



Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

Efecto de tratamientos térmicos de alta temperatura sobre la calidad y el deterioro en zapallito (*Cucurbita maxima* var. zapallito (Carr.) Millán)

Alumno: Soledad Ibañez

Director: Dra. Analía Concellón

Co-director: Dr. Ariel R Vicente

Lugar de Trabajo: CIDCA - Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Exactas. UNLP- CCT La Plata, CONICET.

Calle 47 y 116 s/N° - CP 1900 La Plata, Argentina

Tel. /Fax: (0221) 424-9287 / 425-4853.

E-mail: Ibañez.soledad@gmail.com

Diciembre, 2011

Este trabajo final de grado de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, fue realizado en el Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), de la Facultad de Ciencias Exactas UNLP- CONICET y en la Cátedra de Agroindustrias de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP.

Año 2011

A mi hermano Federico,
por acompañarme desde
el principio en mi vida
universitaria y por estar
siempre al lado mío
apoyándome.

Agradecimientos

- A la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, que me permitió formarme profesional y personalmente.
- Al Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), por permitirme llevar a cabo este trabajo final.
- A mis papás, por su incondicional apoyo en todo momento, por su constante aliento en mis decisiones, sobre todo durante mi carrera y por brindarme la posibilidad de venir a estudiar a La Plata. Gracias por ser los padres que son.
- A mis directores Analía Concellón y Ariel Vicente, por el esfuerzo y la dedicación que pusieron en mi trabajo, por la ayuda y la enseñanza que me dieron, pero por sobre todas las cosas por el momento agradable que pase durante el periodo de realización de la tesis con ellos y su equipo de trabajo.
- A Jeremías, por su ayuda tanto en la realización de la tesis como durante la carrera y por compartir conmigo su entusiasmo por la agronomía.
- A mi prima Gabriela, una persona muy especial para mí, por estar siempre al lado mío, sobre todo durante la carrera.
- A todas las personas que trabajan en el grupo de vegetales del CIDCA, a Facundo, Luis y Laura por las horas compartidas y por su ayuda. Y un especial agradecimiento a María José, por su gran ayuda, su simpatía y amabilidad conmigo.
- A Elisa y a toda la cátedra de Agroindustrias por su aliento en todo este tiempo, por haber colaborado en el desarrollo de mi formación y por dejarme trabajar con ellos.
- A Lorenza Costa y Corina Graciano, por permitirme trabajar con ellas y haberme enseñado tanto durante mi carrera.
- A mis compañeros y amigos de la facultad, Celina, Felipe, Almendra, Luisina, Candela y Micaela, por las horas de estudio, pero sobre todo por los mates compartidos.
- A mis amigas de Roca y a todos mis familiares que siempre me apoyan y están conmigo.

INDICE GENERAL

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Aspectos generales de producción de Cucurbitáceas.	3
1.2. Morfología y composición de frutos de zapallito.	4
1.3. Generalidades de la producción de zapallito.	7
1.3.1. Aspectos fisiológicos de la planta.	7
1.3.2. Aspectos de tecnología de cultivo.	9
1.4. Aspectos generales de conservación de zapallito.	11
1.5. Uso de tratamientos térmicos de alta temperatura en el manejo poscosecha de frutos.	12
2. OBJETIVOS	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 Material vegetal, selección y caracterización del tratamiento térmico.	16
3.1.1. Material vegetal	16
3.1.2 Selección del tratamiento térmico	16
3.1.3. Perfil térmico de los frutos durante el tratamiento.	17
3.2. Efecto de los tratamientos sobre la calidad y el deterioro de frutos almacenados a 20 °C.	17
3.2.1. Material vegetal, tratamiento y almacenamiento.	17
3.2.2. Índice de deterioro.	17
3.2.3. Firmeza y distancia de ruptura en ensayos de compresión.	17
3.2.4. Color superficial y contenido de clorofila.	18
3.2.5. Actividad respiratoria	18
3.2.6. Pérdida de peso.	19
3.2.7. Acidez y azúcares.	19
3.2.8. Fenoles totales y capacidad antioxidante.	20
3.3. Efecto de los tratamientos sobre el deterioro de frutos almacenados a 0 °C.	20
3.3.1. Material vegetal, tratamiento y almacenamiento.	20
3.3.2. Índice de deterioro	21
3.4. Análisis estadístico.	21
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 Selección y caracterización del tratamiento térmico.	22
4.1.1. Selección del tratamiento.	22
4.1.2. Perfil térmico de los frutos durante el tratamiento.	24
4.2. Efecto de los tratamientos sobre el deterioro de frutos almacenados a 20 °C.	25
4.2.1. Índice de deterioro.	25
4.2.2. Firmeza y distancia de ruptura en ensayos de compresión.	27
4.2.3. Color superficial y contenido de clorofila.	30
4.2.4. Actividad respiratoria y pérdida de peso.	32
4.2.5. Acidez y azúcares.	33
4.2.6. Fenoles totales y capacidad antioxidante.	35
4.3. Efecto de los tratamientos sobre el deterioro de frutos almacenados a 0 °C.	39
4.3.1. Índice de deterioro	39
5. CONCLUSIONES	41
6. REFERENCIAS	42

