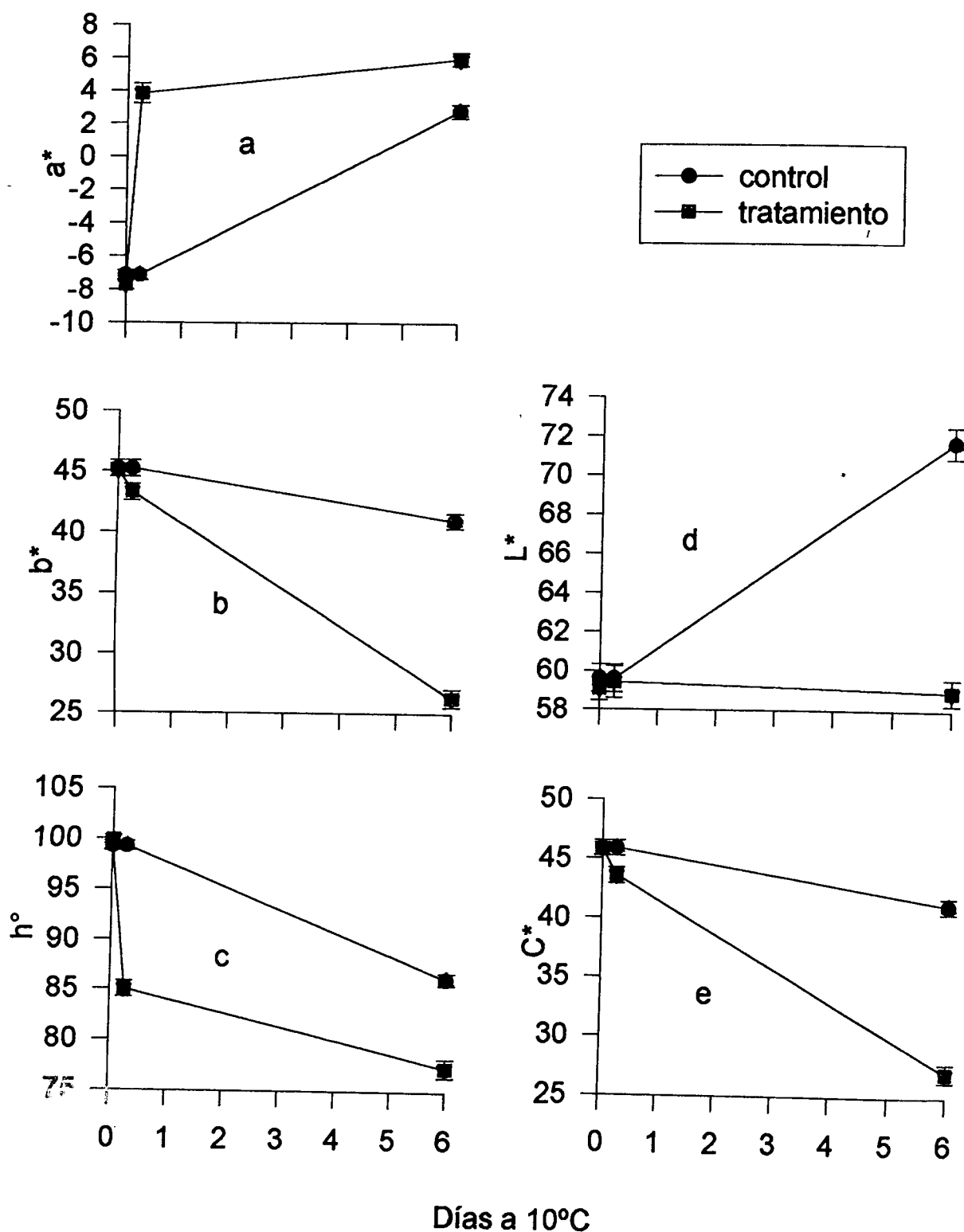


Figura 10. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en guayaba evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.

maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un color relativamente claro (valor de 59) al inicio, una intensidad igual (valor de 59.5) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento permaneció igual (valor de 59), donde se infiere que su luminosidad original permaneció. Hubo diferencia significativa entre control y tratado después de 6 días de almacenamiento (Figura 10d).

Los valores de  $C^*$  indican que los frutos control tenían una intensidad de color (valor de 46) al inicio y durante el almacenamiento la intensidad de color disminuyó (valor de 41) donde el cambio de color fue debido a la maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un color menos intenso (valor de 43) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento la intensidad disminuyó (valor de 27) donde el cambio de color se debió al tratamiento térmico y a la maduración (Figura 10c). Hubo diferencia significativa entre control y tratado después de 6 días almacenamiento y también inmediatamente después del tratamiento.

#### 7.2.4. LIMÓN (AGRIO SIN SEMILLA)

No hubo daño interno en los frutos control debido a que éstos presentaron un color verde, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 9 ( $>80\%$  de daño) inmediatamente después del tratamiento y después de 6 días de almacenamiento, donde el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando un color amarillo. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 11a).

No hubo daño externo en los frutos control, en cambio, los frutos tratados presentaron un valor de 0.5 ( $> 0 \leq 10$ ) y un valor de 7.5 (61-70% de daño) posterior al tratamiento y después de 6 días de almacenamiento, respectivamente. El daño fue causado por el tratamiento térmico presentando un color café amarillento en la cáscara. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 6 días de almacenamiento (Figura 11b).

La pérdida de peso en los frutos control fue de 0% a los 0.25 días y de 5% después de 6 días de almacenamiento, lo que pudo deberse al almacenamiento en frío. Los frutos tratados a los 0.25 días presentaron una pérdida de 3% debido a una deshidratación y de 6% al finalizar el almacenamiento por 6 días se puede inferir que la pérdida a los 0.25 días fue debida al tratamiento térmico, sin embargo, al finalizar el almacenamiento pudo deberse al almacenamiento en frío. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 0.25 días y a los 6 días de almacenamiento (Figura 11c).

La firmeza en los frutos control fue de 34 N al inicio y después del almacenamiento disminuyó a 26 N. Los frutos tratados presentaron valores de 34 N al inicio, 20 N inmediatamente después del tratamiento y 16 N a los 6 días de almacenamiento. Se puede decir que a los 0.25 días el fruto se ablandó debido al tratamiento y siguió la pérdida de firmeza durante el almacenamiento. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 11d).

Los valores de  $a^*$  en los frutos control tenían un valor de -11.5 al inicio y durante el almacenamiento incrementó su valor a -10 donde se puede decir que el cambio en el valor de  $a^*$  fue debido a la maduración. Los frutos tratados

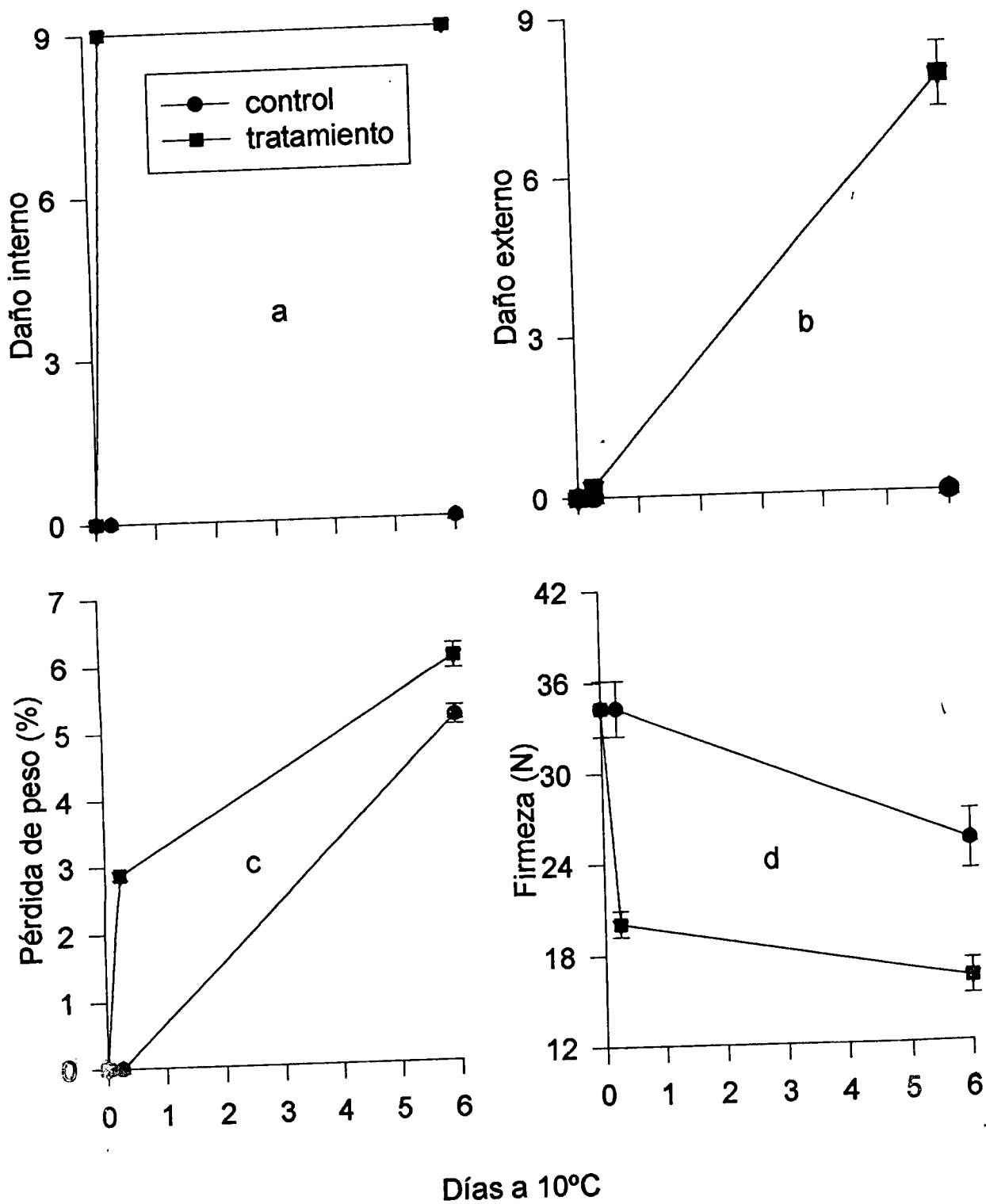


Figura 11. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en limón (agrio sin semilla) evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.

presentaron un valor de  $-11$  al inicio, un incremento a  $-10$  inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento aumento todavía más con un valor de  $3$ . Se puede decir que el cambio en el valor de  $a^*$  se debió en gran parte al tratamiento térmico y en parte a la maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 6 días de almacenamiento (Figura 12a).

Los frutos control presentaron valores de  $b^*$  de  $41$  al inicio y durante el almacenamiento presentó valor de  $29$ , donde se puede inferir que el decremento en el valor de  $b^*$  fue debido a la maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de  $40$  al inicio, un valor de  $41.5$  inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un valor de  $31$ , se puede decir que el cambio en  $b^*$  se debió en parte al tratamiento térmico y en mayor parte a su maduración, ya que tanto el control como tratado tuvieron un decremento semejante. No hubo diferencia significativa entre control y tratado (Figura 12b).

Los valores de  $h^\circ$  indican que los frutos control tenían un color amarillo-verde (valor de  $107$ ) a los 0 y 0.25 días, al finalizar el almacenamiento por 6 días presentó el mismo color amarillo-verde (valor de  $108$ ), indicando que no hubo cambio de color. Los frutos tratados presentaron un color amarillo-verde (valor de  $103$ ) al inicio, color amarillo-verde (valor de  $105$ ) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un color amarillo (valor de  $85$ ) donde se infiere que el cambio de color se debió al tratamiento térmico. Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio y a los 6 días de almacenamiento (Figura 12c).

Los valores de  $L^*$  indican que los frutos control presentaron un valor de  $55$  al inicio y durante el almacenamiento tendió a incrementar su valor a  $59$ , lo cual quiere decir que el incremento en la luminosidad fue debido a la maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de  $53$  al inicio, un valor de  $54$  inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentó un valor de  $60$ , se infiere que el incremento de  $L^*$  se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración, ya que control y tratado tienen tendencias similares. No hubo diferencia significativa entre control y tratado (Figura 12d).

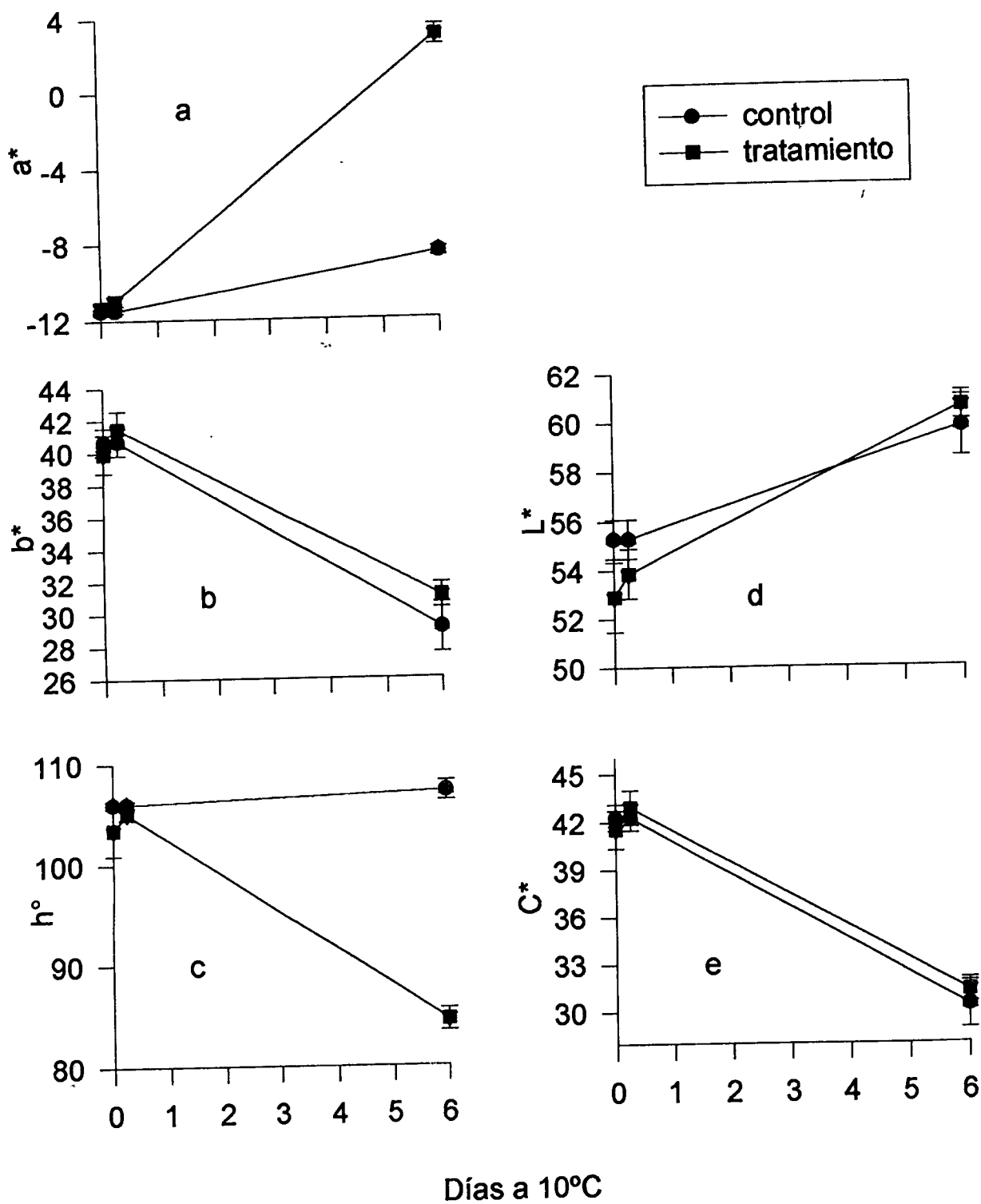


Figura 12. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en limón (agrio sin semilla) evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.

Los valores de  $C^*$  indican que los frutos control tenían un color intenso (valor de 42) al inicio y durante el almacenamiento la intensidad de color disminuyó (valor de 30) donde se puede decir que el cambio de intensidad fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un color más intenso (valor de 41.5) al inicio, aumentó la intensidad (valor de 43) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento la intensidad disminuyó (valor de 31), lo cual indica que la disminución en la intensidad se debió a la maduración. Ya que tanto control como tratado tuvieron un comportamiento similar. No hubo diferencia significativa entre control y tratado (Figura 12e).

### 7.2.5. MANGO 'ATAULFO'

No hubo daño interno en los frutos control, mientras que los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento no presentaron daño alguno, sin embargo, presentaron un valor de 2 ( 11-20% de daño) después de 6 días de almacenamiento, donde se puede decir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando zonas fibrosas cerca del hueso y un color amarillo más pálido en la pulpa. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 6 días de almacenamiento (Figura 13a).

No hubo daño externo en los frutos control, en cambio, los frutos tratados presentaron un daño muy ligero después de 6 días de almacenamiento, donde se puede decir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando áreas cafés. No hubo diferencia significativa entre control y tratado (Figura 13b).

La pérdida de peso en los frutos control fue de 0 a los 0.25 días y de 4.5% después de 6 días de almacenamiento, probablemente esto se debió al almacenamiento en frío. Los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su pérdida de peso fue de 0.5% debido a una deshidratación y de 5% al finalizar el almacenamiento. Tanto el control como el tratado tuvieron una tendencia similar. No hubo diferencia significativa entre control y tratado (Figura 13c).

La firmeza en los frutos control fue de 35 N al inicio y después de 6 días de almacenamiento disminuyó a 7 N, lo cual indica que se ablandaron, mientras que los frutos tratados fue de 33 N inmediatamente después del tratamiento y de 13 N después de 6 días de almacenamiento. Lo cual quiere decir que los frutos se hicieron blandos debido a almacenamiento en frío. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y después del almacenamiento (Figura 13d).

Los frutos control presentaron valores de  $a^*$  de -1 a los 0 y 0.25 días y después de 6 días de almacenamiento fue un valor de 3.5 donde el incremento en el valor de  $a^*$  fue debido a su maduración. Los frutos tratados presentaron un valor de -1.5 a los 0 días, un valor de -1 a los 0.25 días y después de los 6 días de almacenamiento presentó un valor de -3 donde el cambio en el incremento de  $a^*$  se debió a la maduración. Se observa que el control y el tratado tuvieron



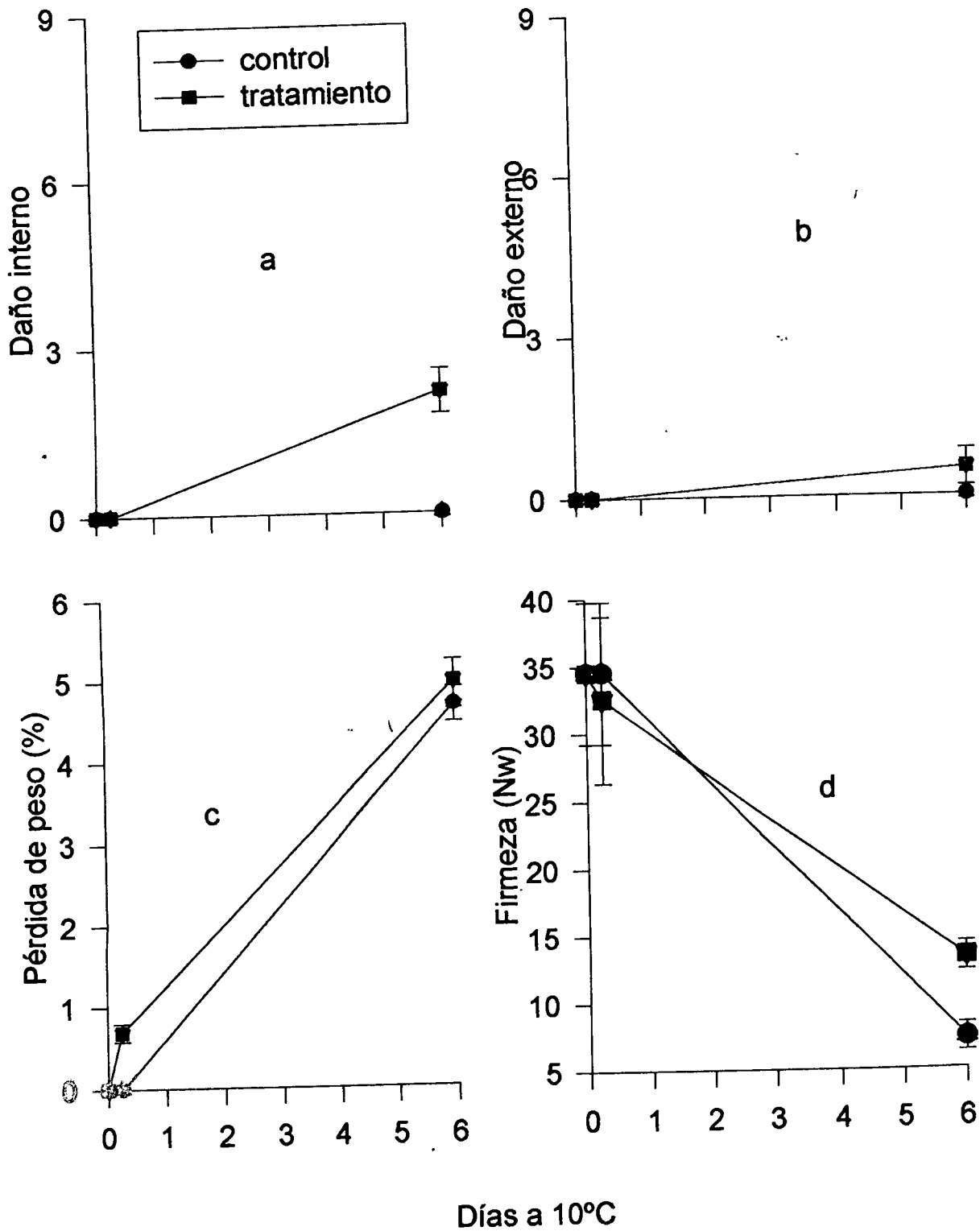


Figura 13. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en mango 'Ataulfo' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.

comportamiento semejante. No hubo diferencia significativa entre control y tratado (Figura 14a).

Los frutos control presentaron valores de  $b^*$  de 44.5 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 32.5, donde el descenso en el valor de  $b^*$  fue debido a su maduración, mientras que en los frutos tratados presentaron un valor de 44 al inicio, un valor de 46 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentó un valor de 35, puede suponerse que el descenso en  $b^*$  se debió en parte al tratamiento térmico y en gran parte a su maduración. Sin embargo, el control como el tratado tuvieron una tendencia similar. Hubo diferencia significativa entre control y tratado después de 6 días de almacenamiento (Figura 14b).

Los valores de  $h^\circ$  indican que los frutos control presentaron un color amarillo (valor de 92) al inicio y durante los 6 días de almacenamiento presentaron un color amarillo-naranja (valor de 83) donde el cambio de color fue debido a su maduración. Los frutos tratados presentaron un color amarillo (valor de 92), igual color (valor de 91.5) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un color amarillo-naranja (valor de 84) donde el cambio de color se debió a la maduración. No hubo diferencia significativa entre control y tratado, ya que su comportamiento fue semejante (Figura 14c).

Los valores de  $L^*$  indican que los frutos control presentaron un valor de 60.5 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento tendió a aumentar un poquito más (valor de 62) donde el cambio de color fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 59.5 al inicio, un valor de 57.5 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento tendió a aumentar su valor a 63.5, donde el descenso en la luminosidad se debió al tratamiento térmico y el incremento en  $L^*$  a la maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento térmico.

Los valores de  $C^*$  indican que los frutos control presentaron un color intenso (valor de 45) al inicio y durante los 6 días de almacenamiento la intensidad de color disminuyó (valor de 33) donde el cambio de color fue debido a su

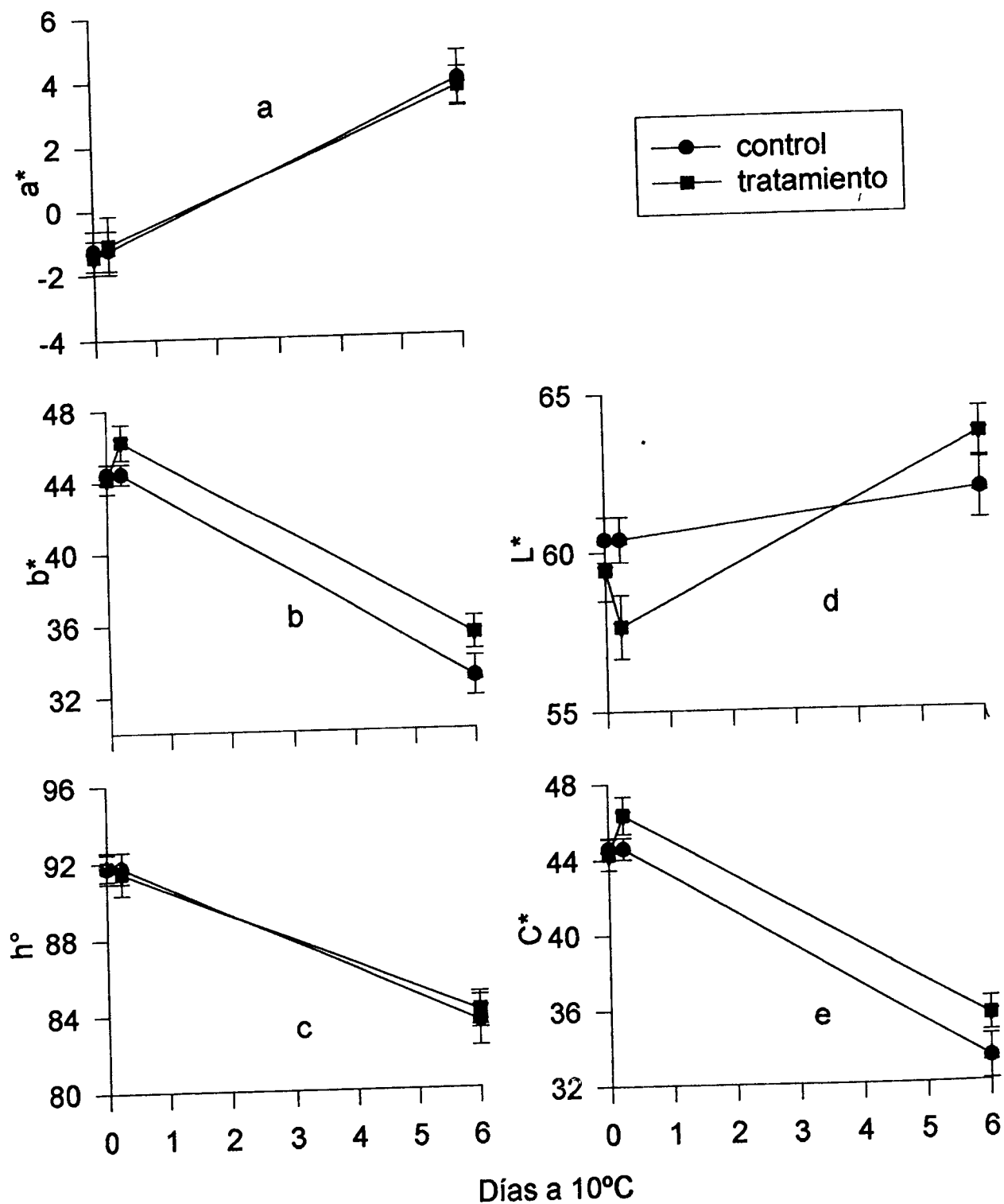


Figura 14. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en mango 'Ataulfo' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.

maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un color intenso (valor de 44) al inicio, aumentó la intensidad (valor de 46) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento la intensidad disminuyó (valor de 35.5), donde el aumento en la intensidad se debió al tratamiento térmico y la disminución en C\* a la maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y después de 6 días de almacenamiento (Figura 14e). Sin embargo, tuvieron una tendencia similar el control y el tratado.

### 7.2.6. MANGO 'MANILA'

El daño interno en los frutos control no se presentó. Los frutos tratados a los 0.25 días tampoco presentaron daño, sin embargo, después de 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 8 (71-80% de daño). Se puede inferir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando pudrición, zonas acuosas, zonas fibrosas y un color amarillo pálido. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 6 días de almacenamiento (Figura 15a).

El daño externo en los frutos control no se presentó, mientras que los frutos tratados a los 0.25 días tampoco presentaron daño, después de 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 0.5 ( $>0 \leq 10\%$  de daño). Se puede decir que el ligero daño fue causado por el tratamiento térmico presentando manchas en la cáscara. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 6 días de almacenamiento (Figura 15b).

La pérdida de peso en los frutos control fue de 7% después de 6 días de almacenamiento, lo cual pudo deberse al almacenamiento en frío, mientras que en los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su pérdida fue de 3% debido a una deshidratación, sin embargo, al finalizar el almacenamiento a 10°C presentaron un valor de 6%. Esta pérdida pudo deberse al tratamiento térmico a los 0.25 días y a los 6 días debido al almacenamiento en frío. No hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio ni después de 6 días de almacenamiento, pero si hubo inmediatamente después del tratamiento (Figura 15c).

La firmeza en los frutos control fue de 23 N al inicio y después de 6 días de almacenamiento disminuyó a 10 N, lo cual indica que los frutos se ablandaron durante el almacenamiento en frío, probablemente porque maduraron. Los frutos tratados presentaron 23 N a los 0 días, inmediatamente después del tratamiento un valor de 14 N y uno de 11 N después del almacenamiento. Lo cual quiere decir que los frutos perdieron firmeza debido al tratamiento térmico. No hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 0 días ni después de 6 días de almacenamiento, sin embargo, a los 0.25 días si hubo (Figura 15d).

En los frutos control los valores de  $a^*$  presentaron un valor de -9 a los 0 y 0.25 días y durante los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 0

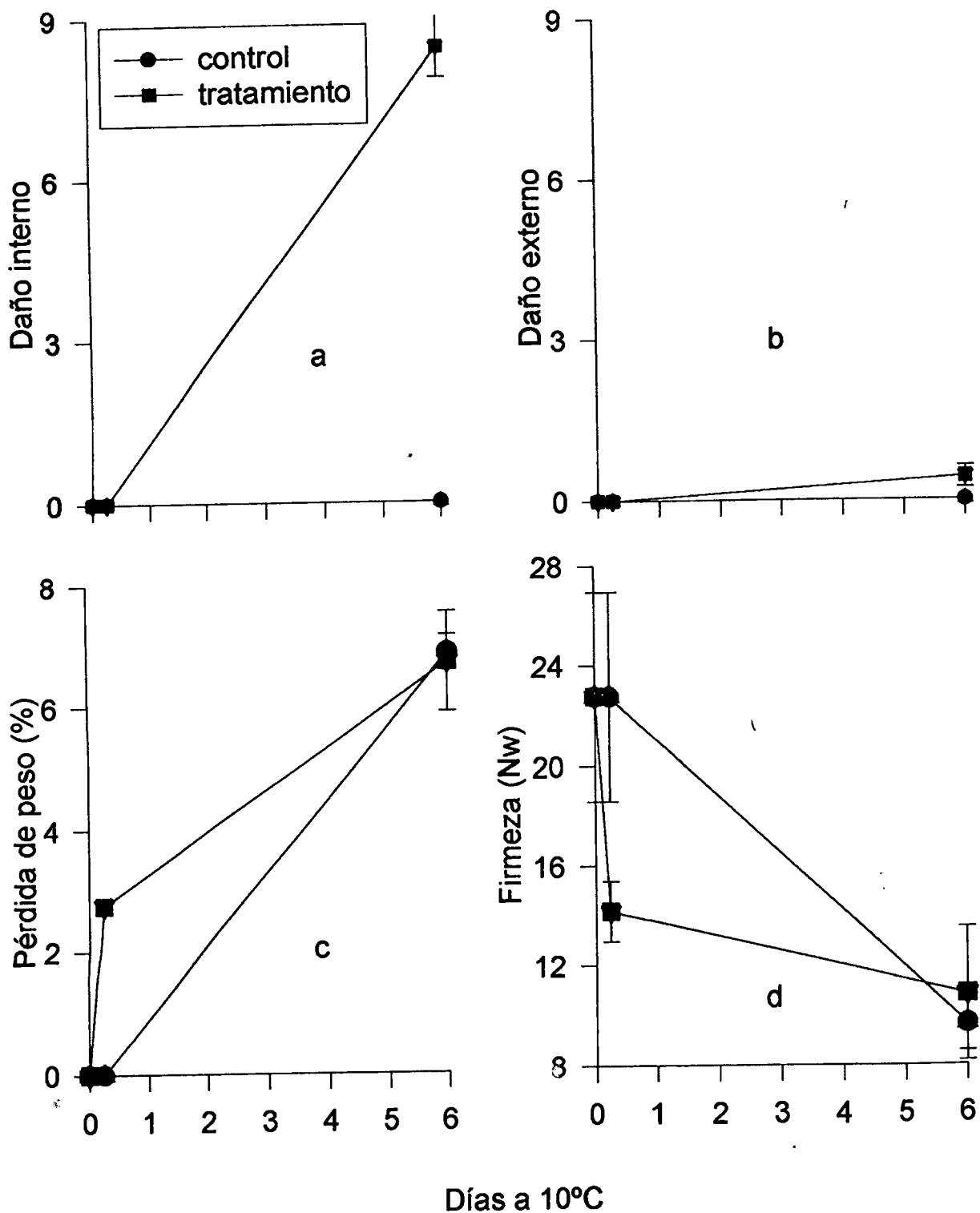


Figura 15. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en mango 'Manila' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.

donde el incremento en el valor de  $a^*$  fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de -9 a los 0 días, un valor de -8 a los 0.25 días y al finalizar el almacenamiento por 6 días presentaron un valor de -1, donde el incremento en el valor de  $a^*$  se debió en menor parte al tratamiento térmico y en mayor parte a la maduración, ya que el control y el tratado tuvieron tendencias semejantes. No hubo diferencia significativa entre control y tratado (Figura 16a).

Los valores de  $b^*$  indican que los frutos control presentaron un valor de 35.5 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 34. El descenso en el valor de  $b^*$  pudo deberse a la maduración. Mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 36 al inicio, un valor de 37 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un valor de 30. Se puede decir que el incremento en  $b^*$  se debió al tratamiento térmico y el descenso a la maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y después de 6 días de almacenamiento (Figura 16b).

Los valores de  $h^o$  indican que los frutos control presentaron un color amarillo-verde (valor de 103) a los 0 y 0.25 días, durante los 6 días de almacenamiento presentaron un color amarillo (valor de 91) donde el cambio de color fue debido a su maduración. Los frutos tratados presentaron un color amarillo-verde (valor de 103), un color casi igual (valor de 102) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un color amarillo (valor de 93). Por lo cual se indica que el cambio de color se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a la maduración. No hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio ni a los 6 días de almacenamiento, en cambio, si hubo inmediatamente después del tratamiento (Figura 16c).

Los valores de  $L^*$  indican que los frutos control presentaron un valor de 61 al inicio y durante el almacenamiento tendió a aumentar a 68, el incremento en la luminosidad fue debido a la maduración. Los frutos tratados presentaron un valor de  $L^*$  de 63 al inicio, un valor de 58 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un valor de 65, donde el descenso en el valor de  $L^*$  se debió al tratamiento térmico y el incremento a la maduración. Hubo

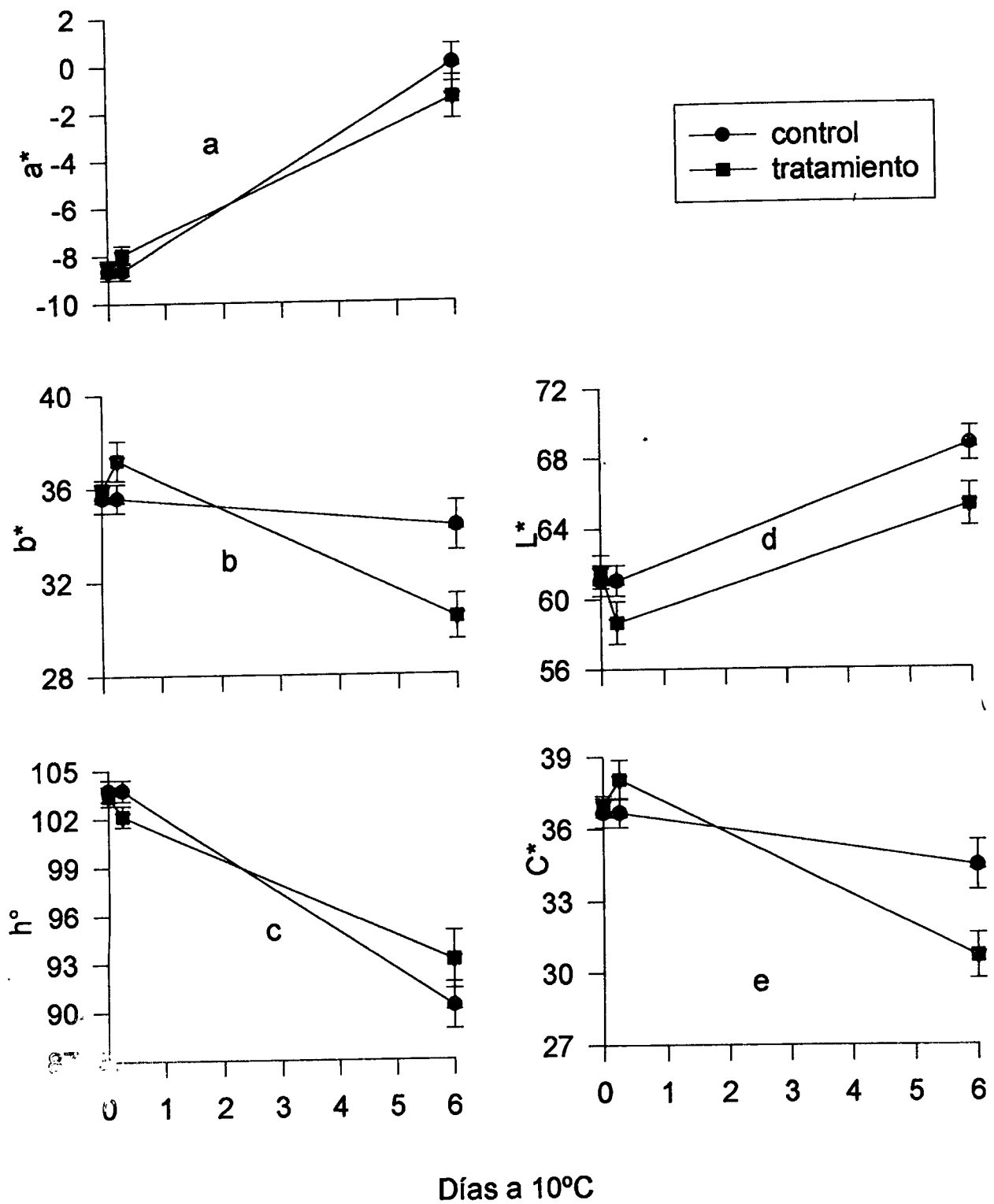


Figura 16. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en mango 'Manila' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.



diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 16d).

Los valores de C\* indican que los frutos control presentaron un color intenso (valor de 37) al inicio y durante los 6 días de almacenamiento la intensidad de color disminuyó (valor de 34.5) donde el cambio de color fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un color intenso (valor de 37.5) al inicio, aumentó la intensidad (valor de 38) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento la intensidad disminuyó (valor de 30.5). El cambio de intensidad se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 6 días de almacenamiento (Figura 16e).

### 7.2.7. MANGO 'PARAÍSO'

No hubo daño interno en los frutos control a los 0, 0.25 y 6 días de almacenamiento, mientras que los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento no presentaron daño, pero presentaron un daño ligero después de 6 días de almacenamiento, se puede decir que el daño fue causado por el tratamiento térmico haciéndose evidente durante el almacenamiento presentando pequeñas zonas fibrosas. No hubo diferencia significativa entre control y tratado (Figura 17a).

No hubo daño externo en los frutos control, mientras que los frutos tratados presentaron daños muy ligeros a los 0.25 días y después de 6 días de almacenamiento, donde se puede decir que el daño fue causado por el tratamiento térmico manifestándose como un color café que apareció en el fruto en forma de puntos. No hubo diferencia significativa entre control y tratado (Figura 17b).

La pérdida de peso para los frutos control fue de 4.2% después de 6 días de almacenamiento, debido a la maduración. En los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su pérdida fue de 1.6% debido a una deshidratación y al finalizar el almacenamiento fue de 5%. Esto pudo deberse al tratamiento térmico y a la maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento térmico y a los 6 días de almacenamiento (Figura 17c).

La firmeza para los frutos control fue de 42 N al inicio disminuyó a 23 N después de 6 días, los frutos maduraron. Los frutos tratados presentaron 32 N inmediatamente después del tratamiento y 30 N después del almacenamiento. Esto quiere decir que los frutos perdieron firmeza debido al tratamiento térmico. No hubo diferencia significativa entre control y tratado (Figura 17d).

Los frutos control tenían valores de  $a^*$  de -3.5 a los 0 y 0.25 días y durante los 6 días de almacenamiento un valor de -0.5 se puede inferir que el cambio de color fue debido a la maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de -1.8 a los 0 días, un valor de -0.5 a los 0.25 días y después de 6 días tendió a incrementar su valor a 0.5, lo cual puede suponer que el cambio en el valor de  $a^*$  se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a la maduración. No hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio (Figura 18a).

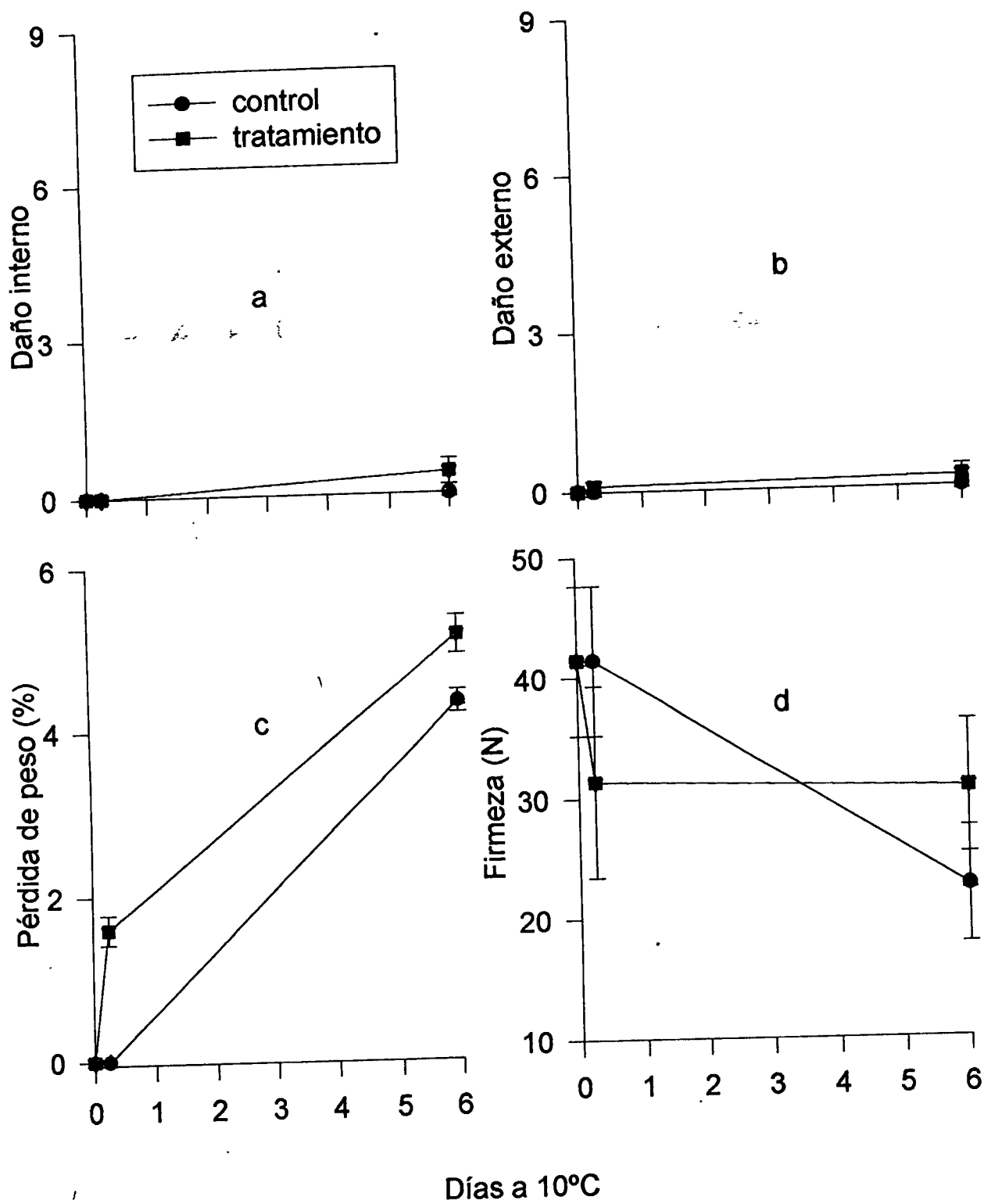


Figura 17. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en mango 'Paraíso' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.