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

I. TABLAS

<u>Tabla 1.1:</u> Producción de las principales cucurbitáceas en diferentes regiones y en el mundo en el año 2009. Fuente: FAOSTAT, 2011.	3
<u>Tabla 1.2.:</u> Producción (Tn) de zapallito de tronco en distintas localidades de la provincia de Buenos Aires.	4
<u>Tabla 1.3:</u> Composición de frutos de zapallito. Fuente: USDA Nutrition Database, 2011.	7

II. FIGURAS

<u>Figura 1.1:</u> Planta de zapallito mostrando frutos en desarrollo.	5
<u>Figura 1.2:</u> Morfología de frutos de zapallito. A: Fruto entero. B: Corte transversal en el que se indican las partes constitutivas.	6
<u>Figura 4.1:</u> Efecto de tratamientos térmicos de alta temperatura con agua sobre el deterioro de zapallitos almacenados a 20 °C por 9 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.	23
<u>Figura 4.2:</u> Apariencia de frutos de zapallito control o tratados térmicamente (38, 44, 50 ó 56 °C por 1, 3 ó 5 min) almacenados a 20 °C por 9 d.	24
<u>Figura 4.3:</u> Perfil térmico a diferentes profundidades de frutos de zapallito control o tratados térmicamente con agua a 44 °C.	25
<u>Figura 4.4:</u> Índice de deterioro de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.	26
<u>Figura 4.5:</u> Apariencia de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 18 d. A: zapallito entero; B: corte transversal de los mismos	26
<u>Figura 4.6:</u> Gráficas típicas de fuerza-distancia obtenidas en los ensayos de penetración de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 18 d.	28
<u>Figura 4.7:</u> Firmeza de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.	28
<u>Figura 4.8:</u> Distancia de ruptura en ensayos de compresión de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.	29
<u>Figura 4.9:</u> Tono de color superficial (hue) en zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.	31
<u>Figura 4.10:</u> Contenido de clorofila en zapallitos control y tratados térmicamente (44	31

°C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.

Figura 4.11: Tasa respiratoria de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$. 32

Figura 4.12: Pérdida de peso de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$. 33

Figura 4.13: Acidez de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$. 34

Figura 4.14: Curva de calibración efectuada con glucosa para determinación de azúcares totales por el método de antrona. 34

Figura 4.15: Contenido de azúcares en zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$. 35

Figura 4.16: Curva de calibración para determinación de fenoles totales utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu. 36

Figura 4.17: Fenoles totales en zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$. 36

Figura 4.18: Curva de calibración para determinación de antioxidantes por el método del radical ABTS^{••}. 38

Figura 4.19: Antioxidantes en zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$. 38

Figura 4.20: Índice de deterioro de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 0 °C por 5, 9, 12 y 16 d y luego 3 d a 20 °C. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$. 39

Figura 4.21: Apariencia de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 0 °C por 16 d y 3 d a 20 °C. 40

RESUMEN

El zapallito de tronco (*Cucurbita maxima* var. *Zapallito (Carr.) Millán*) es una hortaliza importante a campo en el Cinturón Hortícola de La Plata en términos de volumen y superficie implantada. Los tratamientos térmicos de alta temperatura (TAT) han mostrado ser beneficiosos para retrasar el deterioro poscosecha en algunos productos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de TAT por inmersión como estrategia para retrasar el deterioro poscosecha de zapallito de tronco. Se cosecharon zapallitos con madurez comercial y se los sometió a distintos TAT en agua (38, 44, 50 y 56 °C por 1, 3 y 5 min) a fin de seleccionar un tratamiento que lograra mejorar el comportamiento durante la poscosecha a 20 °C. Luego de 9 días (d) se halló que el tratamiento de 44 °C por 3 min redujo el deterioro poscosecha respecto a los controles, mientras que los tratamientos de 50 y 56 °C mostraron frutos con el mayor grado de ablandamiento, pérdida de color y desarrollo fúngico. En un segundo ensayo se almacenaron a 20 °C zapallitos control y tratados por inmersión a 44 °C por 3 min. A 0, 4, 11 y 18 días de almacenamiento se determinó el índice de deterioro, firmeza, pérdida de peso, respiración, color (hue), acidez, contenido de clorofila y azúcares, contenido de fenoles totales (método de Folin-Ciocalteu) y capacidad antioxidante (empleando ABTS⁺). Durante el almacenamiento los zapallitos tratados mostraron menor índice de deterioro y ablandamiento que los frutos control. Si bien hubo un ligero avance de la senescencia durante el almacenamiento, no se hallaron diferencias en el color y contenido de clorofilas entre zapallitos controles y tratados. Tampoco se observaron diferencias en el contenido de azúcares y compuestos fenólicos. Sin embargo, el TAT indujo la acumulación de compuestos antioxidantes. Finalmente en otro ensayo, se almacenaron a 0°C (temperatura de daño por frío) los frutos controles y tratados durante 16 d y posteriormente 3 d a 20 °C. Al este tiempo los zapallitos tratados presentaron mejor apariencia, menor daño por frío y desarrollo fúngico.

Los resultados hallados muestran que el TAT logró algunos beneficios en frutos almacenados a 20 °C principalmente a nivel del retraso del ablandamiento, mientras que a 0°C retrasó los síntomas y la severidad del daño por frío. Además, en ambas temperaturas (20 y 0°C) se logró retrasar el desarrollo de hongos.