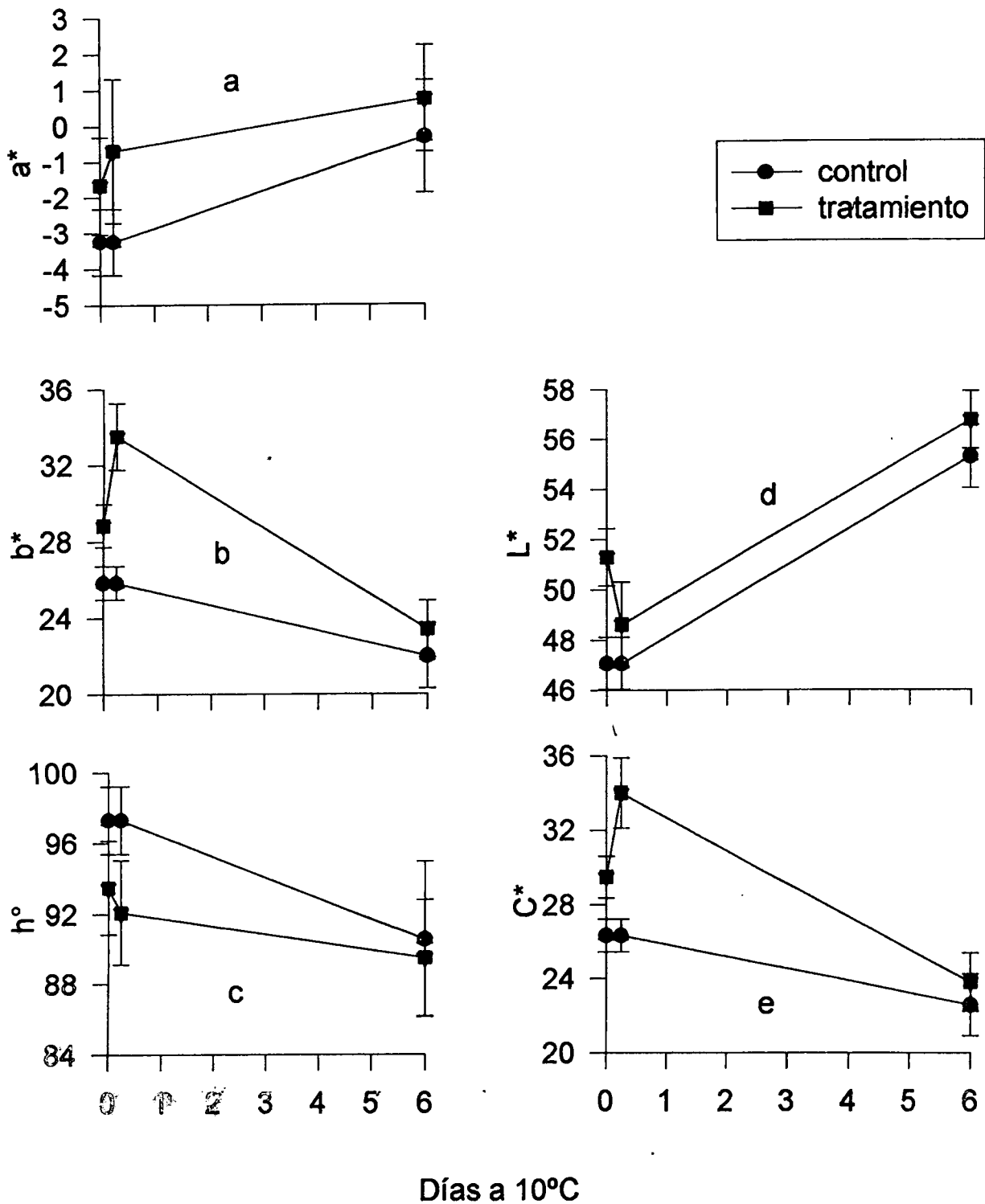


Figura 18. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en mango 'Paraíso' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.

Los frutos control tienen valores de  $b^*$  de 26 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 22, donde se puede decir que la disminución en el valor de  $b^*$  fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 29 al inicio, un valor de 34 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un valor de 24, se puede inferir que el aumento en  $b^*$  se debió al tratamiento térmico y el descenso a la maduración. No hubo diferencia significativa entre control y tratado después de 6 días de almacenamiento, sin embargo, si hubo al inicio e inmediatamente después del tratamiento (Figura 18b).

Los valores de  $h^o$  indican que los frutos control tienen un color amarillo-verde (valor de 97) a los 0 y 0.25 días y durante los 6 días de almacenamiento presentó un color amarillo (valor de 91). Por lo cual se infiere que el cambio de color fue debido a la maduración. Mientras que los frutos tratados presentaron un color amarillo (valor de 94), un color amarillo (valor de 92) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un color amarillo (valor de 90). El cambio de color no se presentó. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento térmico (Figura 18c).

Los valores de  $L^*$  indican que los frutos control tenían una luminosidad con un valor de 47 a los 0 y 0.25 días y durante los 6 días de almacenamiento tendió a aumentar su valor a 55. Indicando que el cambio de luminosidad fue debido a su maduración. Los frutos tratados presentaron un valor de 51 a los 0 días, un valor de 48.5 a los 0.25 días y a los 6 días presentaron un valor de 56.5. Se puede suponer que el descenso en la luminosidad a los 0.25 días se debió al tratamiento térmico y el incremento a la maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 0 días (Figura 18d).

Los valores de  $C^*$  indican que los frutos control tenían una intensidad con valor de 26 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento la intensidad de color disminuyó (valor de 22), se puede decir que la disminución de intensidad fue debido a su maduración. Mientras que los frutos tratados presentaron una intensidad de 30 al inicio, aumentó la intensidad (valor de 34) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento la intensidad disminuyó

(valor de 26). Lo cual indica que el incremento en  $C^*$  se debió al tratamiento térmico y el descenso a la maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio e inmediatamente después del tratamiento (Figura 18e).

### 7.2.8. MANZANA 'GOLDEN DELICIOUS'

No hubo daño interno en los frutos control, mientras que los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento presentaron daño de 2 (11-20% de daño) y a los 6 días después del almacenamiento presentaron un daño de 2.2 (11-20% de daño). El daño fue causado por el tratamiento térmico presentando manchas cafés. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 19a).

No se presentó daño externo en los frutos control, en cambio, los frutos tratados presentaron inmediatamente después del tratamiento un daño de 5.5 (41-50% de daño) presentando manchas cafés y un valor de 7 (61-70% de daño) después de 6 días de almacenamiento. El daño pudo ser causado por el tratamiento térmico presentando manchas cafés. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 19b).

La pérdida de peso en los frutos control fue de 0.9% después de 6 días de almacenamiento, lo cual indica que fue debido a su maduración. En los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su pérdida fue de 0.35% debido a una deshidratación y de 1.2% al finalizar el almacenamiento, esto se pudo deber al tratamiento térmico y a la maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 19c).

La firmeza de los frutos control fue de 12.5 N a los 0 y 0.25 días y después de 6 días de almacenamiento disminuyó a 10.5 N indicando que los frutos se ablandaron debido a su maduración. En los frutos tratados fue de 13.5 N inmediatamente después del tratamiento y de 11 N después del almacenamiento, esto indica que aumentaron su firmeza debido al tratamiento térmico y después se ablandaron debido a un efecto secundario del mismo tratamiento. No hubo diferencia significativa entre control y tratado (Figura 19d).

Los valores de  $a^*$  presentados en los frutos control fue de -6.5 al inicio y a los 6 días de almacenamiento un valor de -5.5 donde el incremento en los valores de  $a^*$  fue debido a su maduración. Mientras que los frutos tratados tenían un valor de -6.5 al inicio, uno de -2.5 inmediatamente después del tratamiento y

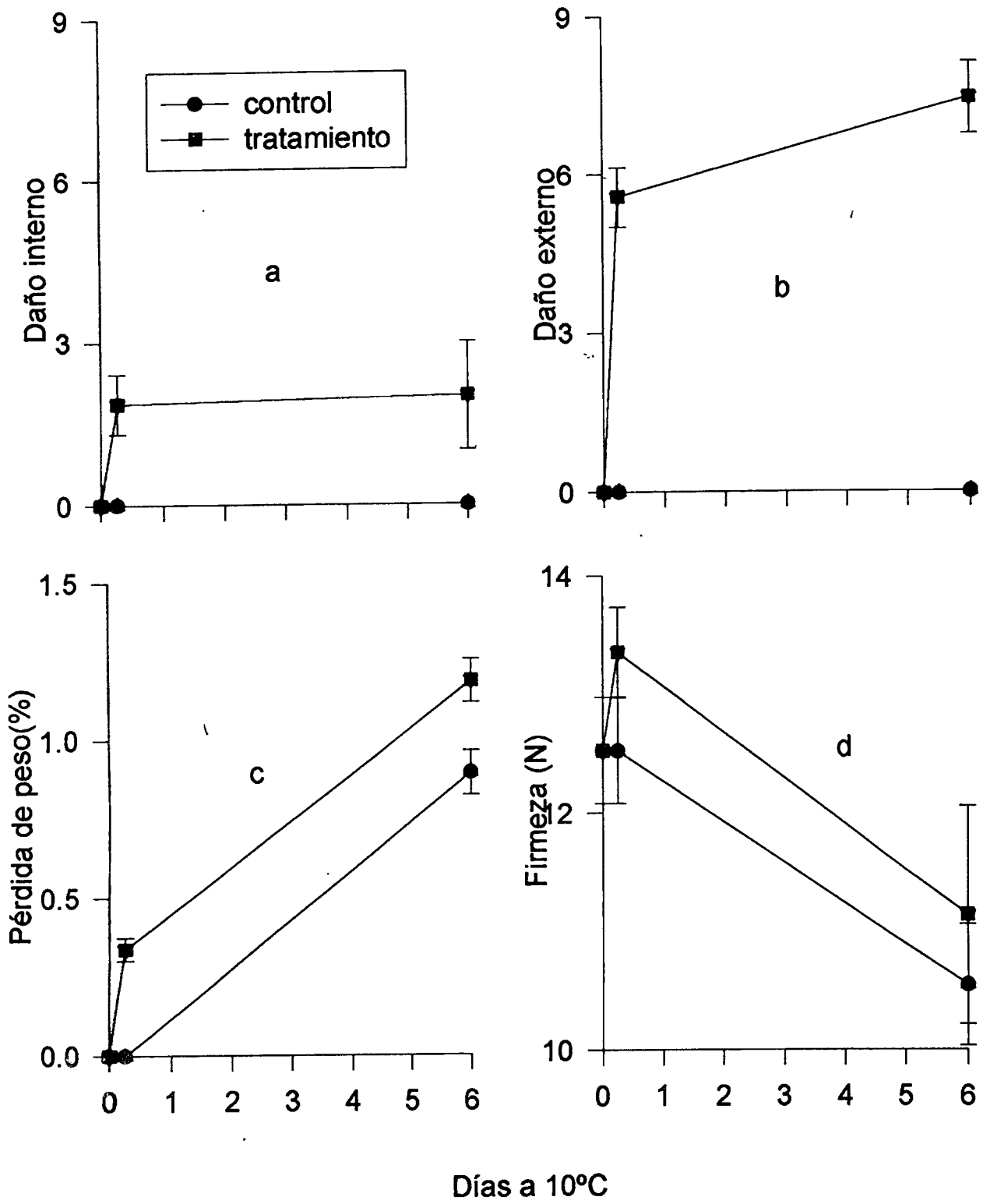


Figura 19. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en manzana 'Golden Delicious' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.



al finalizar el almacenamiento uno de -1. Por lo cual se puede decir que el incremento en el valor de  $a^*$  a los 0.25 y 6 días se debió al tratamiento térmico. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 20a).

Los valores de  $b^*$  que presentaron los frutos control tenían un valor de 46 a los 0 y 0.25 días y al finalizar el almacenamiento por 6 días presentaron un valor de 37, se puede inferir que el descenso en el valor de  $b^*$  fue debido a la maduración. Los frutos tratados presentaron un valor de 46 al inicio, un valor de 44 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron uno de 30. Por lo cual se supone que la disminución en el valor  $b^*$  se debió al tratamiento térmico. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 20b).

Los valores de  $h^o$  indican que los frutos control tenían un color amarillo-verde (valor de 98) a los 0 y 0.25 días y después de 6 días de almacenamiento presentaron un valor de  $h^o$  igual. Dado que no se observó cambio de color. Mientras que los frutos tratados presentaron un color amarillo-verde (valor de 98), un color amarillo (valor de 94) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un color amarillo (valor de 90). El cambio de color se debió al tratamiento térmico y durante el almacenamiento el color permaneció. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 0.25 días y al finalizar almacenamiento por 6 días (Figura 20c).

Los valores de  $L^*$  indican que los frutos control tenían una luminosidad de 66 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento tendió a aumentar a 68.5, el incremento en el valor de  $L^*$  fue debido a la maduración. Los frutos tratados presentaron un valor de luminosidad de 65.5 al inicio, un valor de 62.1 inmediatamente después del tratamiento y al finalizar el almacenamiento presentaron un valor semejante (62.2). La disminución en la luminosidad a los 0.25 días se debió al tratamiento térmico, ya que durante el almacenamiento en frío se conservó su valor. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 0.25 días y a los 6 días de almacenamiento (Figura 20d).

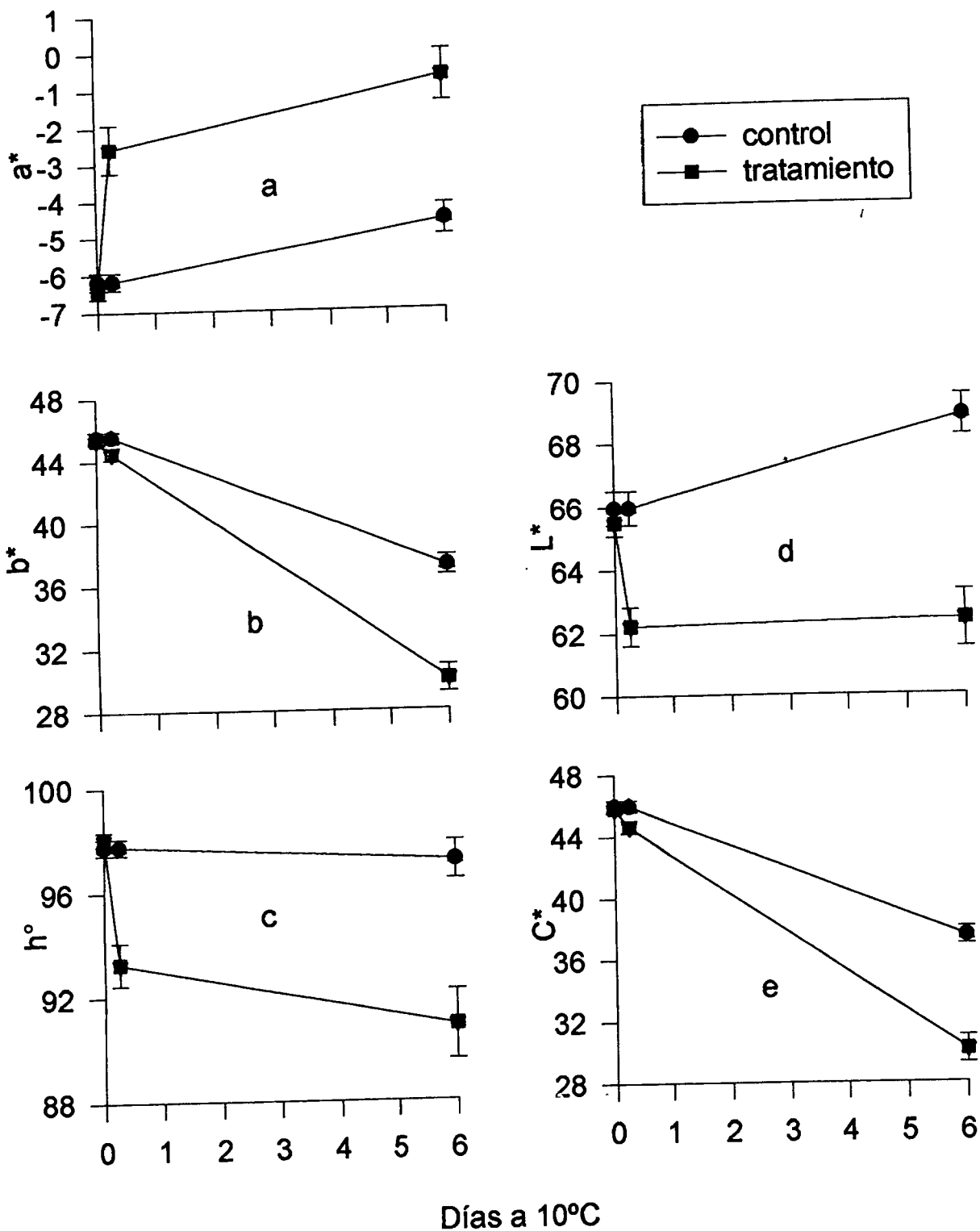


Figura 20. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en manzana 'Golden Delicious' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.

Los valores de C\* indican que los frutos control tienen una intensidad de 46 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento la intensidad de color disminuyó (valor de 38). El cambio de color se debió a la maduración. Los frutos tratados presentaron una intensidad de 46 al inicio, inmediatamente después del tratamiento la intensidad tuvo un valor casi igual (valor de 45) y durante el almacenamiento la intensidad disminuyó (valor de 30). El descenso en la intensidad se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a la maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 20e).

### 7.2.9. MANZANA 'GRANNY SMITH'

No hubo daño interno en los frutos control en la evaluaciones de 0, 0.25 y 6 días. Los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento presentaron daño de 7 (61-70% de daño) observándose manchas cafés. Después de 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 7.5 (61-70% de daño), donde el daño fue causado por el tratamiento apareciéndose manchas cafés. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 21a).

No hubo daño externo en los frutos control en ninguna de las evaluaciones, mientras que los frutos tratados, inmediatamente después del tratamiento su daño fue de 1.5 ( $0 <= 10\%$  de daño) presentando manchas cafés y después de 6 días de almacenamiento se obtuvo un valor de 2.9 (11-20% de daño), donde el daño fue causado por el tratamiento térmico observándose el fruto opaco con manchas cafés. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 21b).

La pérdida de peso en los frutos control fue 0.62% después de 6 días de almacenamiento. En los frutos tratados es de 0.79% al finalizar el almacenamiento por 6 días, probablemente se debió al tratamiento térmico, sin embargo, inmediatamente después del tratamiento su pérdida fue 0.3% tal vez a causa de una deshidratación. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 21c).

La firmeza para los frutos control fue de 11.5 N al inicio y después de 6 días de almacenamiento disminuyó a 8.8 N indicando esto que los frutos se ablandaron debido a su maduración. Los frutos tratados presentaron una firmeza de 10.5 N inmediatamente después del tratamiento y de 11.8 N después del almacenamiento, lo cual indica que los frutos perdieron firmeza y luego se incremento el valor de la misma debido al tratamiento térmico. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 21d).

Los resultados de  $a^*$  indican que los frutos control presentaron un valor de -10 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento tuvo un valor de -8.8, donde

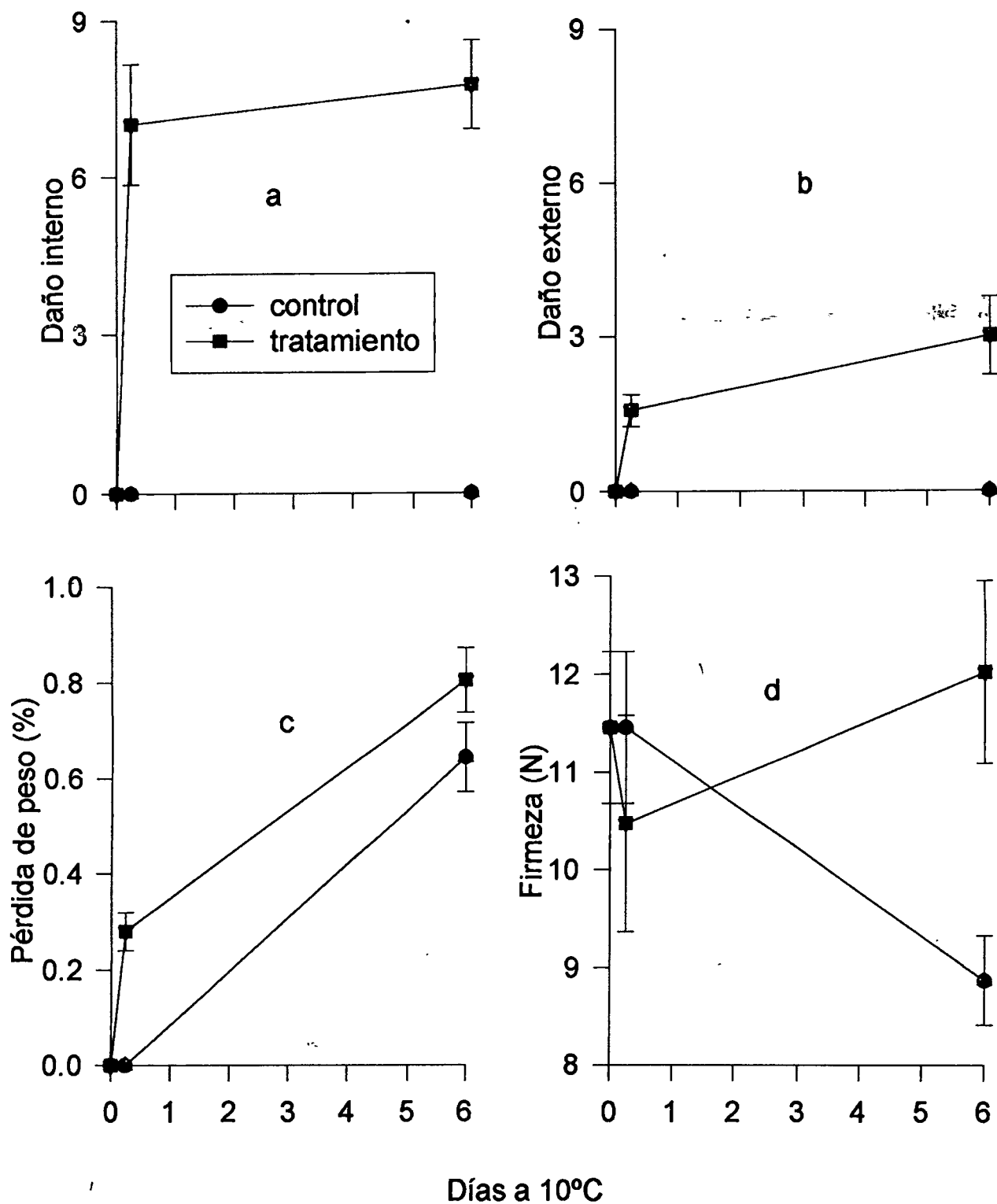


Figura 21. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en manzana 'Granny Smith' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.

el incremento en  $a^*$  fue debido a su maduración. Mientras que los frutos tratados presentaron un valor de -10.2 a los 0 días, un valor de -8 a los 0.25 días y a los 6 días un valor de -7.5, el incremento en el valor de  $a^*$  se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 0 días, a los 0.25 días y a los 6 días después del almacenamiento (Figura 22a).

Los frutos control presentaron valores de  $b^*$  de 41 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 31, la disminución en los valores de  $b^*$  fue debido a la maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 39 al inicio, un valor de 38 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un valor de 27, donde la disminución en  $b^*$  se debió en parte al tratamiento térmico y en gran parte a su maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio, inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 22b).

Los valores de  $h^o$  indica que los frutos control presentaron un color amarillento-verde (valor de 103.5) a los 0 y 0.25 días y durante los 6 días de almacenamiento presentaron un color amarillo-verde (valor de 105), se puede inferir que el cambio de color no se observó. Los frutos tratados presentaron un color amarillo-verde (valor de 104.5) a los 0 días, un color amarillo-verde (valor de 101.5) a los 0.25 días y a los 6 días presentaron un color amarillo-verde (valor de 103), por lo que puede inferirse que el cambio de color no se apreció. Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio, inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 22c).

Los valores de  $L^*$  indican que los frutos control presentaron un valor de 61.5 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento tendió aumentar su valor a 64.5, puede inferirse que el aumento en la luminosidad fue debido a la maduración. En cambio, los frutos tratados presentaron un valor de 60.5 al inicio, un valor de 58 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un valor de 60.5, por lo cual se dice que la disminución en la luminosidad fue debido al tratamiento térmico y el aumento a la maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 0.25 días y a los 6 días de almacenamiento (Figura 22d).

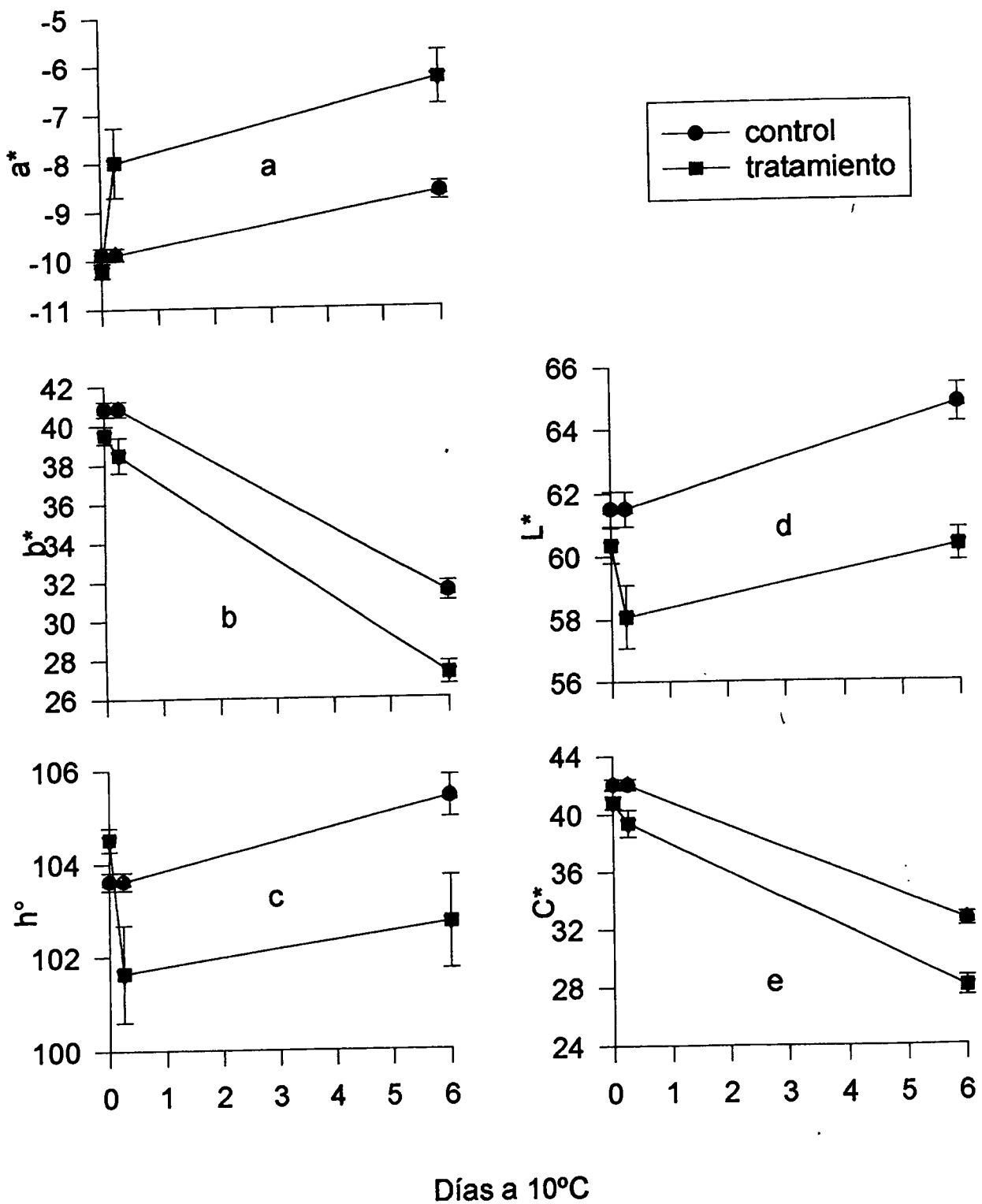


Figura 22. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en manzana 'Granny Smith' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.

Los valores de C\* en los frutos control presentaron una intensidad (valor de 42) al inicio y durante los 6 días de almacenamiento la intensidad de color disminuyó (valor de 32) donde el cambio en la intensidad de color fue debido a la maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 41 al inicio, disminuyó la intensidad (valor de 39) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento la intensidad disminuyó más todavía (valor de 28), dado que la disminución en la intensidad de color se debió al tratamiento térmico. Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio, inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 22e).



### 7.2.10. MANZANA 'ROME BEAUTY'

El daño interno en los frutos control no se presentó, mientras que los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento presentaron un daño de 8 (71-80% de daño) observándose zonas amarillas cafés y a los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 7 (61-70% de daño), donde se puede decir que el daño fue disminuido por el tratamiento térmico presentando manchas cafés. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 23a).

El daño externo en los frutos control no se presentó, mientras que los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su daño fue de 6.5 (51-60% de daño) presentando zonas amarillas y cafés, el cual se debió al tratamiento térmico. A los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 8 (71-80% de daño), donde el daño fue causado por el almacenamiento en frío presentando manchas café amarillas. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 23b).

La pérdida de peso en los frutos control fue de 0.62% después de 6 días de almacenamiento, mientras que en los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su pérdida fue de 0.4% debido a una deshidratación y 0.8% al finalizar el almacenamiento. Esto se debió al tratamiento térmico. No hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio ni a los 6 días de almacenamiento, sin embargo, inmediatamente después del tratamiento si la hubo (Figura 23c).

La firmeza para los frutos control fue de 11.5 N al inicio y después de 6 días de almacenamiento disminuyó a 7.5 N, mientras que en los frutos tratados fue de 7.5 N inmediatamente después del tratamiento y de 7 N después de 6 días de almacenamiento. Esto quiere decir que los frutos se ablandaron debido al tratamiento térmico y a la maduración. No hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio ni a los 6 días de almacenamiento, en cambio, inmediatamente después del tratamiento si la hubo (Figura 23d).

Los valores de  $a^*$  en los frutos control presentaron un valor de 27.5 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento presentaron uno de 16, por lo cual se

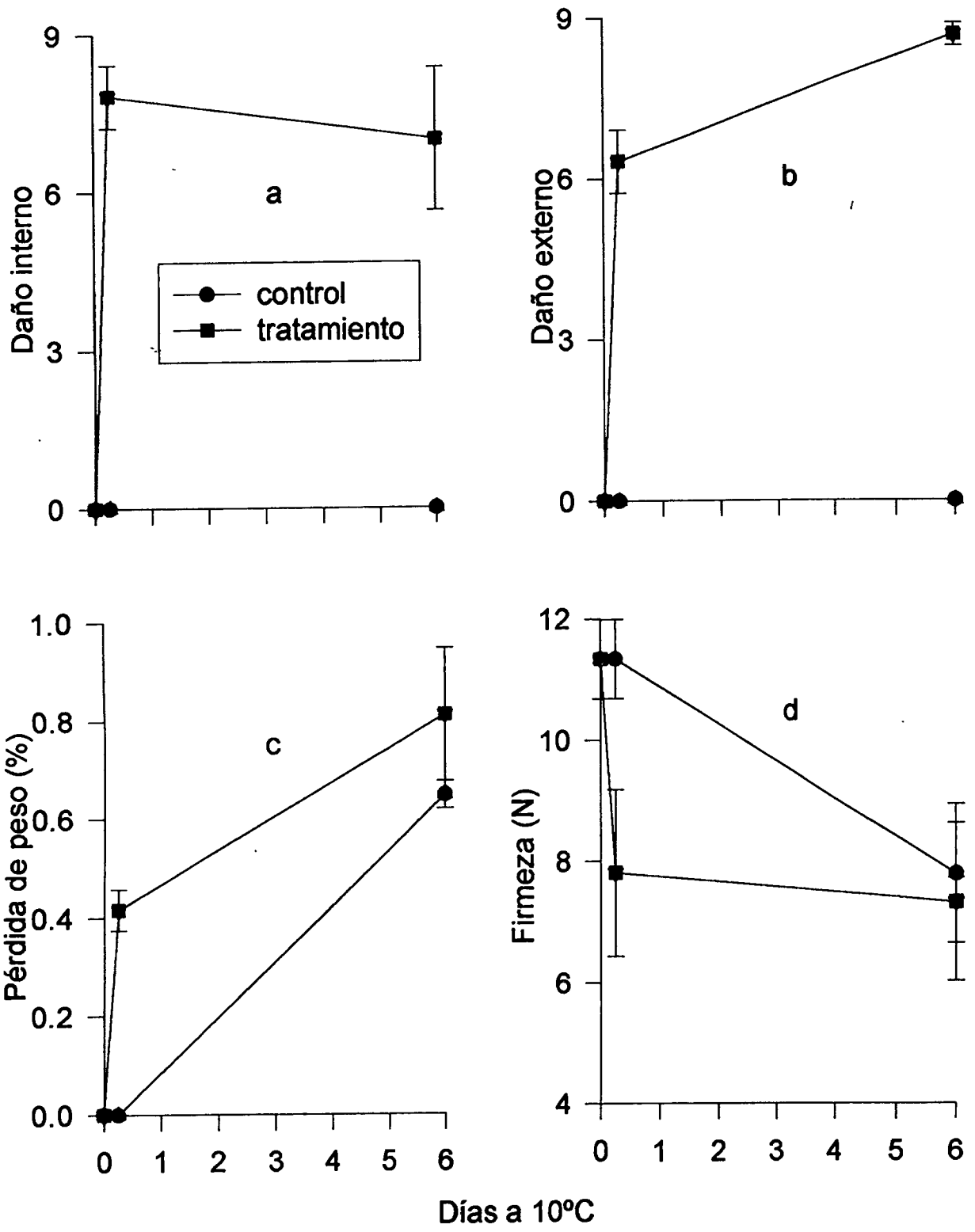


Figura 23. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en manzana 'Rome Beauty' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.

puede decir que la disminución en los valores de  $a^*$  fue debido a la maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 33 a los 0 días, un valor de 17.5 a los 0.25 días y a los 6 días un valor de 10, se puede decir que la disminución en los valores de  $a^*$  se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio, inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 24a).

Los resultados de  $b^*$  en los frutos control presentaron un valor de 21 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 17.5, donde se infiere que el descenso en  $b^*$  fue debido a la maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 18 al inicio, un valor de 24 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un valor de 19, se puede decir que el incremento en  $b^*$  se debió al tratamiento térmico y la disminución a la maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio (Figura 24b).

Los valores de  $h^o$  indican que los frutos control presentaron un color café-naranja (valor de 38) al inicio y durante los 6 días almacenamiento presentaron un color naranja-café (valor de 44) donde se puede decir que el cambio de color fue debido a la maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un color naranja (valor de 30), un color naranja-amarillo (valor de 52) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un color amarillo-café (valor de 60) donde se puede decir que el cambio de color se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a la maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio, inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 24c).

Los valores de  $L^*$  en los frutos control presentaron una intensidad de 38 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento tendió a aumentar (valor de 52), lo cual indica que el incremento en  $L^*$  fue debido a la maduración. Los frutos tratados presentaron un valor de 40 a los 0 días, un valor de 46 a los 0.25 días y al finalizar el almacenamiento presentaron un valor de 54, se puede inferir que el en  $L^*$  se debió al tratamiento térmico y a su maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio e inmediatamente después del tratamiento (Figura 24d).

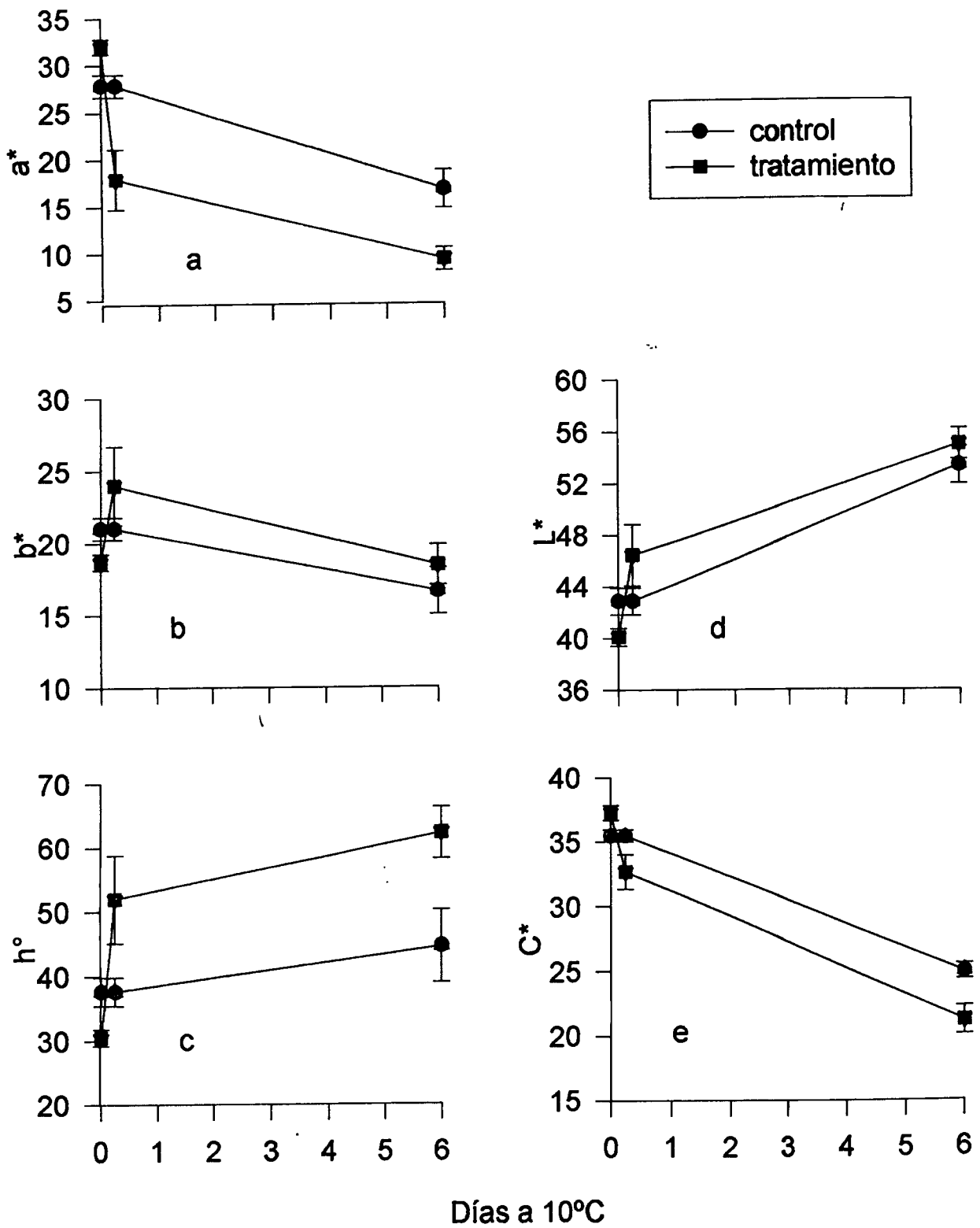


Figura 24. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en manzana 'Rome Beauty' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.

Los valores de  $C^*$  en los frutos control presentaron una intensidad de 35 al inicio y durante el almacenamiento la intensidad de color disminuyó (valor de 24), se puede observar que el cambio de intensidad fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 37.5 al inicio, inmediatamente después del tratamiento disminuyó la intensidad (valor de 32.5) y durante el almacenamiento la intensidad disminuyó más (valor de 21), se puede observar que el descenso en la intensidad se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio, inmediatamente después del tratamiento térmico y a los 6 días de almacenamiento (Figura 24e).

### 7.2.11. MANZANA 'STARKING'

El daño interno (Figura 25a) para los frutos control a los 0, 0.25 y 6 días no se presentó dando un valor de 0 (0% de daño), mientras que los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su daño fue de 0.5 ( $0 < \leq 10\%$  de daño) observándose sin brillo y a los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 2.8 (11-20% de daño), donde se puede decir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando manchas cafés. Por lo que se puede decir que hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

El daño externo (Figura 25b) tanto frutos control como tratados no presentaron daño dando un valor de 0 (0% de daño). Ni el tratamiento ni la exposición al frío afectaron. Por lo que se puede decir que no hubo diferencia significativa entre control y tratado.

La pérdida de peso (Figura 25c) para los frutos control fue de 0.5% como valor máximo después 6 días de almacenamiento, mientras que para los frutos tratados fue de 0.7% debido al tratamiento térmico, sin embargo, inmediatamente después del tratamiento su pérdida fue de 0.2% debido a una deshidratación. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

La firmeza (Figura 25d) para los frutos control fue de 9.3 N al inicio y después de 6 días de almacenamiento aumentó a 10 N indicando que los frutos aumentaron su firmeza, mientras que en los frutos tratados fue de 11.7 N inmediatamente después del tratamiento y de 9.1 N después del almacenamiento indicando que los frutos se endurecieron mucho más que al inicio y luego perdieron firmeza en comparación de como iniciaron esto fue debido al tratamiento térmico y a su maduración. No hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio ni a los 6 días de almacenamiento, pero si la hubo inmediatamente después del almacenamiento.

Los valores de  $a^*$  (Figura 26a) indican que los frutos control tienen valor de 28 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 26 donde la disminución en el valor de  $a^*$  fue debido a su maduración. Los frutos tratados presentaron un valor de 26 a los 0 días, un valor de 24 a los 0.25 días y

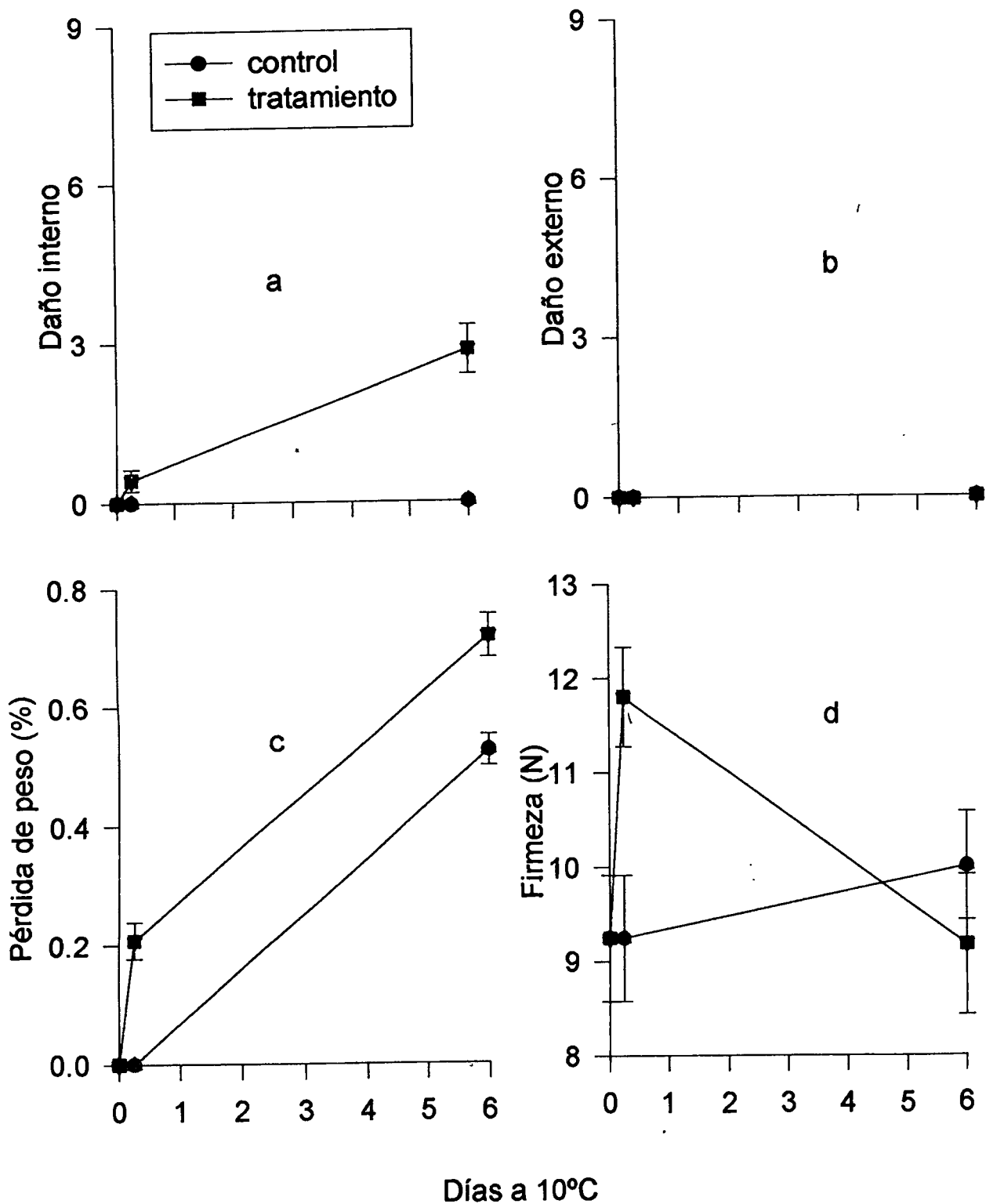


Figura 25. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en manzana 'Starking' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.

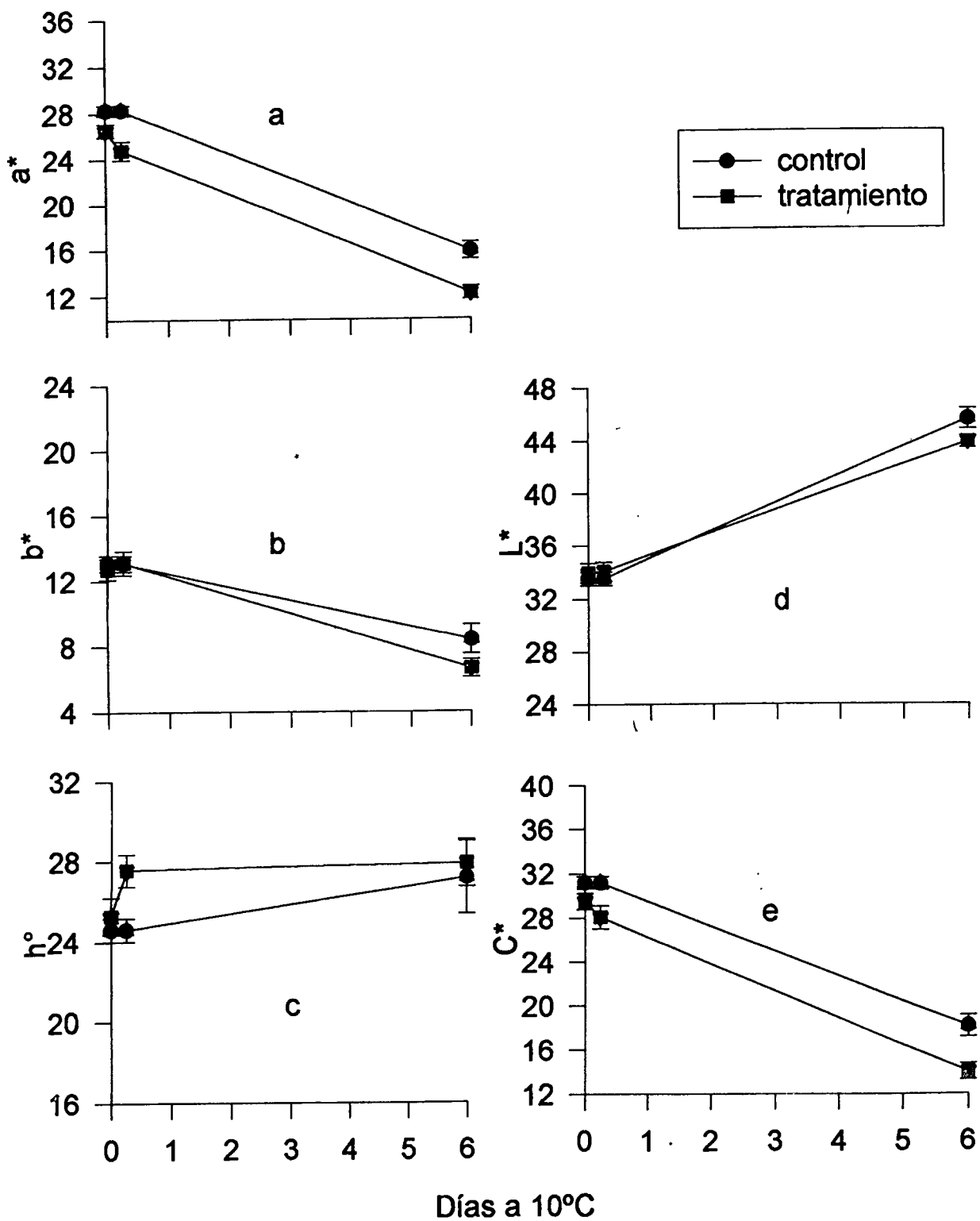


Figura 26. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en manzana 'Starking' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.



a los 6 días presentaron un valor de 12, donde la disminución en el valor de  $a^*$  se infiere en parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración. Ambos, tanto control como tratado, tuvieron tendencias semejantes. Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio, inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

Los valores de  $b^*$  (Figura 26c) indican que los frutos control tienen un valor de 13 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 8.2, la disminución en los valores de  $b^*$  fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron una tendencia similar, un valor de 12.5 al inicio, un valor de 14 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un valor de 6, lo cual indica que el descenso en los valores de  $b^*$  se debieron al tratamiento. Por lo que se puede decir que hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 6 días de almacenamiento. Control y tratado tuvieron una tendencia semejante.