Palabras clave: zapallito, calidad, tratamientos térmicos, ablandamiento, poscosecha.

ABSTRACT

Summer squash (*Cucurbita maxima* var. *Zapallito* (Carr.) Millán) is an important field grown vegetable in La Plata Horticultural Belt in term of acreage and production. Short postharvest heat treatments (HT) have been shown to delay postharvest deterioration in some commodities. The objective of this work was to evaluate hot water treatments as a strategy to reduce spoilage and control senescence in summer squash. Fruit was harvested at commercial maturity and heat treated in water (38, 44, 50 and 56 °C for 1, 3 and 5 min) in order to select the treatment performing best in terms of quality maintenance during postharvest storage at 20 °C. After 9 d the treatment at 44 °C for 3 min reduced fruit deterioration as compared to non-treated control, while exposure to 50-56 °C accelerated softening, yellowing and decay. In a second group of experiments control and heat treated (44 °C, 3 min) fruit were stored for 18 days at 20 °C. At 0, 4, 11 and 18 days of storage we evaluated fruit deterioration index, firmness, distance to failure in compression tests, weight loss, respiration rate surface color (hue), chlorophyll content, acidity, sugars, total phenolics (with Folin-Ciocalteu reactive) and antioxidant capacity (with ABTS^{•+} radical). During postharvest storage heat treated summer squashes showed lower deterioration index and softening than control fruit. While there was a slight increase of senescence during storage, no differences were found in surface color and chlorophyll content. There were no differences in sugar or phenolic content. However the HT induced the accumulation of antioxidants. Finally in other experiment, we stored at 0°C (chilling injury temperature) control and treated fruits during 16 d and then 3 d at 20°C. At this time, heat treated summer squash showed a better appearance, lower chilling injury symptoms and fungal decay.

Results show that HT reached some benefits in fruit stored at 20 °C mainly related to the delay of fruit softening. At 0°C it delayed symptoms and severity of chilling injury. It was delayed fungal decay at both temperatures (20 and 0°C).

Keywords: summer squash, quality, heat treatments, softening, postharvest.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ASPECTOS GENERALES DE PRODUCCIÓN DE CUCURBITÁCEAS

Las Cucurbitáceas han sido utilizadas como alimento por varios siglos. Las principales especies cultivadas dentro de esta familia tienen sus orígenes en las zonas tropicales y subtropicales. El ancestro común de todas las especies se cree que es de América pero con posterioridad se considera que las diferentes especies de importancia económica han sufrido un proceso de selección independiente (Wien, 1997). Existen hallazgos arqueológicos de estas especies en el centro y norte del continente americano, sudoeste de los Estados Unidos, México, y noroeste de Sudamérica-costa del Perú. En la actualidad las Cucurbitáceas se cultivan en todas las regiones del planeta (**Tabla 1.1**).

Tabla 1.1: Producción de las principales cucurbitáceas en diferentes regiones y en el mundo en el año 2009. Fuente: FAOSTAT, 2011.

Región	Sandía (Tn)	Pepino (Tn)	Melón (Tn)	Zapallos (Tn)
Asia	81.297.489	52.334.886	18.050.398	14.442.433
Europa	5.608.417	5.356.929	2.223.443	2.851.059
Norteamérica	1.834.439	942.352	1.080.459	830.684
África	4.871.044	1.153.980	1.709.782	1.897.353
Sudamérica	2.789.282	91.950	793.763	726.729
Mundo	98.047.947	60.555.573	25.502.695	22.141.402

Los zapallos (*Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* y *Cucurbita pepo*) fueron uno de los principales componentes de la dieta Maya junto con los porotos y el maíz (Paris, 1996). Los pepinos (*Cucumis sativus*) se cultivaron inicialmente en India. Por su parte el melón (*Cucumis melo*) y la sandía (*Citrullus lanatus*) se cree que encontraron su centro de diversificación en África.

Cucurbita maxima var. zapallito (Carr.) Millán es originaria de América del Sur. En nuestro país, las principales zonas de cultivo de esta especie son los cinturones verdes y las zonas de primicias del noroeste y noreste (De Grazia y col., 2003). En particular, la obtención de hortalizas para satisfacer en gran medida las demandas del Conurbano Bonaerense de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, se concentra en el Cinturón Hortícola de La Plata. En los últimos años ha aumentado marcadamente la producción bajo cobertura caracterizada por un control más ajustado de las condiciones de cultivo, con mayor uso de insumos e inversión y con el objetivo de incrementar el período de oferta de mercadería, los rendimientos y la calidad de algunos productos. A pesar de esta intensificación, la producción a campo es aún una actividad de gran importancia por su difusión, por permitir obtener productos con menor costo y porque

continúa siendo la forma de cultivo más apropiada para algunos productos. El zapallito es uno de los cultivos que poseen relativa importancia en la producción a campo. Además, un 60% de la producción se comercializa en mercados concentradores. El volumen comercializado se destina principalmente a acopiadores en forma directa, a supermercados y a verdulerías. En la provincia de Buenos Aires y, según el Censo Agrícola del año 2005 (CHFBA, 2005), la producción de zapallito de tronco tanto a campo como bajo cubierta fue de 8.389 Tn, obtenidos en una superficie de 531 Ha. Dentro de la provincia de Buenos Aires, La Plata ocupa el segundo lugar en la producción de zapallito de tronco con 1.053,35 Tn, luego de General Pueyrredón. A continuación la **Tabla 1.2.** muestra las primeras cinco localidades con mayor producción de zapallito de tronco y la producción total de de la provincia de Buenos Aires.

Tabla 2.2.: Producción (Tn) de zapallito de tronco en distintas localidades de la provincia de Buenos Aires.

Localidades	TN
General Pueyrredón	1.445
La Plata	1.053
Florencio Varela	814
Pilar	726
La Matanza	669
Otros	3.628
Total	8.338

1.2. MORFOLOGÍA Y COMPOSICIÓN DE ZAPALLITO

Las plantas de zapallito son anuales. Poseen un sistema radical muy profundo que suele alcanzar más de 1,5 m pero la mayor parte se encuentra en los primeros 50 cm del perfil del suelo. Los tallos son rugosos y angulosos y en los nudos de las guías nacen raíces adventicias que penetran a más de 1 m de profundidad. Tienen, en general, hábito de crecimiento con guías trepadoras, cuyas ramas crecen en forma simpodial, con guías de 8 a 12 m de longitud, pudiendo alcanzar una muy alta tasa de crecimiento (5 cm día^{-1}). Las hojas son grandes, de lámina simple, sub-orbiculares y lobuladas (**Figura 1.1**).



Figura 1.1: Plantas de zapallito en etapas tempranas del desarrollo del cultivo.

Las plantas de zapallito presentan una particularidad relevante respecto a su expresión sexual, ya que son monoicas con flores masculinas y femeninas separadas en una misma planta. Las flores son de color amarillo, solitarias en las axilas de las hojas. La estructura floral posee importancia con relación a la distribución y recepción del polen (Ainsworth, 2000). Las flores masculinas tienen pedúnculos largos y tres estambres con filamentos libres, donde se encuentra el polen y aparecen generalmente en una proporción mayor a las femeninas (14 a 24 masculinas por cada flor femenina). Las flores masculinas aparecen generalmente en forma anticipada a las femeninas (Zaman, 2006). Los granos de polen son pesados y pegajosos, no estando adaptados al transporte por el viento, siendo la polinización necesariamente entomófila (preferentemente por abejas, *Apis mellifera*). La viabilidad del polen en flores masculinas recién abiertas es de 92%, pero cae a 75% cuando se produce el cierre el mismo día y a 10% el día siguiente (Nepi y Pacini, 1993). De las flores femeninas que abren, sólo llegan a ser cosechadas como frutos de 20 a 50%. En parte, este resultado es consecuencia de las variables que interactúan en la eficiencia de la polinización. La apertura floral ocurre en la mañana cerrando al mediodía del mismo día y no vuelven a abrirse (Free, 1992; Nepi y Pacini, 1993). En esas horas reciben en verano la mayor cantidad de visitas de insectos, dependiendo de las condiciones climáticas, especialmente de la temperatura media matinal de la zona. La temperatura mínima para la antesis y dehiscencia de las anteras es 10 °C, y se ha registrado que demora entre 9 a 11 horas el crecimiento del tubo polínico para lograr penetrar en el óvulo. El fruto es un tipo de baya, llamado pepónide (***Figura 1.2***), usualmente se lo denomina “zapallito de tronco”. Es procedente de un ovario ínfero, sincárpico y con carpelos carnosos. La placentación es parietal y se encuentra muy desarrollada, desde el eje del fruto hasta la pared carpelar. El clamidocarpo,

el mesocarpio y el endocarpio son carnosos. Las regiones del mesocarpio y del endocarpio no se encuentran bien definidas (**Figura 1.2**).

Posee una piel rica en clorofilas y que al momento de la comercialización se encuentra desarrollada en forma incompleta (Kader, 2002). El tejido interno de los frutos es esponjoso y contiene semillas que al momento de la cosecha se presentan relativamente blandas y se hallan aún en crecimiento.

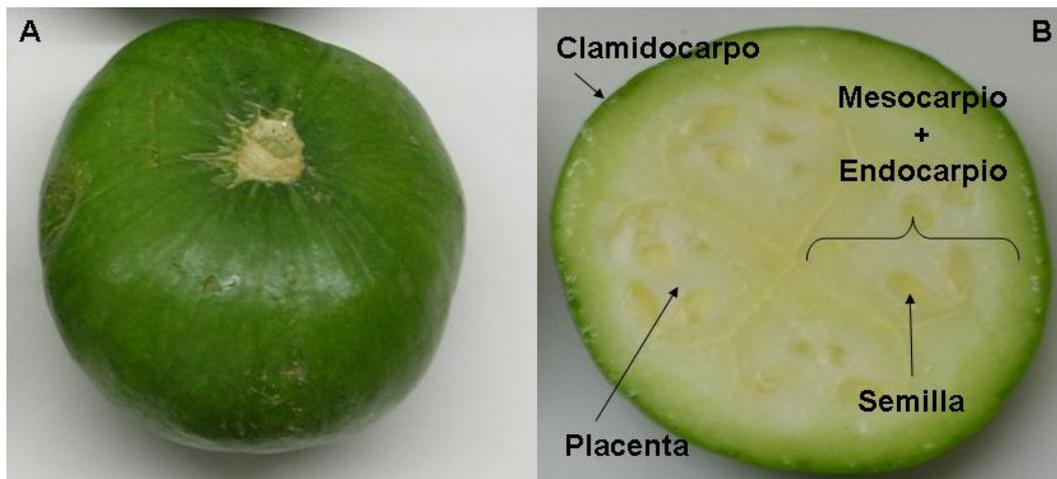


Figura 1.2: Morfología de frutos de zapallito. A: Fruto entero. B: Corte transversal en el que se indican las partes constitutivas.