Los valores de  $h^o$  (Figura 26c) indican que los frutos control tienen un color naranja-café (valor de 24) al inicio y durante los 6 días de almacenamiento presentaron un color naranja-café (valor de 27) donde el cambio de color no se apreció, mientras que los frutos tratados presentaron un color naranja-café (valor de 25), un color naranja-café (valor de 27) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento permaneció el mismo color (valor de 27), lo cual infiere que el cambio de color no se observó. Por lo que se puede decir que no hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio ni a los 6 días de almacenamiento, pero si la hubo inmediatamente después del tratamiento.

Los valores de  $L^*$  (Figura 26d) indican que los frutos control tienen una luminosidad de 33 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento un valor de 45, el cambio en la luminosidad fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 34 al inicio, un valor casi igual (34.5) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un valor de 43.5 aumentando la luminosidad, donde el cambio de  $L^*$  se debió a su maduración. Tanto control como tratado tuvieron un comportamiento similar. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 6 días de almacenamiento.

Los valores de  $C^*$  (Figura 26e) indican que los frutos control tienen una intensidad de 31 a los 0 y 0.25 días, durante el almacenamiento la intensidad de color disminuyó mucho (valor de 18) donde el cambio de intensidad fue debido a su maduración. Los frutos tratados presentaron un valor de 30 al inicio, disminuyendo la intensidad (valor de 29) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento la intensidad disminuyó más todavía (valor de 14) donde el cambio de intensidad se debió al tratamiento térmico y a su maduración. Por lo que se puede decir que hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio, inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

### 7.2.12. PERA 'D'ANJOU'

No hubo daño interno en los frutos control, mientras que los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento presentaron un daño de 2.5 (11-20% de daño) observándose principalmente en la cáscara y a los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 7 (61-70% de daño), donde el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando manchas cafés en la cáscara (Figura 27a). Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

No hubo daño externo para los frutos control, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 9 (>80% de daño) inmediatamente después del tratamiento térmico, presentando un escaldado color café; el mismo grado de daño se observó a los 6 días de almacenamiento (Figura 27b). Hubo diferencia significativa entre control y tratados inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

La pérdida de peso en los frutos control fue de 2% como valor máximo a los 6 días de almacenamiento, se pudo deber a almacenamiento en frío, mientras que en los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su pérdida fue de 0.9% debido a una deshidratación y 2.5% al finalizar el almacenamiento. Esto fue debido al tratamiento térmico (Figura 27c). Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

La firmeza en los frutos control fue de 7.5 N al inicio y después de 6 días de almacenamiento disminuyó a 3 N indicando que los frutos se ablandaron debido a que maduraron. Los frutos tratados presentaron 7.5 N al inicio, 4 N inmediatamente después del tratamiento y 4.2 N después del almacenamiento, indicando que los frutos perdieron firmeza debido al tratamiento y luego se endurecieron un poco debido a un efecto secundario del mismo (Figura 27d). Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

Los frutos control presentaron valores de  $a^*$  de -4 a los 0 y 0.25 días y durante los 6 días de almacenamiento un valor de 0, el incremento en el valor de  $a^*$  fue debido a su maduración. Los frutos tratados presentaron un valor de -3 a

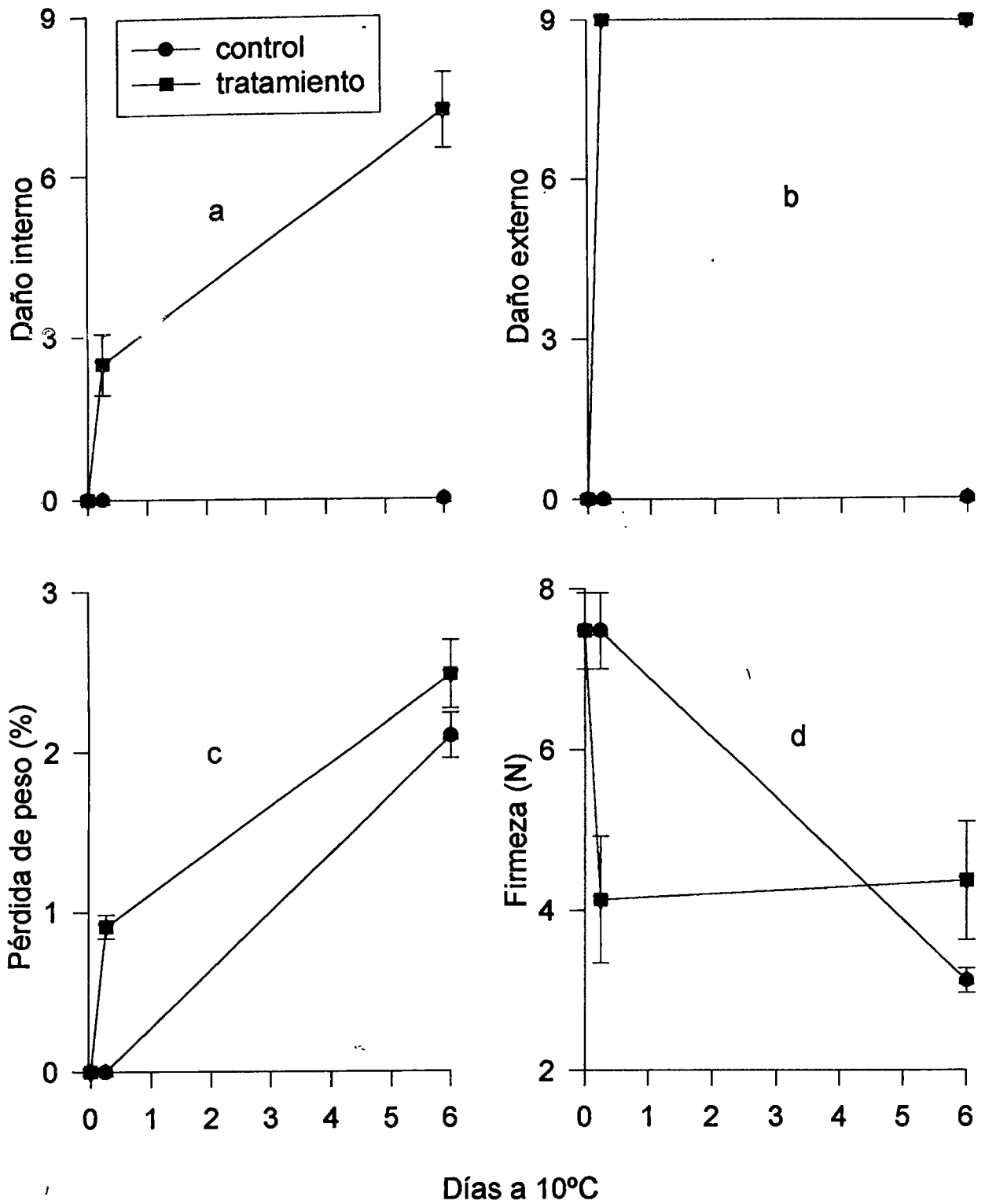


Figura 27. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en pera 'D'Anjou' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.

los 0 días, un valor de 11 a los 0.25 días y a los 6 días presentaron un valor de 5, dado que el incremento en el valor de  $a^*$  se debió en parte al tratamiento térmico y el descenso a su maduración (Figura 28a). Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 0 días, a los 0.25 días y a los 6 días de almacenamiento.

Los valores de  $b^*$  en los frutos control presentaron un valor de 43 al inicio y durante los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 33, por lo que se infiere que la disminución en el valor de  $b^*$  fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 42 al inicio, un valor de 16 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un valor de 8, la disminución del valor de  $b^*$  se debió en mayor parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración (Figura 28b). Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

Los valores de  $h^o$  indican que los frutos control presentaron un color amarillo fuerte (valor de 95) al inicio y a los 6 días de almacenamiento presentaron un color amarillo-café (valor de 88) donde el cambio de color no se observó, mientras que en los frutos tratados presentaron un color amarillo (valor de 93) a los 0 días, un color naranja-amarillo (valor de 55) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento permanecieron del mismo color (valor de 55), donde el cambio de color se debió al tratamiento térmico (Figura 28c). Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

Los valores de  $L^*$  en los frutos control presentaron una luminosidad de 68 al inicio y a los 6 días de almacenamiento fue de 67, el ligero cambio que hubo en la luminosidad fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 66 al inicio, un valor de 35 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un valor de 44, se puede inferir que el decremento en  $L^*$  se debió al tratamiento térmico (Figura 28d). Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

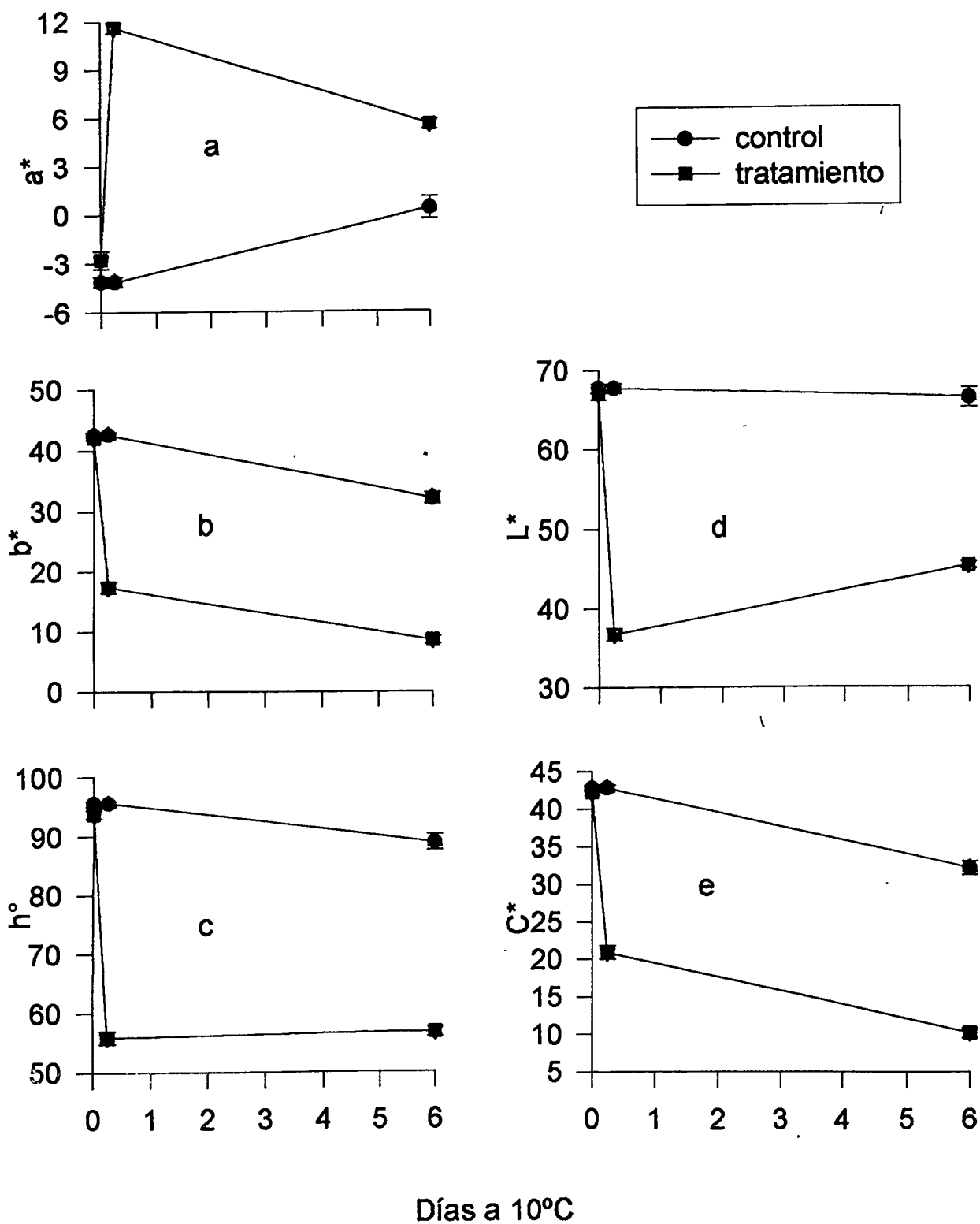


Figura 28. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en pera 'D'Anjou' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.

Los valores de C\* indican que los frutos control presentaron una intensidad de 42.5 al inicio y a los 6 días de almacenamiento la intensidad de color disminuyó (valor de 32) donde el cambio de color fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un color intenso (valor de 42) al inicio, disminuyó la intensidad (valor de 20) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento la intensidad disminuyó más todavía (valor de 10) donde el cambio de color se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración (Figura 28e). Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

### 7.2.13. PERA 'PACKHAM'S TRIUMPH'

No se presentó daño interno en los frutos control en las evaluaciones de los 0, 0.25 y 6 días, mientras que los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su daño fue de 0.2 ( $0 < \leq 10\%$  de daño) y a los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 1.5 ( $0 < \leq 10\%$  de daño), donde se puede decir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando manchas cafés. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 6 días de almacenamiento (Figura 29a).

No se presentó daño externo en los frutos control, mientras que los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento presentaron un valor de 9 ( $> 80\%$  de daño) y a los 6 días de almacenamiento su daño fue el mismo, donde se puede decir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando un escaldado color café. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 29b).

La pérdida de peso en los frutos control fue de 2.5% como valor máximo a los 6 días de almacenamiento, mientras que en los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su pérdida fue de 1.2% debido a una deshidratación y 3.2% al finalizar el almacenamiento, lo cual fue debido al tratamiento térmico. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 29c).

La firmeza de los frutos control fue de 17.5 N a los 0 y 0.25 días y a los 6 días de almacenamiento disminuyó a 7 N indicando que los frutos se ablandaron debido a que maduraron. Los frutos tratados presentaron un valor de 17.5 N al inicio, 24 N inmediatamente después del tratamiento y 23 N después del almacenamiento indicando que los frutos se endurecieron ganando firmeza debido al tratamiento térmico y luego se ablandaron tal vez al almacenamiento en frío. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 29d).

Los valores de  $a^*$  indican que los frutos control presentaron un valor de -8.5 al inicio y durante el almacenamiento presentaron un valor de -7, donde se infiere que el cambio en el valor de  $a^*$  fue debido a su maduración. Los frutos tratados



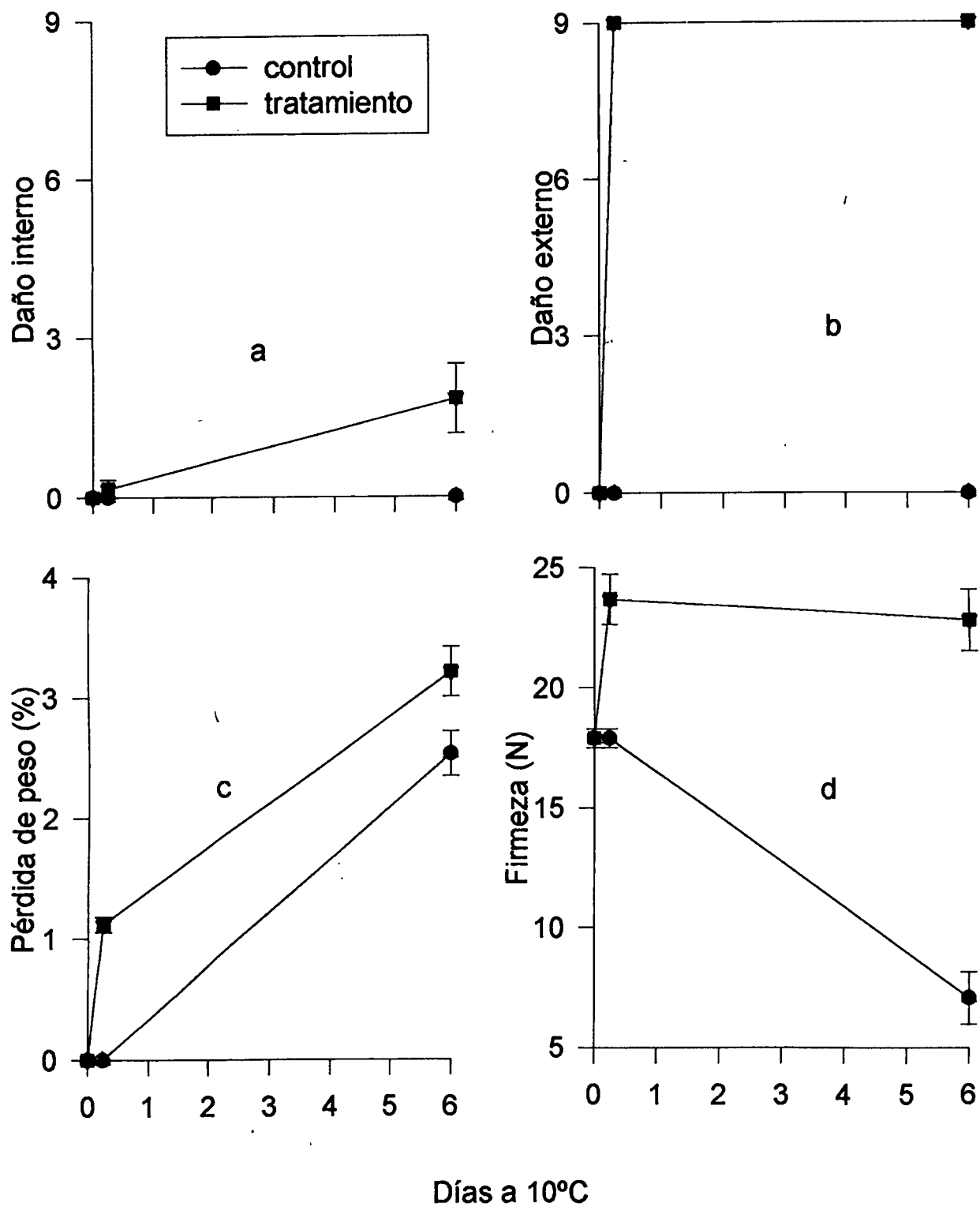


Figura 29. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en pera 'Packham's Triumph' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.

presentaron un valor de  $-8$  al inicio, un valor de  $5.5$  inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento un valor de  $3$ , donde se puede suponer que el descenso en el valor de  $a^*$  se debió al tratamiento térmico. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 30a).

Los frutos control presentaron valores de  $b^*$  de  $40$  a los 0 y 0.25 días y a los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de  $30$  donde se puede decir que la disminución en el valor de  $b^*$  fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de  $39$  al inicio, un valor de  $26$  inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un valor de  $7.5$  donde se puede inferir que el descenso en el valor de  $b^*$  se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 30b).

Los valores de  $h^o$  en los frutos control presentaron un color amarillo-verde (valor de  $102$ ) al inicio y durante el almacenamiento presentaron un color similar al anterior (valor de  $103$ ) donde se puede decir que no hubo cambio de color. Los frutos tratados presentaron un color amarillo-verde (valor de  $101$ ), un color amarillo-naranja (valor de  $77$ ) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un color como café-rojizo (valor de  $67$ ) donde se puede decir que el cambio de color se debió al tratamiento térmico. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 30c).

Los valores de  $L^*$  en los frutos control presentaron una luminosidad con un valor de  $40$  al inicio y a los 6 días de almacenamiento tendió a bajar su valor a  $30$ , se puede inferir que la disminución en la luminosidad fue debido a su maduración. Mientras que los frutos tratados presentaron un valor de  $39$  al inicio, un valor de  $26$  inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un valor de  $7$ , lo cual nos puede decir que el decremento en el valor de la luminosidad se debió al tratamiento térmico y a su maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 30d).

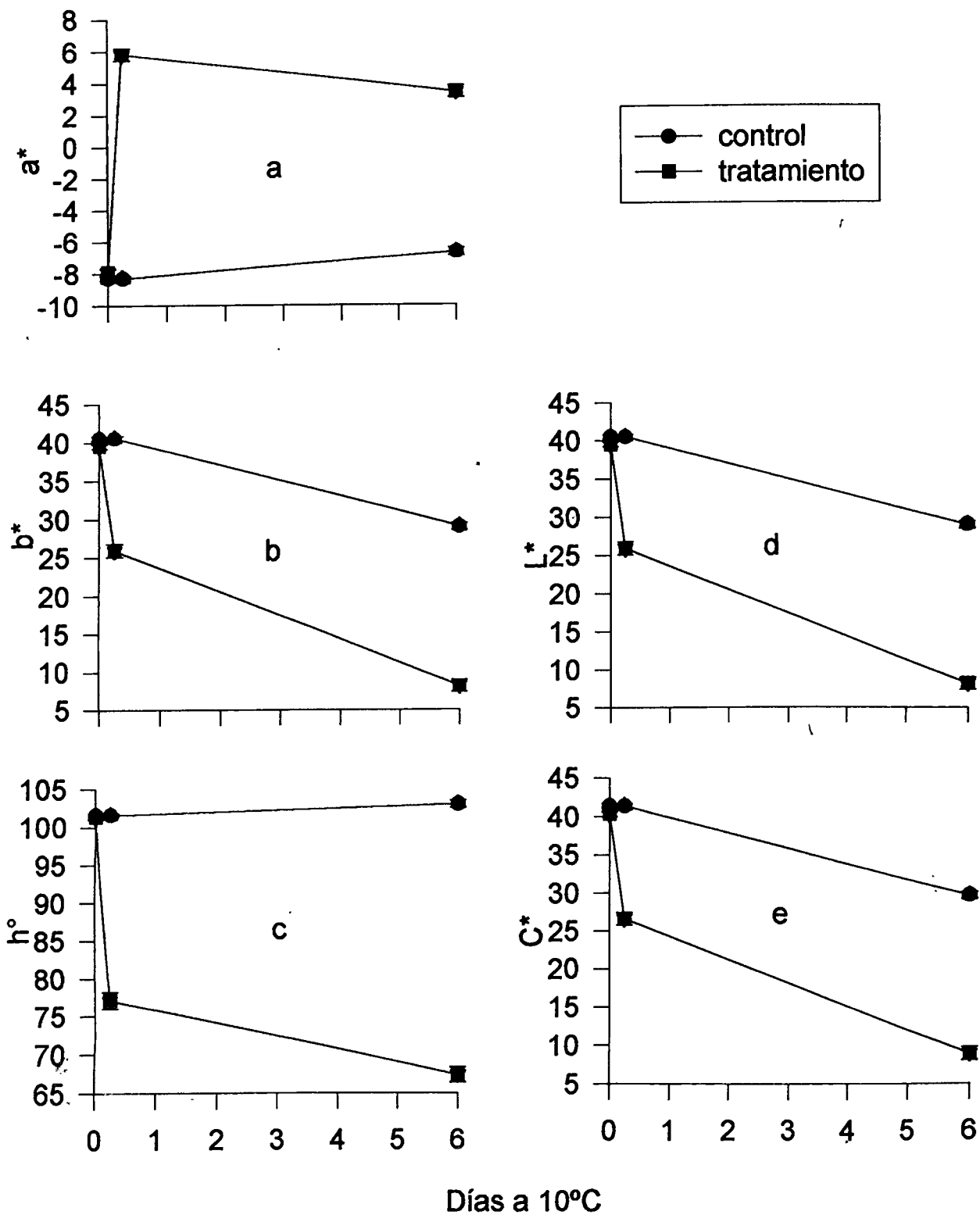


Figura 30. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en pera 'Packham's Triumph' evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.