El componente más abundante de los zapallitos es el agua (aproximadamente un 95%) (**Tabla 1.3**). Dentro de la materia seca se destacan los azúcares con niveles cercanos al 2%. Los mismos se encuentran representados principalmente por la glucosa y por la fructosa. La fibra representa aproximadamente un 1% del peso de los frutos. El contenido de minerales y vitaminas es moderado. Al igual que la mayor parte de los vegetales presenta una elevada proporción de potasio con relación al sodio. El contenido de vitamina C es medio, ubicándose en niveles similares a los de tomate pero unas 10 veces debajo de otros frutos ricos en ácido ascórbico como el pimiento.

Tabla 1.3: Composición de frutos de zapallito. Fuente: USDA Nutrition Database, 2011.

Componente	Concentración
Agua	94,1 %
Proteínas	1,2 %
Cenizas	0,6 %
Fibra	1,1 %
Azúcares totales	2,2 %
Glucosa	0,75 %
Fructosa	0,95 %
Sacarosa	0,03 %
Lípidos	0,18 %
Energía	16 Kcal
Vitamina C	17 mg 100 g ⁻¹
Potasio	262 mg 100 g ⁻¹
Calcio	15 mg 100 g ⁻¹
Sodio	2 mg 100 g ⁻¹

1.3. GENERALIDADES DE LA PRODUCCIÓN DE ZAPALLITO

1.3.1. Aspectos fisiológicos de la planta

Las plantas de las Cucurbitáceas en general son de crecimiento estival. De todos modos pueden realizarse cultivos en forma escalonada en diferentes épocas del año. Hacia fines de verano y comienzo de otoño se observa, por las temperaturas más moderadas, una reducción en el rendimiento, mayor precocidad y calidad de frutos (niveles más elevados de almidón, glucosa, fructosa) y una eficiencia de uso del agua más elevada (Rouphael y Colla, 2005). Esto se asocia a temperaturas más frescas y la menor disponibilidad de radiación, que pueden reducir la fijación de carbono y retrasar la formación de flores femeninas (Adams, 2002; Wien, 1997). La temperatura, la energía lumínica y el fotoperíodo son los factores climáticos más importantes para el desarrollo del cultivo, influyendo directamente en la expresión sexual de las plantas, en el cuajado y desarrollo de los frutos.

En el cultivo de zapallito se comienza con una etapa vegetativa inicial (45-50 días). La germinación y emergencia óptima de las semillas (en aproximadamente una semana de establecimiento) requieren de temperaturas medias de suelo de 20-22 °C, siendo la mínima de 15 °C. La especie es muy sensible a las bajas temperaturas requiriéndose un período libre de heladas de 4-5 meses. Las temperaturas mínimas y óptimas de crecimiento vegetativo se ubican en 8-10 °C y 20-25 °C, respectivamente. El fotoperíodo influye directamente en el desarrollo foliar de las plantas. Con unas 8 h diarias de luz las plantas de *Cucurbita* presentan menor área foliar que con fotoperíodos de 12 h, lo que se traduce en una menor formación de carbohidratos en hojas. Similar resultado acontece cuando se presentan períodos con poca intensidad lumínica.

Luego de la aparición de las flores se inicia el período reproductivo hasta que aparecen las heladas (desde los 50-60 días al fin del cultivo, 180-200 días). Si bien la expresión del sexo se determina genéticamente, puede ser marcadamente modificada por las condiciones ambientales. El fotoperíodo puede a su vez afectar la expresión sexual de las flores. Días cortos, alto contenido de nitrógeno y bajas temperaturas nocturnas favorecen la formación de flores femeninas, mientras que condiciones opuestas traen aparejado la formación de flores masculinas (Iwahori y col., 1970). En esta segunda etapa pueden darse, sucesivamente cada 30 días aproximadamente, picos de floración y cuajado. A medida que se avanza en el ciclo el número de flores que efectivamente llegan a cosecha va disminuyendo.

Como muchos frutos, el zapallito muestra una curva de crecimiento sigmoidea simple con tres fases bien diferenciadas. Inicialmente se observa una etapa de lento crecimiento en la que predomina la división celular activa y en la que la expansión de cada una de las células es mínima. La mayor parte de la expansión de los frutos ocurre en la segunda fase que es conocida como de crecimiento logarítmico durante la cual la división celular es mucho menor. En la etapa final de crecimiento también conocida como fase estacionaria los frutos desarrollan la mayor parte de las características deseables para su consumo, tales como la textura, sabor y color. La comercialización del zapallito, a diferencia de muchos otros frutos, se realiza cuando los frutos son fisiológicamente inmaduros (al igual que en la okra, el pepino y la berenjena) (Watada y col., 1984). En general estos frutos han recibido mucha menos atención respecto al estudio de los factores que determinan su calidad y deterioro que otros caracterizados por un proceso completo de maduración al momento del consumo. El zapallito de tronco se consume sin la eliminación de las semillas ni del tejido de la cavidad que las aloja, ya sea crudo o cocido, siendo la última la forma más frecuente. Los frutos jóvenes y pequeños son más tiernos y tienen por lo general un sabor ligeramente dulce. Los cambios durante el crecimiento del fruto están acompañados de un incremento de la firmeza de la cáscara. En la medida que progresa el desarrollo se reduce la concentración de almidón generando azúcares simples que determinan el sabor de los frutos. Finalmente se observa un crecimiento y endurecimiento de las semillas. Los frutos se pueden cosechar en el tamaño deseado aún en estados muy inmaduros, antes de

que las semillas empiecen a crecer y a endurecerse. La cáscara blanda y delgada, de color claro y el brillo externo son indicadores de una condición de madurez comercial (Suslow y Cantwell, 2011). Las condiciones de cultivo poseen influencia sobre el comportamiento de los frutos durante el almacenamiento, así por ejemplo, frutos que se desarrollan con temperaturas cercanas a 30 °C muestran menor incidencia de daño por frío y pérdida de peso durante el almacenamiento que aquellos desarrollados a temperaturas cercanas a 25 °C (Kang y col., 2002). Los frutos provenientes de cultivos con condiciones lumínicas limitadas se asocian con un mayor contenido de nitratos lo cual es un factor indeseable y que puede ser problemático en hortalizas verdes en las que la fertilización nitrogenada es excesiva (Walker, 1990; Roorda Van Eysinga, 1984).

1.3.2. Aspectos de tecnología de cultivo

El cultivo de zapallito es de ciclo estival y por esta razón entre los meses de abril y setiembre la oferta de este producto se reduce en forma sustantiva en nuestra zona. En ese período, la oferta proviene de cultivos protegidos de la zona litoral norte. Entre los meses de octubre y marzo el consumo es abastecido fundamentalmente por zapallitos cultivados a campo, en los principales cinturones verdes del país.

La siembra a campo se realiza en forma directa. Previamente la cantidad de agua debe ser suficiente para asegurar la germinación de la semilla, ya sea bajo el aporte de lluvia o con algún sistema de riego. Cuando el terreno está listo se realiza la siembra a golpe, colocando por lo menos 3 semillas por golpe. Se requieren 3 a 5 kg de semilla por hectárea. El cultivo puede realizarse al aire libre, o forzado por medio del uso de túneles de polietileno o invernaderos, lo cual adelanta la cosecha. En invernáculos y, en especial, para un planteo temprano se pueden hacer plantines con pan de tierra en macetas o bandejas plásticas, ya que no soportan el trasplante a raíz desnuda. Luego del período heladas, los plantines se trasplantan del almácigo al surco. Es poco exigente en suelo, aunque prefiere aquellos profundos y bien drenados con textura franca o franco-arenosa. Responde muy bien en los suelos que están bien provistos de materia orgánica. El pH óptimo oscila entre 5,5 y 6,8 (suelos ligeramente ácidos), aunque puede adaptarse a terrenos con valores de pH entre 5 y 7. A pH básico pueden aparecer síntomas carenciales. Es una especie medianamente tolerante a la salinidad del suelo y del agua de riego, (menos que el melón y la sandía, y más que el pepino). La decisión de fertilizar debe estar basada en el análisis de suelo. Se pueden utilizar fertilizaciones foliares en momento de floración y cuajado de fruto para cubrir deficiencias puntuales que puedan ocurrir.

Para la preparación del suelo las tareas típicas para este cultivo consisten en: arada profunda, rastreadas, surcado, agregado de abono y fertilizante de base, abajo y al costado de la línea de siembra, tapado y riego. Para la realización de los surcos a campo los distanciamientos que han dado mayores rendimientos para zapallito de tronco son: 1 a 1,5 m

entre surcos, y 50 a 60 cm entre plantas en la hilera, y en algunos casos 50 x 50 cm. Durante la germinación y senescencia exige temperaturas relativamente altas en el suelo. Para germinar, la temperatura óptima está entre 18 y 28 °C; si la temperatura es baja, del orden de 10 °C, la germinación es difícil. Con temperaturas alrededor de 14° C por la noche y 25 °C por el día, el fruto tarda de 3 a 4 días en nacer. Después que las plantas han brotado, la primera labor cultural que se realiza es el raleo, dejando dos plantas por golpe. También se puede hacer un primer desmalezado con cultivador o escardillo unos días después de la brotación y que puede repetirse si fuese necesario. Las plantas son medianamente tolerantes a la sequía, pues el sistema radical puede llegar hasta 1,5 m de profundidad. Las deficiencias hídricas provocan daños severos en hojas y frutos, variando los perjuicios según el momento del ciclo de la planta; el daño se caracteriza por el marchitamiento y el secado de la porción apical del fruto y por la muerte de un número variable de hojas por planta y daño parcial de hojas individuales. Se calcula que el cultivo necesita unos 400 a 500 mm de agua por Ha. El riego en zapallo se puede realizar por inundación, luego por surcos o goteo. Las podas denominadas de 'despupes' se realizan para eliminar las hojas más viejas y facilitar el control de plagas, para eliminar ramas improductivas, y para limitar el crecimiento excesivo de las guías y favorecer el crecimiento de los frutos. Para zapallito de tronco, se suelen aplicar reguladores, como el "ethephon" (ácido cloro etil fosfónico), a fin de aumentar la aparición de flores femeninas, dado que la liberación de etileno induce la diferenciación floral. Se aplica a partir de la cuarta hoja, antes de la emisión de las primeras flores.