Los valores de C\* indican que los frutos control presentaron una intensidad de 42 al inicio y durante el almacenamiento la intensidad de color disminuyó (valor de 29) donde se puede decir que el cambio de color fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 39 al inicio, disminuyó la intensidad (valor de 26) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento la intensidad disminuyó más todavía (valor de 8). Por lo cual se dice que la disminución en el valor de C\* se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 30e).

#### 7.2.14. PLÁTANO 'BABY'

No hubo daño interno (Figura 31a) en los frutos control, mientras que los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento presentaron un daño de 3 (21-30% de daño) y a los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 9 (>80% de daño), donde se puede decir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando pulpa pegada a la cáscara, color de la pulpa amarillo muy pálido con manchas café. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

No hubo daño externo (Figura 31b) en los frutos control dando un valor de 0 (0% de daño), mientras que los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su daño fue de 2.5 (11-20% de daño) y a los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 8 (71-80% de daño), donde se puede decir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando un color negro en la cáscara. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

La pérdida de peso (Figura 31c) para los frutos control fue de 4% después de 6 días de almacenamiento, debido a la exposición al frío, mientras que en los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su pérdida de peso fue del 2% debido a una deshidratación y 7.5% a los 6 días de almacenamiento, esto fue debido al tratamiento térmico y exposición al frío. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

La firmeza (Figura 31d) para los frutos control fue de 11 N al inicio y después de 6 días de almacenamiento disminuyó a 1.5 N indicando que los frutos perdieron firmeza debido a su maduración, mientras que en los frutos tratados fue de 3 N inmediatamente después del tratamiento y 8 N después del almacenamiento indicando que los frutos perdieron firmeza debido al tratamiento térmico y luego se endurecieron debido a un daño secundario del mismo. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

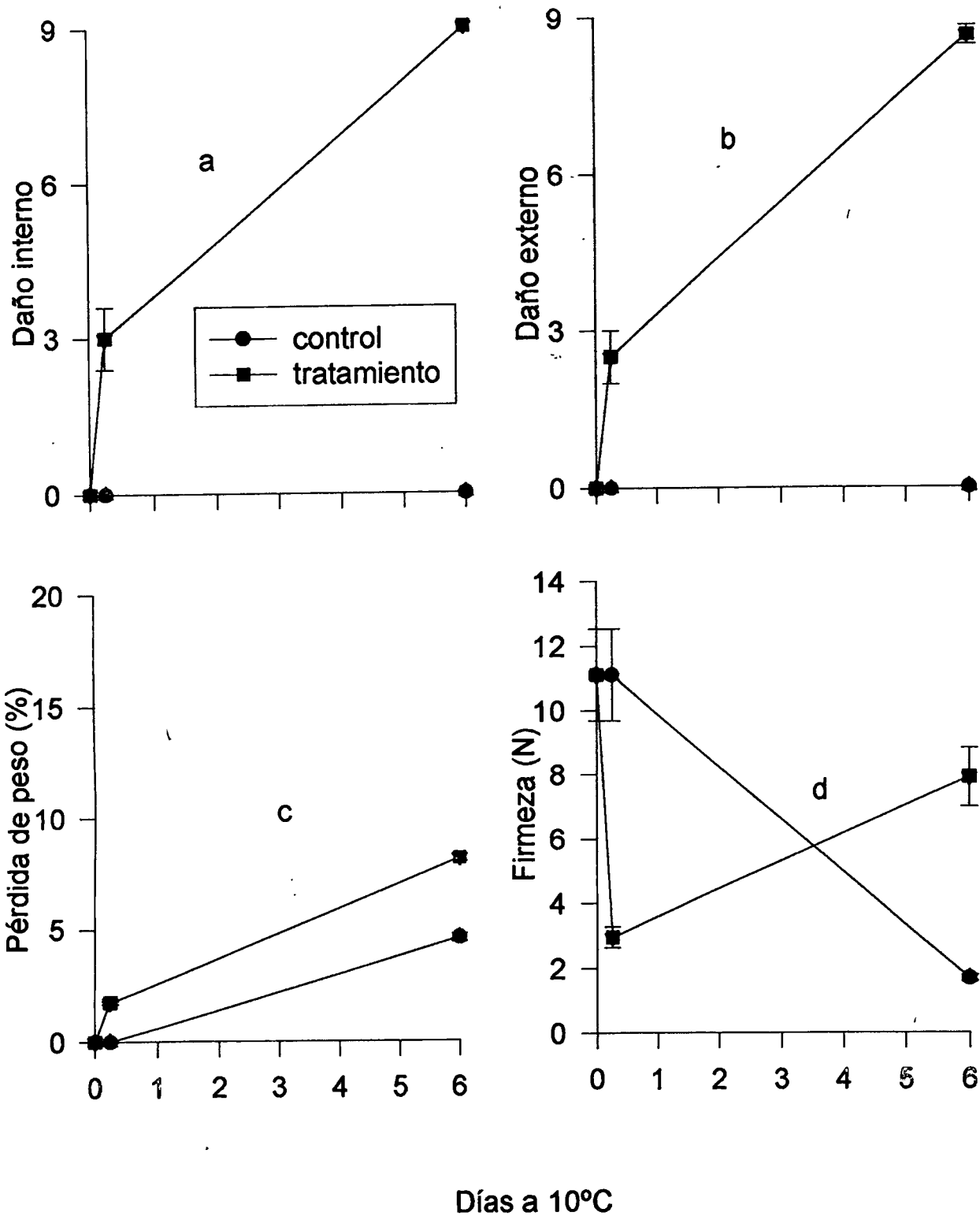


Figura 31. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en plátano 'Baby' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.

Los resultados de  $a^*$  (Figura 32a) indican que los frutos control presentaron un valor de -10 a los 0 y 0.25 días y a los 6 días de almacenamiento tuvo un valor de -3, se puede decir que el aumento en el valor de  $a^*$  fue debido a su maduración. Los frutos tratados presentaron un valor de -10 a los 0 días, un valor de -6.5 a los 0.25 días y a los 6 días después del almacenamiento presento un valor de -1, donde se puede inferir que el aumento en  $a^*$  se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 0.25 días y a los 6 días de almacenamiento.

Los resultados de  $b^*$  (Figura 32b) indican que los frutos control presentaron un valor de 40 al inicio y durante el almacenamiento presentaron un valor de 32, por lo que se puede observar que la disminución en el valor de  $b^*$  fue debido a su maduración. Los frutos tratados presentaron un valor de 40 al inicio, un valor de 36 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un valor de 10, por lo que se puede decir que el descenso en el valor de  $b^*$  se debió al tratamiento térmico. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

Los valores de  $h^o$  (Figura 32c) indican que los frutos control presentaron un color amarillo-verde (valor de 104) al inicio y durante el almacenamiento presentaron un color amarillo-naranja (valor de 84) donde se puede decir que el cambio de color fue debido a su maduración, mientras que en los frutos tratados presentaron un color amarillo-verde (valor de 103), un color amarillo-verde (valor de 99) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento amarillo (valor de 88) donde se puede decir que el cambio de color se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

Los resultados de  $L^*$  (Figura 32d) indican que los frutos control presentaron una luminosidad de 62 al inicio y durante el almacenamiento tendió a aumentar a 65, lo que quiere decir que el cambio de color fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 63 al inicio, un valor de 58 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento

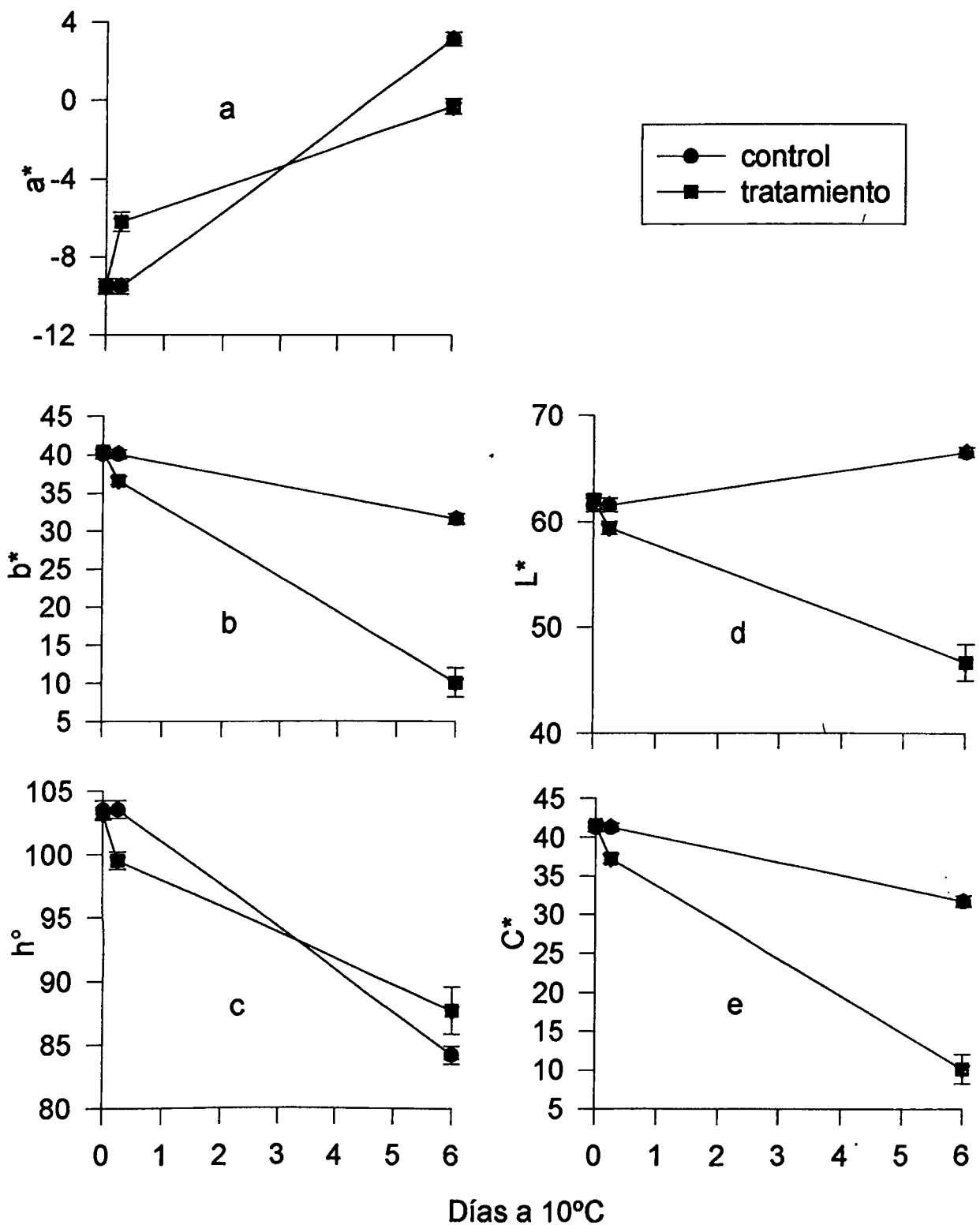


Figura 32. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en plátano 'Baby' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.



presentaron un valor de 46, por lo cual el decremento en la luminosidad se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

Los resultados de C\* (Figura 32e) indican que los frutos control presentaron una intensidad de 41 al inicio y durante el almacenamiento la intensidad de color disminuyó (valor de 32) donde se puede decir que el cambio de color fue debido a su maduración, mientras que en los frutos tratados presentaron un valor de 41.5 al inicio, dado que disminuyó la intensidad (valor de 37) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento la intensidad disminuyó más todavía (valor de 10), se infiere que el cambio en la intensidad se debió al tratamiento térmico. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

### 7.2.15. PLÁTANO 'DOMINICO'

No hubo daño interno en los frutos control, mientras que los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento presentaron un daño de 0.2 ( $0 < \leq 10\%$  de daño) y a los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 2 (11-20% de daño), donde se puede decir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando la pulpa un color amarillo más pálido, con zonas cafés. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 6 días de almacenamiento (Figura 33a).

No hubo daño externo para los frutos control, mientras que los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su daño fue de 3 (21-30% de daño) y a los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 9 ( $> 80\%$  de daño), donde se puede inferir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando un color café oscuro. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 0.25 días y a los 6 días de almacenamiento (Figura 33b).

La pérdida de peso en los frutos control fue del 10% a los 6 días de almacenamiento, se puede decir que se debió a la maduración, mientras que en los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su pérdida fue de 2% debido a una deshidratación y de 10% a los 6 días, el cual fue debido al tratamiento térmico. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento (Figura 33c).

La firmeza de los frutos control fue de 2.5 N al inicio y a los 6 días de almacenamiento disminuyó a 1.7 N indicando que los frutos perdieron firmeza debido a su maduración, mientras que en los frutos tratados fue de 1.6 N inmediatamente después del tratamiento y de 2.6 N después del almacenamiento lo cual indica que los frutos perdieron firmeza debido al tratamiento térmico y luego se endurecieron debido a un efecto secundario del mismo. Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 33d).

Los resultados de  $a^*$  indican que los frutos control presentaron un valor de -8 al inicio y a los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 7.5, por lo que se puede decir que el incremento en  $a^*$  fue debido a la maduración. Los frutos tratados presentaron un valor de -7 al inicio, un valor de -4.5

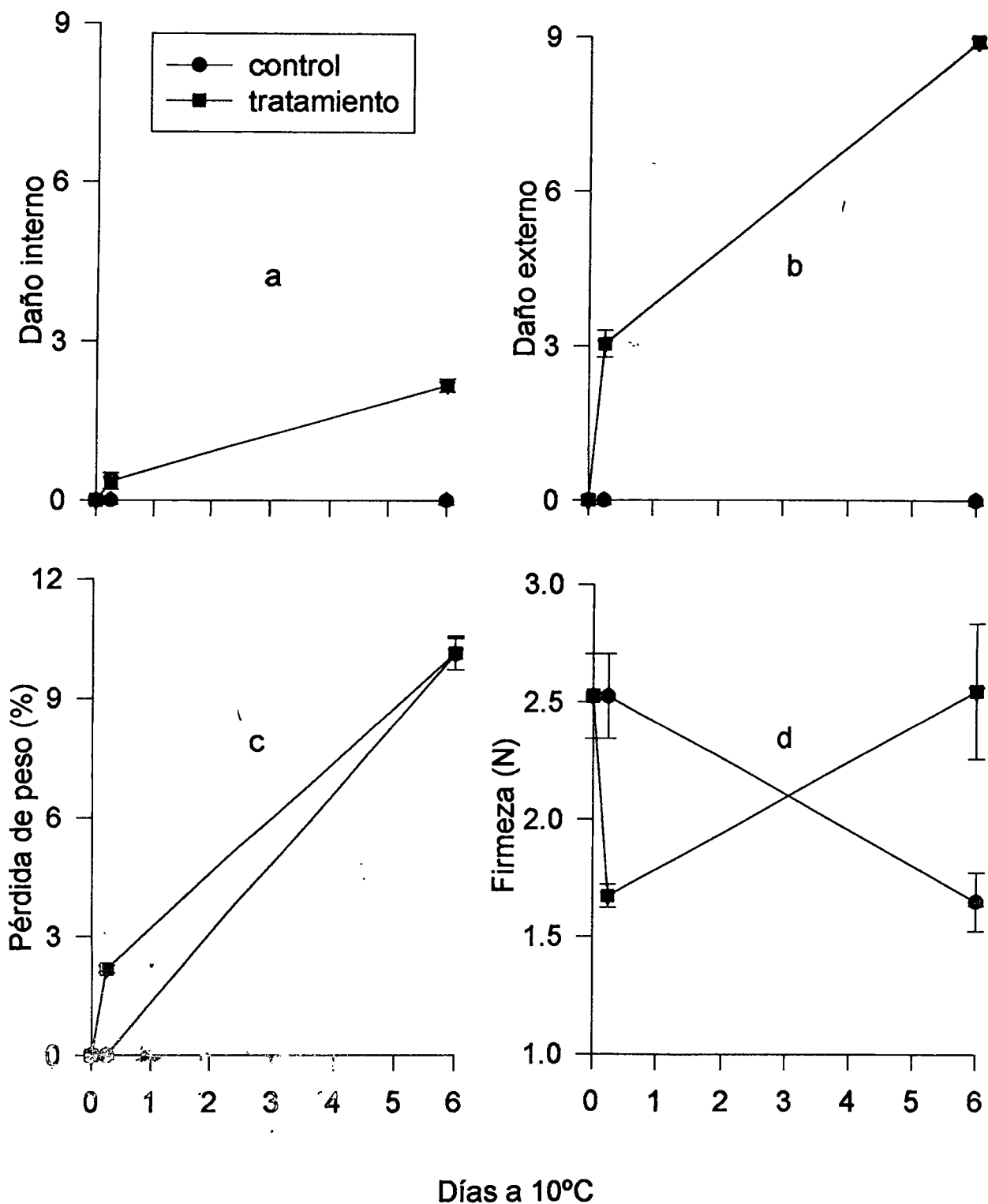


Figura 33. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en plátano 'Dominico' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.

inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presento un valor de  $-0.5$  donde se puede decir que el incremento en el valor de  $a^*$  se debió en parte al tratamiento térmico y en parte a su maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio, inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 34a).

Los resultados de  $b^*$  indican que los frutos control presentaron un valor de 38 a los 0 y 0.25 días y a los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 33, se puede decir que la disminución en  $b^*$  fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron valor de 37 a los 0 días, un valor de 38 a los 0.25 días y a los 6 días de almacenamiento presentaron un valor de 19 por lo que se puede inferir que el decremento en  $b^*$  se debió al tratamiento térmico. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 6 días de almacenamiento (Figura 34b).

Los valores de  $h^{\circ}$  indican que en los frutos control presentaron un color amarillo-verde (valor de 101) al inicio y a los 6 días de almacenamiento presentaron un color amarillo-naranja (valor de 77) donde se puede decir que el cambio de color fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un color amarillo-verde (valor de 99), un color amarillo-verde (valor de 96) inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presento un color amarillo (valor de 89) donde se puede decir que el cambio de color se debió en parte al tratamiento térmico y en gran parte a su maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio, inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento (Figura 34c).

Los valores de  $L^*$  indican que los frutos control presentaron una luminosidad de 63.5 al inicio y durante el almacenamiento tendió a aumentar a 65 donde se puede inferir que el incremento en  $L^*$  fue debido a su maduración. Los frutos tratados presentaron un luminosidad de 65 al inicio, un valor de 62.5 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento tendieron a disminuir a 55.5 donde se puede decir que la disminución en  $L^*$  se debió al tratamiento térmico. Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio y a los 6 días de almacenamiento (Figura 34d).

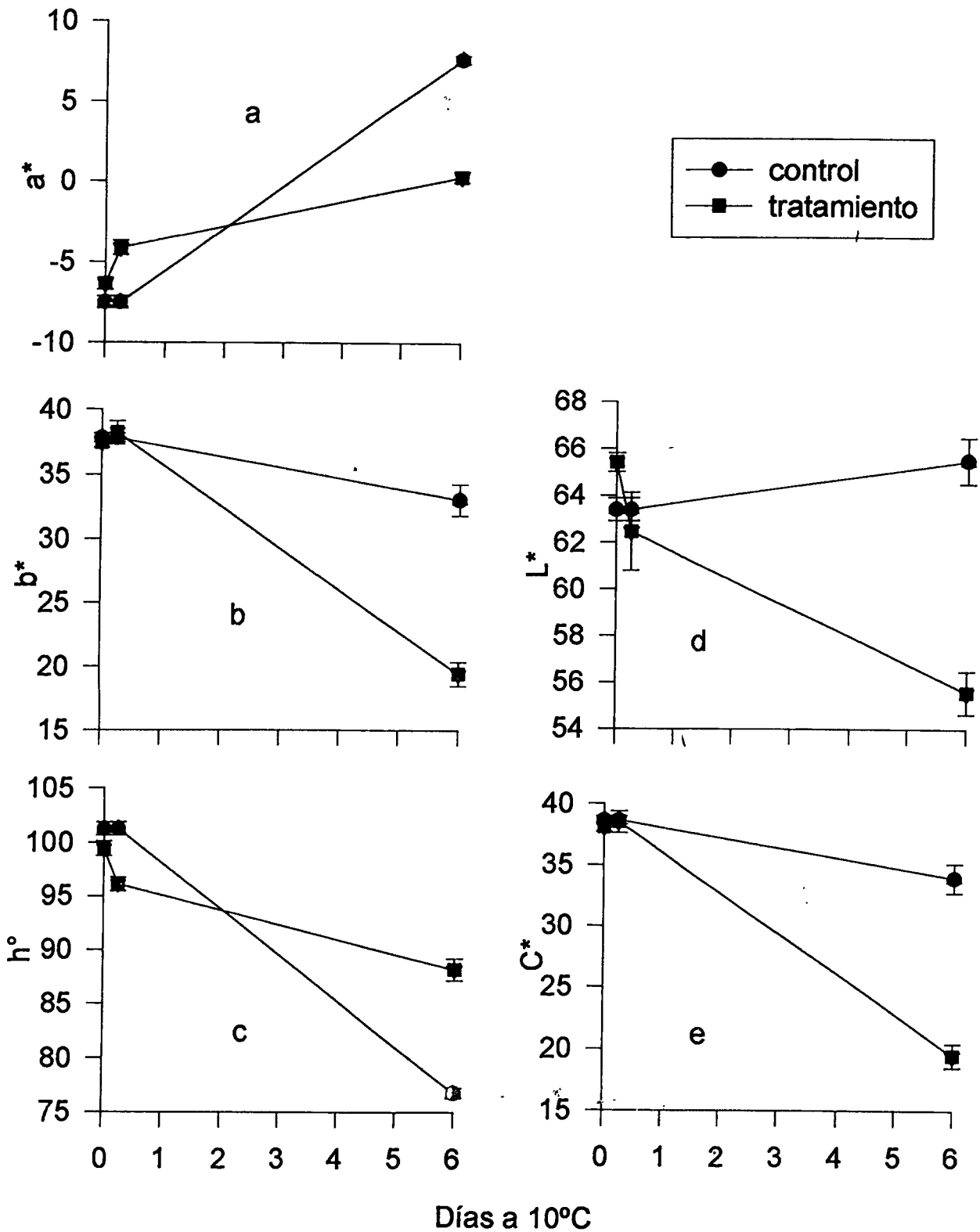


Figura 34. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en plátano 'Dominico' evaluado hasta por 6 días después del tratamiento.

Los valores de C\* indican que los frutos control presentaron una intensidad valor de 38 al inicio y a los 6 días de almacenamiento la intensidad de color disminuyó (valor de 34) donde se puede decir que la disminución de intensidad fue debido a su maduración, mientras que en los frutos tratados presentaron una intensidad de 37 al inicio, inmediatamente después del tratamiento aumento la intensidad a 38 y durante el almacenamiento la intensidad disminuyó (valor de 19), se puede decir que la disminución de la intensidad fue debió al tratamiento térmico y a la maduración. Hubo diferencia significativa entre control y tratado a los 6 días de almacenamiento (Figura 34e).

### 7.2.16. TUNA (BLANCA)

No se presentó daño interno en los frutos control ni en los frutos tratados. Ni el tratamiento térmico ni la exposición al frío afectaron (Figura 35a). No hubo diferencia significativa entre control y tratado ni al inicio ni después del almacenamiento.

No se presentó daño externo en los frutos control, mientras que los frutos tratados a los 0.25 días presentaron un valor de 0.5 ( $>0 \leq 10\%$  de daño) y un valor de 3.2 (21-30% de daño) a los 6 días de almacenamiento, donde se puede decir que el daño fue causado por el tratamiento térmico presentando manchas cafés, negras y blancas (Figura 35b). Hubo diferencia significativa entre control y tratado inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

La pérdida de peso en los frutos control fue del 4% a los 6 días de almacenamiento, pudo deberse al almacenamiento en frío, mientras que en los frutos tratados inmediatamente después del tratamiento su pérdida de peso fue de 1.6% debido a una deshidratación por el tratamiento térmico y 4.2% a los 6 días que puede inferirse a la maduración (Figura 35c). No hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio ni después de 6 días de almacenamiento, pero sí la hubo inmediatamente después del tratamiento.

La firmeza en los frutos control fue de 18 N al inicio y a los 6 días de almacenamiento disminuyó a 12.2 N indicando que se perdió firmeza debido a su maduración, mientras que en los frutos tratados fue de 13 N inmediatamente después del tratamiento y 12 N después del almacenamiento indicando que los frutos perdieron firmeza debido al tratamiento térmico y a la maduración (Figura 35d). No hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio ni a los 6 días de almacenamiento, sin embargo, inmediatamente después del tratamiento si hubo.

Los resultados de  $a^*$  indican que los frutos control presentaron un valor de -8.5 al inicio y durante el almacenamiento presentaron valor de -6.2, se puede inferir que el incremento en  $a^*$  fue debido a la maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de -8 al inicio, un valor de -7.8 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento un valor de -5 se puede

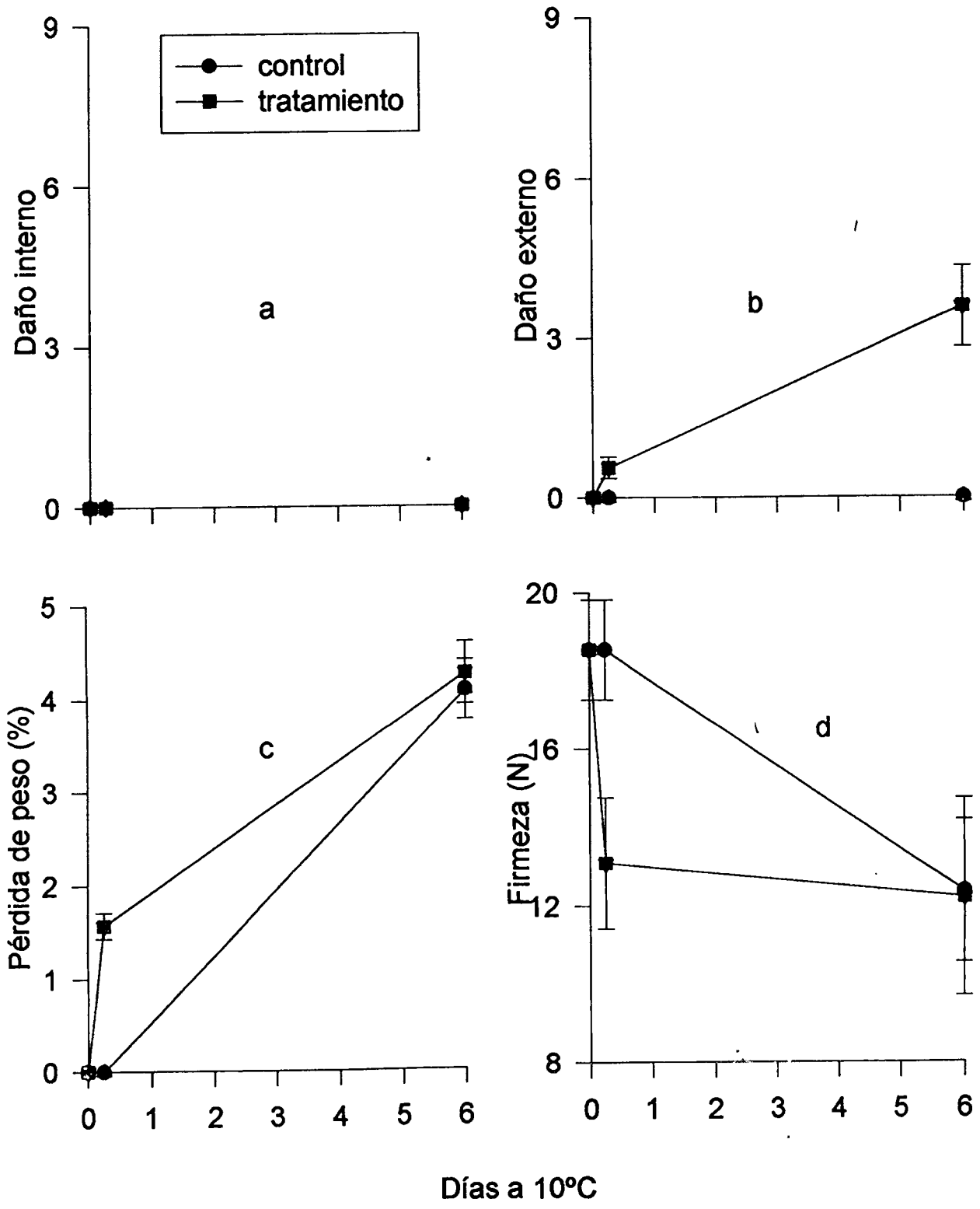


Figura 35. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el daño interno y externo, pérdida de peso y firmeza en tuna (blanca) evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.



decir que el incremento en  $a^*$  se debió a la maduración (Figura 36a). Tanto el control como el tratado tuvieron tendencias semejantes. No hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio ni a los 6 días de almacenamiento, pero inmediatamente después del tratamiento si la hubo.

Los resultados de  $b^*$  indican que los frutos control presentaron un valor de 24 al inicio y a los 6 días de almacenamiento uno de 19.5 donde se puede atribuir el descenso en el valor de  $b^*$  a la maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 26.5 al inicio, uno de 30 inmediatamente después del tratamiento y durante el almacenamiento presentaron un valor de 22 donde el incremento de  $b^*$  fue debido al tratamiento térmico y la disminución a su maduración (Figura 36b). Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio, inmediatamente después del tratamiento y después del almacenamiento.

Los valores de  $h^\circ$  indican que los frutos control presentaron un color amarillo-verde (valor de 110) al inicio y a los 6 días de almacenamiento presentaron un color amarillo-verde (valor de 106) donde se puede atribuir que el cambio de color no se presentó, los frutos tratados presentaron un color amarillo-verde (valor de 106), inmediatamente después del tratamiento tuvieron un color similar al anterior (valor de 105) y durante el almacenamiento presentó un color amarillo-verde (valor de 102) donde se puede atribuir que el cambio de color no se observó (Figura 36c). Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio, inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

Los valores de  $L^*$  indican que los frutos control presentaron una luminosidad con valor de 50.5 al inicio y durante el almacenamiento tendió a incrementar a 55.5 donde el cambio de color fue debido a la maduración, mientras que los frutos tratados presentaron una luminosidad de 52.5 al inicio, inmediatamente después del tratamiento incrementó el valor a 53 y durante el almacenamiento presentó una luminosidad de 57 donde el valor de  $L^*$  incremento debido a su maduración (Figura 36d). Tanto el control como el tratado presentaron tendencias similares. Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio, inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

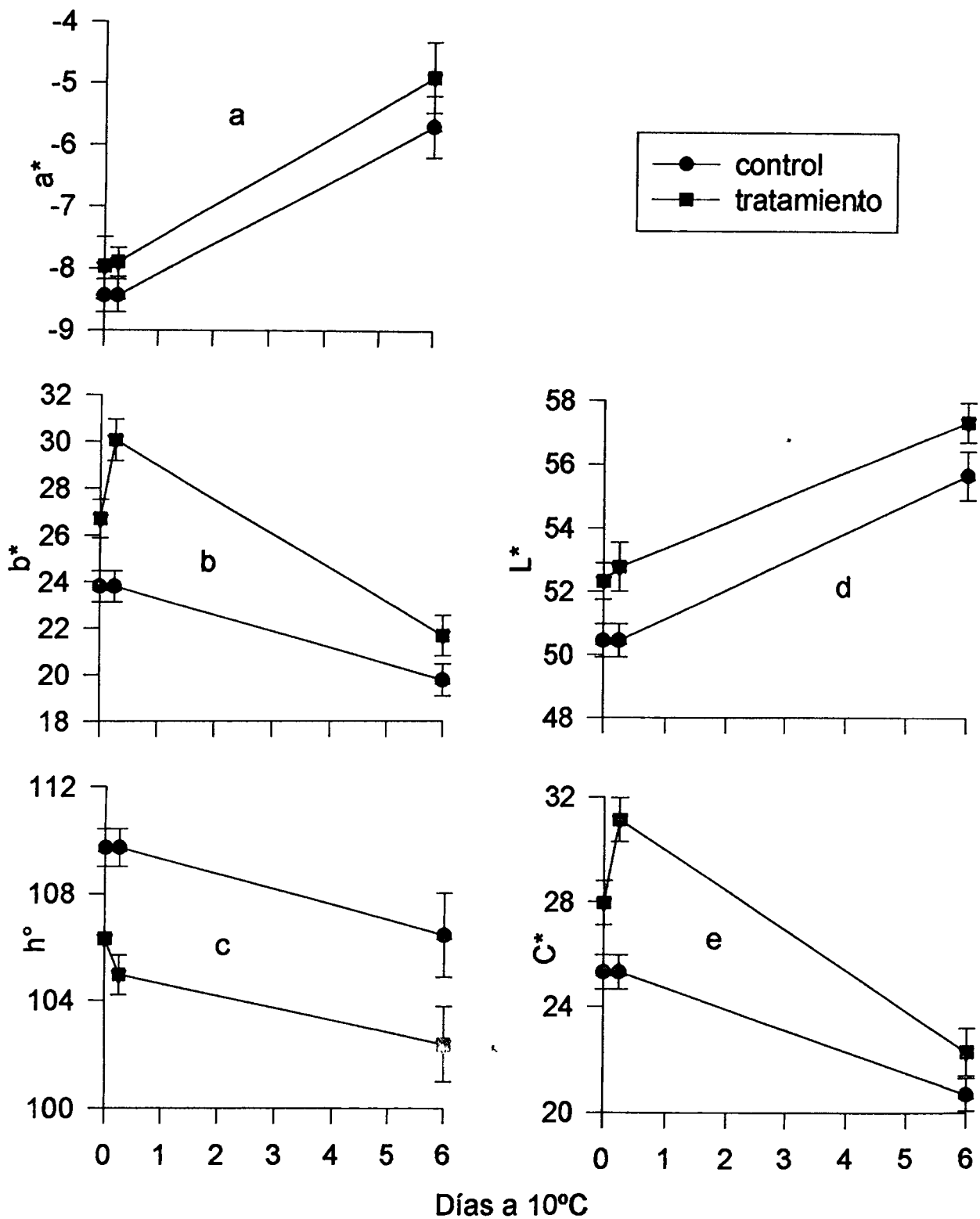


Figura 36. Efecto del tratamiento térmico de 48°C por 160 min sobre el color externo ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $L^*$  y  $C^*$ ) en tuna (blanca) evaluada hasta por 6 días después del tratamiento.

Los valores de  $C^*$  indican que los frutos control presentaron una intensidad de 25 al inicio y a los 6 días de almacenamiento la intensidad de color disminuyó (valor de 20.5) donde la disminución de  $C^*$  fue debido a su maduración, mientras que los frutos tratados presentaron un valor de 28 al inicio, inmediatamente después del tratamiento aumento la intensidad (valor de 31) y durante el almacenamiento la intensidad disminuyó (valor de 22) donde se puede decir que el incremento en  $C^*$  se debió al tratamiento térmico y la disminución a su maduración (Figura 36e). Hubo diferencia significativa entre control y tratado al inicio, inmediatamente después del tratamiento y a los 6 días de almacenamiento.

En base a los resultados obtenidos y comparados con la literatura (Paull, 1990) que nos marca: los frutos sensibles (manzana, aguacate, plátano, pera y limón), frutos con respuesta intermedia (manzanas y peras) y frutos resistentes (manzana, plátano y mango) se puede llegar a decir que los frutos caen dentro de lo que marca la literatura de acuerdo a su sensibilidad/tolerancia al calor.

El aguacate 'Hass', calabaza (italiana), guayaba, limón (agrio sin semilla), mango 'Manila, pera 'D'Anjou', pera 'Packham's Triumph', plátano 'Baby' y plátano 'Dominico' fueron frutos muy sensibles al calor. La manzana 'Golden Delicious', 'Granny Smith' y 'Rome Beauty' fueron frutos sensibles. La tuna (blanca) fue un fruto de sensibilidad intermedia. El mango 'Ataulfo' y la manzana 'Granny Smith' fueron ligeramente sensibles. El mango 'Paraíso' fue un fruto no sensible.

### 7.3. ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA TREHALASA

La actividad de la trehalasa se determinó por medio de un lector de placas, reportándose en nmoles de disacárido hidrolizado/min, en dicho lector se tomaron lecturas de esta actividad a los 0, 5 y 10 min después de la última incubación a la que se sometieron las muestras (ésto se indica en la técnica de medición de actividad de trehalasa). En los cuadros 9, 10 y 11 se muestran los resultados obtenidos para la actividad de trehalasa de los diferentes frutos utilizados en este experimento.

**Cuadro 9. Actividad enzimática de la trehalasa a los 0 min de lectura de los 16 diferentes frutos.**

| Fruto                      | 0 min                               |         |         |         |
|----------------------------|-------------------------------------|---------|---------|---------|
|                            | Actividad de Trehalasa (nmoles/min) |         |         |         |
|                            | 0.25 días                           |         | 6 días  |         |
|                            | Control                             | Tratado | Control | Tratado |
| Aguacate 'Hass'            | 0                                   | 29.37   | 0       | 82.61   |
| Calabaza (italiana)        | 0                                   | 0       | 0       | 189.08  |
| Guayaba                    | 60.58                               | 0       | 51.4    | 0       |
| Limón (agrío sin semilla)  | 0                                   | 34.88   | 0       | 225.8   |
| Mango 'Ataulfo'            | 9.18                                | 0       | 9.18    | 152.36  |
| Mango 'Manila'             | 0                                   | 0       | 7.34    | 0       |
| Mango 'Paraíso'            | 0                                   | 0       | 11.01   | 0       |
| Manzana 'Golden Delicious' | 14.69                               | 0       | 86.28   | 0       |
| Manzana 'Granny Smith'     | 45.9                                | 71.59   | 0       | 0       |
| Manzana 'Rome Beauty'      | 3.67                                | 0       | 0       | 0       |
| Manzana 'Starking'         | 66.09                               | 36.71   | 0       | 22.03   |
| Pera 'D'Anjou'             | 33.04                               | 7.34    | 5.51    | 25.7    |
| Pera 'Packham's Triumph'   | 0                                   | 0       | 0       | 5.51    |
| Plátano 'Baby'             | 0                                   | 44.06   | 1.84    | 0       |
| Plátano 'Dominico'         | 548.87                              | 33.04   | 0       | 0       |
| Tuna (blanca)              | 49.56                               | 44.06   | 0       | 291.88  |

**Cuadro 10. Actividad enzimática de la trehalasa a los 5 min de lectura de los 16 diferentes frutos.**

| Fruto                      | 5 min                               |         |         |         |
|----------------------------|-------------------------------------|---------|---------|---------|
|                            | Actividad de Trehalasa (nmoles/min) |         |         |         |
|                            | 0.25 días                           |         | 6 días  |         |
|                            | Control                             | Tratado | Control | Tratado |
| Aguacate 'Hass'            | 0                                   | 45.89   | 0       | 84.44   |
| Calabaza (italiana)        | 0                                   | 0       | 3.67    | 189.08  |
| Guayaba                    | 55.07                               | 0       | 51.4    | 0       |
| Limón (agrio sin semilla)  | 0                                   | 27.54   | 0       | 225.79  |
| Mango 'Ataulfo'            | 11.01                               | 0       | 9.18    | 154.20  |
| Mango 'Manila'             | 0                                   | 0       | 9.18    | 0       |
| Mango 'Paraíso'            | 0                                   | 0       | 9.18    | 0       |
| Manzana 'Golden Delicious' | 14.69                               | 0       | 88.11   | 0       |
| Manzana 'Granny Smith'     | 42.22                               | 69.76   | 0       | 0       |
| Manzana 'Rome Beauty'      | 3.67                                | 0       | 0       | 0       |
| Manzana 'Starking'         | 62.41                               | 33.04   | 0       | 22.03   |
| Pera 'D'Anjou'             | 29.37                               | 7.34    | 5.51    | 27.54   |
| Pera 'Packham's Triumph'   | 0                                   | 0       | 0       | 5.51    |
| Plátano 'Baby'             | 0                                   | 40.39   | 3.67    | 0       |
| Plátano 'Dominico'         | 512.16                              | 31.21   | 0       | 0       |
| Tuna (blanca)              | 47.73                               | 44.06   | 0       | 295.55  |

**Cuadro 11. Actividad enzimática de la trehalasa a los 10 min de lectura de los 16 diferentes frutos.**

| Fruto                      | 10 min                              |         |         |         |
|----------------------------|-------------------------------------|---------|---------|---------|
|                            | Actividad de Trehalasa (nmoles/min) |         |         |         |
|                            | 0.25 días                           |         | 6 días  |         |
|                            | Control                             | Tratado | Control | Tratado |
| Aguacate 'Hass'            | 0                                   | 25.7    | 0       | 84.44   |
| Calabaza (italiana)        | 0                                   | 0       | 0       | 187.24  |
| Guayaba                    | 55.07                               | 0       | 53.24   | 0       |
| Limón (agrio sin semilla)  | 0                                   | 27.54   | 0       | 225.79  |
| Mango 'Ataulfo'            | 9.18                                | 0*      | 9.18    | 154.20  |
| Mango 'Manila'             | 0*                                  | 0       | 9.18    | 0       |
| Mango 'Paraíso'            | 0                                   | 0       | 11.01   | 0       |
| Manzana 'Golden Delicious' | 12.85                               | 0       | 86.28   | 0       |
| Manzana 'Granny Smith'     | 45.9                                | 67.92   | 0       | 0       |
| Manzana 'Rome Beauty'      | 3.67                                | 0       | 0       | 0       |
| Manzana 'Starking'         | 60.58                               | 31.21   | 0       | 22.03   |
| Pera 'D'Anjou'             | 29.37                               | 5.51    | 7.34    | 25.7    |
| Pera 'Packham's Triumph'   | 0                                   | 0       | 0       | 5.51    |
| Plátano 'Baby'             | 0                                   | 42.22   | 3.67    | 0       |
| Plátano 'Dominico'         | 495.64                              | 31.21   | 0       | 0       |
| Tuna (blanca)              | 45.89                               | 44.06   | 0       | 290.04  |

\* Indica que los resultados no fueron reportados por el lector de placas, sin embargo, se reportan los datos de 0 y 5 min.

Las lecturas a los 0 min (Cuadro 9), de los frutos control a los 0.25 días como el aguacate 'Hass', calabaza (italiana), limón (agrio sin semilla), mango 'Manila', mango 'Paraíso', pera 'Packham's Triumph' y plátano 'Baby' presentan 0 nmoles/min, en cambio, la guayaba dio un valor de 60.58 nmoles/min, el mango 'Ataulfo' 9.18 nmoles/min, la manzana 'Golden Delicious' 14.69 nmoles/min, la manzana 'Granny smith' de 45.9 nmoles/min, la manzana 'Rome Beauty' de 3.67 nmoles/min, la manzana 'Starking' de 66.09 nmoles/min, la pera 'D'Anjou' de 33.04 nmoles/min, el plátano 'Dominico' de 548.87 nmoles/min y la tuna (blanca) de 49.56 nmoles/min.

En los frutos tratados a los 0.25 días como la calabaza (italiana), guayaba, mango de las variedades 'Ataulfo', 'Manila' y 'Paraíso', las manzanas 'Golden Delicious' y 'Rome Beauty' y pera 'Packham's Triumph' presentaron 0 nmoles/min de actividad, sin embargo, algunos frutos después de ser tratados presentaron actividad como el aguacate 'Hass' presentó 29.37 nmoles/min, limón (agrio sin semilla) 34.88 nmoles/min, la manzana 'Granny smith' 71.59 nmoles/min, la manzana 'Starking' 36.71 nmoles/min, la pera 'D'Anjou' 7.34 nmoles/min, el plátano 'Baby' 44.06 nmoles/min, el plátano 'Dominico' 33.04 nmoles/min y la tuna (blanca) 44.06 nmoles/min.

Los frutos control que no presentaron actividad (0 nmoles/min) a los 6 días de almacenamiento fueron: el aguacate 'Hass', calabaza (italiana), limón (agrio sin semilla), manzana 'Granny smith', 'Rome Beauty' y 'Starking', pera 'Packham's Triumph', plátano 'Dominico', tuna (blanca). En cambio los frutos control que si presentaron actividad fueron: guayaba con 51.40 nmoles/min, mango 'Ataulfo' 9.18 nmoles/min, mango 'Manila' 7.34 nmoles/min, mango 'Paraíso' 11.01 nmoles/min, manzana 'Golden Delicious' 86.28 nmoles/min, pera 'D'Anjou' 5.51 nmoles/min y plátano 'Baby' de 1.84 nmoles/min.