Entre las plagas que afectan al cultivo de zapallo las más comunes son gusanos de suelo, la vaquita de los melones (*Epilachna paenulata*), la palomita transparente del zapallo (*Diaphania hyalinata*), el pulgón del melón (*Aphis gossypii*) y las chinches del zapallo (*Acanonicus hannii* y *Anassa guttifera*) (Astorquizaga, 2009).

Las enfermedades que afectan al zapallo son producidas por hongos, los más importantes son: oídio (*Erysiphe cichoracearum*), antracnosis (*Colletotrichum orbiculare*), podredumbre blanca (*Sclerotinia sclerotiorum*), marchitamiento por *Fusarium* (*Fusarium solani*), mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*), tizón del follaje (*Alternaria cucumerina*), podredumbre por moho gris (*Botrytis cinerea*) y las ocasionadas por *Rhizopus stolonifer* (Wien, 1997). Otras enfermedades son generadas por bacterias, tales como: la mancha angular (*Pseudomonas syringae*), la pudrición bacteriana de los frutos (*Erwinia carotovora*) y el marchitamiento bacteriano (*Erwinia tracheiphilla*). Los virus, por su parte, también afectan al cultivo. Ellos son: virus del mosaico del pepino (CMV), virus del mosaico del zapallo (SqMV), papaya ring spot virus (PRSV) y virus del mosaico del melón 2 (WMV2).

1.4. ASPECTOS GENERALES DE CONSERVACIÓN DE ZAPALLITO

Los frutos de zapallito por su patrón respiratorio y de producción de etileno son *no climatéricos*. La tasa respiratoria es más alta en las etapas iniciales de crecimiento; luego del cuajado y durante la maduración y posterior a la cosecha la tasa respiratoria va disminuyendo. Su tasa de producción de etileno por su parte es baja. Con respecto a la influencia del etileno, en otras Cucurbitáceas como pepino, el etileno acelera el amarillamiento (Hurr y col., 2009), pero en el caso de zapallito el principal efecto parece asociarse con el ablandamiento (Massolo y col., 2011). A diferencia de otros zapallos, los zapallitos se cosechan en un estado inmaduro antes de que las semillas completen su desarrollo y que la piel se endurezca en forma marcada (Kader, 2002). La calidad de los frutos es determinada por el tamaño, forma, uniformidad, firmeza, superficie verde, brillo y ausencia de daño mecánico y podredumbres. Durante la cosecha se debe tener ciertos recaudos para no dañar a los frutos y perjudicar la calidad (Suslow y Cantwell, 2011). Por ejemplo, no se debe tirar de los frutos para desprenderlos de la planta sino cortarlos. Un tallo mal cortado es un defecto de calidad debido a que promueve las pudriciones (Salunkhe y Desai, 1984). Cuando la cosecha se hace con descuido y no se siguen prácticas de manejo apropiadas, es frecuente encontrar daños por compresión y abrasión. Importantes pérdidas resultan del amarillamiento y el ablandamiento excesivo durante la poscosecha. El zapallito de tronco se comercializa en envases jaula o cajón torito. Los principales problemas de calidad que presenta este producto derivan de la alta sensibilidad a los daños mecánicos y al inadecuado manejo de cosecha que hacen algunos productores, cosechando el producto sobre-maduro (con respecto a la madurez óptima de consumo) y el abuso de temperatura de almacenamiento. Si bien los frutos son sensibles al almacenamiento a temperaturas inferiores a 10 °C esto no impide la utilización de pre-enfriado con agua o aire forzado (Ryall y Lipton, 1979). La pérdida de agua en zapallito es un problema serio y común en poscosecha. Luego de la cosecha la pérdida de firmeza y el marchitamiento progresan rápidamente a menos que se les enfríe de inmediato a las temperaturas recomendadas para el almacenamiento a corto plazo. Las condiciones óptimas de almacenamiento incluyen temperaturas de 10 °C y 95% de Humedad Relativa (HR) (Suslow y Cantwell, 2011). Aún en estas condiciones la vida poscosecha de los frutos es de unas 2 semanas (Hardenburg y col., 1986). Además los frutos son susceptibles al daño por frío, razón por la que las temperaturas inferiores a 10 °C no se recomiendan. Los principales síntomas de este desorden incluyen al picado superficial y el incremento en la susceptibilidad al ataque microbiano cuando los frutos se transfieren a 20 °C. Si bien el uso de bajos niveles de oxígeno O₂ (3-5%) retrasa el amarillamiento y el desarrollo de enfermedades por algunos días y el incremento del CO₂ (> 5%) puede provocar una reducción en el daño por frío, la vida poscosecha no se extiende en forma muy importante (Suslow y Cantwell, 2011; Wang y Qi, 1997). Por tal motivo las atmósferas modificadas no se utilizan a nivel comercial ya que los beneficios son moderados (Mencarelli y

col., 1983). Otras metodologías diferentes a la utilización de productos químicos para el manejo poscosecha de los frutos han recibido muy poca atención.