En los frutos tratados a los 6 días de almacenamiento la guayaba; el mango 'Manila' y 'Paraíso', la manzana 'Golden Delicious' y 'Rome Beauty' permanecieron con 0 nmoles/min de actividad, sin embargo, algunos frutos después de ser tratados y almacenados por 6 días aumentaron su actividad. La calabaza (italiana) presentó un valor de 189.08 nmoles/min, el mango 'Ataulfo' 152.36 nmoles/min y la pera 'Packham's Triumph' de 5.51 nmoles/min. Hubo

frutos que después de ser tratados y almacenados disminuyeron su actividad a 0 nmoles/min como la manzana 'Granny Smith', plátano 'Baby' y 'Dominico'. En cambio, el aguacate 'Hass', limón (agrio sin semilla), pera 'D'Anjou' y tuna (blanca) aumentaron su actividad después de ser tratados y almacenados por 6 días dando valores de 82.61, 225.8, 25.70 y 291.88 nmoles /min, respectivamente. Sin embargo, la manzana 'Starking' disminuyó su actividad a 22.03 nmoles/min después de haber sido almacenada por 6 días.

Las lecturas a los 5 min (Cuadro 10), de los frutos control a los 0.25 días como el aguacate 'Hass', calabaza (italiana), limón (agrio sin semilla), mango 'Manila' y 'Paraíso', pera 'Packham's Triumph' y plátano 'Baby' presentaron 0 nmoles/min de actividad, en cambio, la guayaba dio un valor de 55.07 nmoles/min, mango 'Ataulfo' 11.01 nmoles/min, manzana 'Golden Delicious' 14.69 nmoles/min, manzana 'Granny Smith' 42.22 nmoles/min, manzana 'Rome Beauty' 3.67 nmoles/min, manzana 'Starking' 62.41 nmoles/min, pera 'D'Anjou' 29.37 nmoles/min, plátano 'Dominico' 512.16 nmoles/min y tuna (blanca) 47.73 nmoles/min. Sin embargo, en los frutos control después de 6 días de almacenamiento como el aguacate 'Hass', limón (agrio sin semilla) y pera 'Packham's Triumph' permanecieron con 0 nmoles/min de actividad, en cambio, algunos frutos después de almacenarlos 6 días aumentaron su actividad de 0 nmoles/min a cierta cantidad como la calabaza (italiana) presentó un valor de 3.67 nmoles/min, mango 'Manila' de 9.18 nmoles/min, mango 'Paraíso' de 9.18 nmoles/min y el plátano 'Baby' de 3.67 nmoles/min. Hubo frutos control que después de 6 días de almacenamiento pasaron a 0 nmoles/min disminuyendo su actividad como la manzana 'Granny Smith', 'Rome Beauty', 'Starking', el plátano 'Dominico' y la tuna (blanca). También otros de los frutos control que disminuyeron su actividad pero no llegaron a 0 nmoles/min fueron: la guayaba presentando 51.40 nmoles/min, mango 'Ataulfo' 9.18 nmoles/min, pera 'D'Anjou' 5.51 nmoles/min. En cambio la manzana 'Golden Delicious' aumentó su actividad después de ser almacenada por 6 días hasta 88.11 nmoles/min.

Las lecturas a los 5 min (Cuadro 10), de los frutos tratados a los 0.25 días como la calabaza (italiana), guayaba, mango 'Ataulfo', 'Manila', 'Paraíso', manzana 'Golden Delicious', 'Rome Beauty' y pera 'Packham's Triumph' presentaron 0

nmoles/min, en cambio, el aguacate 'Hass' dio un valor de 45.89 nmoles/min, limón (agrio sin semilla) 27.54 nmoles/min, manzana 'Granny Smith' 69.66 nmoles/min, manzana 'Starking' 33.04 nmoles/min, pera 'D'Anjou' 7.34 nmoles/min, plátano 'Baby' 40.39 nmoles/min, plátano 'Dominico' de 31.21 nmoles/min y la tuna (blanca) de 44.06 nmoles/min. Sin embargo, los frutos tratados después de 6 días de almacenamiento como la guayaba, mango 'Manila', 'Paraíso', manzana 'Golden Delicious' y 'Rome Beauty' permanecieron con 0 nmoles/min de actividad, en cambio, algunos frutos después de ser tratados y almacenados por 6 días aumentaron su actividad de 0 nmoles/min a cierta cantidad como es la calabaza (italiana) presentó un valor de 189.08 nmoles/min, mango 'Ataulfo' 154.20 nmoles/min y pera 'Packham's Triumph' de 5.51 nmoles/min. Hubo frutos tratados que después de 6 días de almacenamiento disminuyeron su actividad a 0 nmoles/min como la manzana 'Granny Smith', plátano 'Baby' y 'Dominico'. También otro fruto tratado que disminuyó su actividad pero no llegó 0 nmoles/min fue la manzana 'Starking' presentando 22.03 nmoles/min. En cambio, el aguacate 'Hass', limón (agrio sin semilla), pera 'D'Anjou' y tuna (blanca) aumentaron su actividad después de ser almacenados por 6 días a valores de 84.44, 225.79, 27.54 y 295.55 nmoles/min respectivamente.

Las lecturas a los 10 min (Cuadro 11), los frutos control a los 0.25 días como el aguacate 'Hass', calabaza (italiana), limón (agrio sin semilla), mango 'Paraíso', 'Manila', pera 'Packham's Triumph' y plátano 'Baby' presentaron 0 nmoles/min de actividad, en cambio, la guayaba dio un valor de 55.07 nmoles/min, mango 'Ataulfo' 9.18 nmoles/min, manzana 'Golden Delicious' 12.85 nmoles/min, manzana 'Granny Smith' 45.9 nmoles/min, manzana 'Rome Beauty' 3.67 nmoles/min, manzana 'Starking' 60.58 nmoles/min, pera 'D'Anjou' 29.37 nmoles/min, plátano 'Dominico' 495.64 nmoles/min y tuna (blanca) 45.89 nmoles/min. Sin embargo, los frutos control después de 6 días de almacenamiento como el aguacate 'Hass', calabaza (italiana), limón (agrio sin semilla) y pera 'Packham's Triumph' permanecieron con 0 nmoles/min de actividad, en cambio, algunos frutos después de almacenados aumentaron su actividad de 0 nmoles/min como el mango 'Paraíso' presentó un valor de 11.01 nmoles/min, mango 'Manila'



9.18 nmoles/min y plátano 'Baby' 3.67 nmoles/min. Hubo frutos control que después de los 6 días de almacenamiento pasaron a 0 nmoles/min como manzana 'Granny Smith', 'Rome Beauty', 'Starking', plátano 'Dominico' y tuna (blanca). También otros de los frutos control que disminuyeron su actividad pero no llegaron a 0 nmoles/min fueron la guayaba 53.24 nmoles/min y pera 'D'Anjou' 7.34 nmoles/min. En cambio, la manzana 'Golden Delicious' aumentó su actividad a 86.24 nmoles/min. También otro caso es el mango 'Ataulfo' que permaneció con el mismo valor de actividad (9.18 nmoles/min).

Las lecturas a los 10 min (Cuadro 11), de los frutos tratados a los 0.25 días como la calabaza (italiana), guayaba, mango 'Ataulfo', 'Manila', 'Paraíso', manzana 'Golden Delicious', 'Rome Beauty' y la pera 'Packham's Triumph' presentaron 0 nmoles/min de actividad, en cambio, el aguacate 'Hass' dio un valor de 25.7 nmoles/min, limón (agrio sin semilla) 27.45 nmoles/min, manzana 'Granny Smith' 67.92 nmoles/min, manzana 'Starking' 31.21 nmoles/min, pera 'D'Anjou' 5.51 nmoles/min, plátano 'Baby' 42.22 nmoles/min, plátano 'Dominico' 31.21 nmoles/min y tuna (blanca) 44.06 nmoles/min. Sin embargo, en los frutos tratados después de los 6 días de almacenamiento como la guayaba, el mango 'Manila', el mango 'Paraíso', la manzana 'Golden Delicious' y la manzana 'Rome Beauty' permanecieron con 0 nmoles/min de actividad, en cambio, algunos frutos después de ser tratados y almacenados aumentaron su actividad de 0 nmoles/min a cierta cantidad como la calabaza (italiana) presentó valor de 187.24 nmoles/min, mango 'Ataulfo' 154.20 nmoles/min y pera 'Packham's Triumph' 5.51 nmoles/min. Hubo frutos tratados que después de 6 días de almacenamiento pasaron a 0 nmoles/min como la manzana 'Granny Smith', el plátano 'Baby' y el plátano 'Dominico'. También otro fruto tratado que disminuyó su actividad pero no llegó a 0 nmoles/min fue la manzana 'Starking' presentó 22.03 nmoles/min. En cambio, el aguacate 'Hass', limón (agrio sin semilla), pera 'D'Anjou' y tuna (blanca) aumentaron su actividad a valores de 84.44, 225.79, 25.70 y 290.04 nmoles/min, respectivamente.

En general se puede decir que los frutos control en los que disminuyó la actividad enzimática de la trehalasa a los 6 días de almacenamiento son: guayaba, manzana 'Granny Smith', 'Rome Beauty' y 'Starking', pera 'D'Anjou', plátano

'Dominico' y tuna (blanca). Los frutos control en los que aumentó su actividad a los 6 días de almacenamiento son: mango 'Manila' y 'Paraíso', manzana 'Golden Delicious' y plátano 'Baby'. Los frutos control que no presentaron actividad de trehalasa inmediatamente, ni a los 6 días de almacenamiento fueron: aguacate 'Hass', calabaza (italiana), limón (agrio sin semilla) y pera 'Packham's Triumph'.

Y además los frutos que disminuyeron su actividad después de ser tratados y almacenados por 6 días son: manzana 'Granny Smith', manzana 'Starking', plátano 'Baby' y plátano 'Dominico'. En cambio, los frutos que aumentaron su actividad después del tratamiento y almacenamiento de 6 días son: aguacate 'Hass', calabaza (italiana), limón (agrio sin semilla), mango 'Ataulfo', pera 'D'Anjou', pera 'Packham's Triumph' y tuna (blanca). Los frutos tratados que no presentaron actividad de trehalasa inmediatamente después del tratamiento ni a los 6 días de almacenamiento fueron: guayaba, mango 'Manila', mango 'Paraíso', manzana 'Golden Delicious' y manzana 'Rome Beauty'.

## VIII. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se hizo una relación entre la sensibilidad/tolerancia al estrés térmico de dichas frutas y hortalizas con la determinación de la actividad enzimática de la trehalasa en las mismas. Para comprobar si la trehalasa da resistencia al fruto al someterlo a un estrés térmico.

El tratamiento térmico de 48°C por 160 min aplicado a los frutos de aguacate 'Hass', calabaza (italiana), guayaba, limón (agrio sin semilla), mango 'Ataulfo', mango 'Manila', mango 'Paraíso', manzana 'Golden Delicious', manzana 'Granny Smith', manzana 'Rome Beauty', manzana 'Starking', pera 'D'Anjou', pera 'Packham's Triumph', plátano 'Baby', plátano 'Dominico' y tuna (blanca); y posteriormente almacenados a 10°C durante 6 días afectó los parámetros de calidad evaluados solo en algunos frutos. La firmeza no fue afectada.

Existe una relación entre la sensibilidad/tolerancia de los frutos y hortalizas con la actividad enzimática de la trehalasa debido a que tanto el daño como la actividad de trehalasa concuerda en la mayoría de los frutos se observan en el cuadro 12.

Hay una relación de resistencia al someter los frutos al tratamiento térmico de 48°C por 160 min con la presencia de trehalasa.

En los frutos aguacate 'Hass', calabaza (italiana), guayaba, limón (agrio sin semilla), mango 'Ataulfo', pera 'D'Anjou', pera 'Packham's Triumph' y tuna (blanca) tratados bajo las condiciones mencionadas, la actividad de trehalasa incrementó; lo que probablemente confirió resistencia de los frutos al calor.

**Cuadro 12. Resistencia/sensibilidad de los frutos al tratamiento térmico y actividad enzimática de la trehalasa.**

| Sensibilidad al calor | Escala de daño | Frutos  | Actividad de trehalasa | Frutos  |
|-----------------------|----------------|---|------------------------|---|
| Muy sensible          | 9              | aguacate 'Hass' ( <i>Persea americana</i> )<br>calabaza (italiana) ( <i>Curcubita pepo</i> )<br>guayaba ( <i>Psidium guajava L.</i> )<br>limón (agrio sin semilla) ( <i>Citrus mitis</i> )<br>mango 'Manila' ( <i>Magnifera indica L.</i> )<br>pera 'D'Anjou' ( <i>Pyrus</i> )<br>pera Packham's Triumph' ( <i>Pyrus</i> )<br>plátano 'Baby' ( <i>Musa sp</i> )<br>plátano 'Dominico' ( <i>Musa sp.</i> ) | No presentó            | guayaba<br>mango 'manila'<br>mango 'Paraíso'<br>manzana 'Golden Delicious'<br>manzana 'Rome Beauty' |
| sensible              | 7              | manzana 'Golden' ( <i>Malus.</i> )<br>manzana 'Granny Smith' ( <i>Malus.</i> )<br>manzana 'Rome Beauty' ( <i>Malus.</i> )   | Disminuyó              | manzana 'Granny Smith'<br>manzana 'Starking'<br>plátano 'Baby'<br>plátano 'Dominico'                |
| intermedio            | 3              | tuna (blanca) ( <i>Opuntis sp.</i> )  | Aumentó                | aguacate 'Hass'<br>calabaza (italiana)<br>limón<br>(agrio sin semilla)                              |
| Ligeramente sensible  | 2              | mango 'Ataulfo' ( <i>Magnifera indica L.</i> )<br><br>manzana 'Starking' ( <i>Malus.</i> )  |                        | mango 'Ataulfo'<br>pera 'D'Anjou'<br>pera 'Packham's Triumph'<br>tuna (blanca)                      |
| No sensible           | 0.5            | mango 'Paraíso' ( <i>Magnifera indica L.</i> )  |                        |   |

## **IX. PERSPECTIVAS**

La evaluación del tratamiento térmico de 48°C por 160 min en los 16 tipos de frutos empleados, proporcionó información sobre el comportamiento fisiológico y bioquímico de los frutos al ser expuestos a dicho tratamiento. El cual está siendo investigado en estos frutos para que en un futuro se aplique comercialmente como tratamiento cuarentenario de desinfestación en los frutos donde fue efectivo. Por lo cual representa una alternativa viable para la preservación de los frutos no afectados y prolonga la vida de almacenamiento. Además la actividad enzimática de la trehalasa influye para que los frutos no afectados resistan este tratamiento.

## X. BIBLIOGRAFIA CITADA

- Agrios, G. N. 1991. Fitología. LIMUSA México. pp.147-149.
- Aragones, M. 1980. Control de plagas de plantas y animales. Manejo y control de plagas de insectos. Vol.3. LIMUSA. México. pp.266-268.
- Armstrong, J. W. 1992. Fruit fly disinfection strategies beyond methyl bromide. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 20: 181-193.
- Armstrong, J. W. 1994. Heat and cold treatments. En R. E. Paull and J. W. Armstrong (Ed.). *Insect Pests and Fresh Horticultural Products: Treatments and Responses*. Cab International, Wallingford, U. K.
- Armstrong, J.W. y Couey, H. M. 1989. Fumigation, heat and cold. En: Robinson, A. S: y Hooper, G (eds), *World crop pests. Vol. 3B, Fruit Flies, Their Biology, Natural Enemies and Control*. Elsevier, Rotterdam, pp.424-441.
- Breedveld, M. W.; Zevenhuizen L.P.T.M. y Zehnder, J.B. 1991. Osmotically regulated trehalose accumulation and cyclic b-(1,2)-glucan excretion by *Rhizobium leguminosarum* biovar trifolii TA-1. *Arch. Microbiol.* 156: 501-506.
- Burleigh, S. H. y Dawson, J. O. 1994. Desiccation tolerance and trehalose production in *Frankia hyphae*. *Soil Biol. Biochem.* 26: 593-598.
- Cabib, E. y Leloir, L.F. 1958. The biosynthesis of trehalose phosphate. *J. Biol. Chem.* 231:259-275.
- Colaco, C.; Sen, S.; Thangavelu, M.; Pinter, S. y Roser, B. 1992. Extraordinary stability of enzymes dried in trehalose: simplified molecular biology. *Biotechnology* 10: 1007-1011.
- Couey, H. M. 1989. Heat treatment for control of posharvest diseases and insect pests of fruits. *HortScience* 24:198-202.
- Crowe, L. M.; Mouradian, R.; Crowe, J. H.; Jackson, S. A. y Womersley, C. 1984. Effects of carbohydrates on membrane stability at low water activities. *Biochim. Biophys. Acta* 769: 141-150.
- Crowe, J. H.; Crowe, L. M.; Carpenter, J. F. y Wistrom, C. A. 1987. Stabilization of dry phospholipid bilayers and proteins by sugars. *Biochem. Biophys. Acta* 947: 367-384.
- Evans, E. 1973. Enfermedades de las plantas y su control químico. Labor, S. A.

pp.19-21, 169-170.

- Fernández, J.; Soto, T.; Vicente, S. J.; Cansado, J. y Gacto, M. 1996. Inhibition of polyols of the heat-shock-induced activation of trehalase in the yeast *Zygosaccharomyces rouxii*. *Biochem-mol-biol-int.* 38 (1): 43-50.
- Fernández, J.; Soto, T.; Vicente, S.J.; Cansado, J. y Gacto, M. 1997. Osmo-stress-induced changes in neutral trehalase activity of the fission yeast *Schizosaccharomyces pombe*. *Biochim-biophys-acta.* 1357 (1): 41-48.
- García, J.M.; Cayetano, A.H. y Miguel, A.A. 1995. Postharvest heat treatment on Spanish Strawberry (*Fragaria X ananassa* Cv. Tudla). *J. Agric. Food Chem.* 43 (6):1489-1492.
- Glasziou, K. T. y Gayler, K. R. 1969. Sugar transport: occurrence of trehalase activity in sugar cane. *Planta* 85: 299-302.
- Goddijn, O.J.M.; Verwoerd, T.C.; Voogd, E.; Krutwagen, R.W.H.H.; Graaf, P.T.H.M.; Poels, J.; Dun, K.; Ponstein, A.S.; Dammn, B. y Pen, J. 1997. Inhibition of trehalase activity enhances trehalose accumulation in transgenic plants. *PlantPhysiol.* 113 (1): 181-190.
- Goddijn, O. y Sjeff, S. 1998. Sensing trehalose biosynthesis in plants. *The Plant Journal.* 14 (2): 143-146.
- Goodwin, T.W. y Mercer, E.I. 1983. *Introduction to Plant Biochemistry*. 2nd. edition. Pergamon Press. Oxford. pp 251.
- Hansen, J. D.; Armstrong, J. W.; B. K. S. Hu y Brown, S.A. 1990. Thermal death of oriental fruit fly (*Diptera tephritidae*) third instars in developing quarantine treatments for papayas. *J. Econ. Entomol.* 83: 160-167.
- Jahagirdar, A.P. y Seligy, V.L. 1991. Modulation of trehalase activity in two insect cell lines by virus infection and trehalose. *Biochem-Int.* 23 (6): 1049-1054.
- Kays, S. J. 1991. *Postharvest physiology of perishable plant products*. Avi Book. New York. pp.339, 457-462, 505.
- Kendall, E. J.; Robert, P. A. y Kutty, K. K. 1990. Trehalase activity in plant tissue cultures. *Phytochemistry* 29 (8): 2525-2528.
- Lehninger, A. L. 1994. *Bioquímica*. 2ª. Edición. Omega. Barcelona. pp. 269.
- Lester, G. E. 1985. Leaf cell membrane thermostabilities of cucumber melo. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110: 506-509.

- Lester, G. E. 1986. Physiology of melon leaf membrane thermostability during heat conditioning. *J. Amer.Soc. Hort. Sci.* 111: 561-564.
- Londesborough, J. y Varimo, K. 1984. Characterization of two trehaloses in baker's yeast. *Biochem. J.* 219: 511-518.
- Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharves Biol.y Technol.* 14 (3): 257-269.
- McGuire, R. G. 1991. Market quality of grapefruit after heat quarantine treatments. *HortScience* 26:1393-1395.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27 (12): 1254-1255.
- Mellor, R. B. 1992. Is trehalose a symbiotic determinant in symbioses between higher plants and microorganism? *Symbiosis* 12: 113-119.
- Mendoza, D. B. y Wills, R. B. H. 1984. Mango. Fruit development, posharvest physiology and marketing in asean. Van Nostrand Reinhold. New York. pp. 60-61.
- Miller, L.P. 1973. Phytochemistry: the process and products of Photosynthesis. Van Nonstrand Reinhold. New york. pp 158-159.
- Müller, J.; Staehelin, C.; Mellor, R. B.; Boller, T. y Wiemken, A. 1992. Partial purification and characterization of trehalase from soybean nodules. *J. Plant. Physiol.* 140:8-13.
- Müller, J.; Xie, Z. P.; Staehelin, C.; Mellor, R. B.; Boller, T. y Wiemken, A. 1994. Trehalose and trehalase in roots nodules from various legumes. *Physiol. Plant.* 90:86-92.
- Müller, J; Thomas, B. y Andres, W. 1995. Trehalose and trehalase in plants: recent developmets. *Plant Science* 112: 1-9.
- Murray, R. K.; Granner, D. K.; Mayes, P. A y Rodwell, V. W. 1992. Bioquímica de Harper. 12ª. Edición. El Manual Moderno. México. pp. 130-131.
- Olson, M. 1995. Alteration in lipid composition, lipid peroxidation and antioxidative protection during senescence in drought stressed plants and non-drought stressed plant of *Pisum sativum*. *Plant Physiol. Biochem.* 33: 547-553.
- Paull, R. E. 1990. Postharvest heat treatments and fruit ripening. *Posthavest New and Information* 1: 355-363.



- Paull, R. E. y Chen, N. J. 1990. Heat shock response in field grown ripening papaya fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 623-631.
- Paull, R.E. y Chen, N. J. 1990a. Heat shock response in field grown ripening papaya fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 1112-1115.
- Paull, R. E. y Armstrong, J. W. 1994. Introduction. En: R. E. Paull y Armstrong, J. W. (Ed.). *Insect Pests and Fresh Horticultural Products: Treatments and Responses*. Cab. International, Wallingford, U.K.
- Seymour, G. B.; Taylor, J. E. y Tucker, G. A. 1993. *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman & Hall. pp. 255-256.
- Shellie, K. C. y Magan, R. 1994. Memoria del taller regional de manejo postcosecha de productos de interés para el trópico. San José, Costa Rica. Cap. 9 Tratamientos cuarentenarios de aire y agua caliente. pp 1-16.
- Veluthambi, K.; Mahadevan, S. y Maheshwari, R. 1981. Trehalose toxicity in *Cuscuta reflexa*. *Plant Physiol.* 68: 1369-1374.
- Voss, D.H. 1992. Relating colorimeter measurement of plant color to the Royal Horticultural Society Colour Chart. *Hort Science* 27 (12): 1256-1260.
- Wagner, W.; Wiemken, A. y Matile, P. 1986. Regulation of fructan metabolism in leaves of barley (*Hordeum vulgare* L. Cv. Gerbel). *Plant Physiol.* 81: 444-447.
- West, E.; Tood, W. R. y Mason, H. S. 1992. *Bioquímica médica*. 4ª. Edición. Interamericana. pp. 175.
- Yahia, E. M. e Higuera, I. C. 1992. Fisiología y tecnología post-cosecha de productos hortícolas. LIMUSA. México. pp 68-69, 78-81, 212-215, 264-267.
- Yoshikawa, Y.; Kanji, M.; Kazuhisa, N. y Toshio, S. 1994. Extraction of trehalose from thermally-treated bakers yeast. *Biosci. Biotech. Biochem.* 58 (7): 1226-1230.