1.5. USO DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE ALTA TEMPERATURA EN EL MANEJO POSCOSECHA DE FRUTOS

Los tratamientos térmicos de alta temperatura (TAT) se utilizan a nivel comercial para el control de plagas cuarentenarias (Lurie, 1998). Fueron impulsados como técnica para extender la vida poscosecha de los frutos, fundamentalmente con el afán de encontrar alternativas a la utilización de agentes químicos. Se intenta utilizar mecanismos físicos que no dañan ni al producto ni al consumidor y que puedan resultar efectivos como otros productos químicos. En los últimos años se ha descrito que los TAT pueden modificar numerosos aspectos vinculados con la fisiología de las frutas y hortalizas. La aplicación de TAT consiste en colocar a los frutos por un período variable a altas temperaturas (35-55°C) utilizando agua, vapor o aire caliente (Lurie, 1998).

Los tratamientos con agua caliente pueden ser por inmersión o por ducha o aspersión sobre productos que soporten aplicación de agua en poscosecha. Se diferencian notablemente de los otros tratamientos ya que se aplican durante pocos minutos, en contraste con los que utilizan aire, debido a que el agua es un medio de transferencia de calor más eficiente que el aire. El rango de temperaturas que usualmente se emplea es de 40 a 60°C. Este tipo de tratamiento puede ser de utilidad tanto para controlar patógenos, como para eliminar la suciedad de la superficie del producto (Prusky y col., 1999; Fallik y col., 1996c). El sistema de asperjado por ducha requiere de una infraestructura más sofisticada, ya que el producto es transportado por una serie de rodillos rotatorios y mediante picos aspersores son sometidos al TAT. Sin embargo, puede ser ensamblado dentro de los sistemas de líneas tradicionales de clasificación y acondicionamiento de las plantas empacadoras. La utilización de agua caliente es efectiva para el control de enfermedades fúngicas, debido a que las esporas o las infecciones latentes se encuentran en la superficie o en las primeras células debajo de la piel del fruto. Estos tratamientos son, muchas veces, combinados con fungicidas logrando una mayor efectividad y permitiendo reducir las dosis empleadas. También se los usa para el control de plagas insectiles. El tiempo de inmersión puede ser de una hora o más y las temperaturas por debajo de 50 °C, en contraste con muchos tratamientos antifúngicos que son por pocos minutos a temperaturas por encima de 50 °C (Lurie, 1998).

Los tratamientos con vapor consisten en colocar los frutos en contacto con aire saturado con vapor a temperaturas entre 40 y 60 °C. Se utilizan para matar huevos y larvas de insectos y se emplean como tratamientos cuarentenarios en forma previa a los embarques (Lurie, 1998). La transferencia de calor se produce por la condensación del vapor de agua en las superficies frías. Este procedimiento fue empleado para el control de la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis*

capitata Wiedemann) y de la mosca Mexicana (*Anastrepha ludens* Loew) en cítricos (Hawkins, 1932; Baker, 1952). No obstante, cuando el dibromuro de etilo y el bromuro de metilo comenzaron a utilizarse como fumigantes a un bajo costo, los tratamientos con vapor fueron abandonados. Todavía no está claro el año en el que se prohibirá totalmente el uso de bromuro de metilo, pero se les ha hecho una petición a los países subdesarrollados para que se reduzca un 50% el uso durante el año 2011. A partir de esta reducción, los tratamientos térmicos serían una tecnología a tener en cuenta debido a su inocuidad tanto para el personal que lo emplea como para el consumidor.

Finalmente, el aire caliente puede aplicarse colocando los frutos en cámaras de calentamiento con o sin aire forzado. El proceso de calentamiento con aire es más lento que en el caso de los tratamientos con agua o vapor, lo que determina en general la realización de tratamientos más prolongados que pueden durar desde unas pocas horas hasta días, con temperaturas entre 35 y 50°C (Lurie, 1998). Esto puede ser una desventaja, debido a que los tiempos operativos serían mayores, lo cual retardaría el proceso dentro de un sistema de empaque. Por otra parte, resultan la única estrategia posible en el caso de frutos que puedan ser afectados por elevada humedad o mojado superficial. En el caso de los tratamientos para el control de insectos, la utilización de tratamientos con aire caliente resulta beneficiosa en algunos productos que puedan ser sensibles al calentamiento a velocidades elevadas. Se han desarrollado tratamientos con aire caliente para el control de mosca del Mediterráneo, mosca del melón y mosca oriental en papayas (Armstrong y col., 1989). La exposición a altas temperaturas con aire caliente forzado también puede reducir el ataque de *Botrytis cinerea* (Klein y col., 1997; Fallik y col., 1993) y de *Penicillium expansum* en manzanas (Fallik y col., 1996c; Klein y col., 1997).

En los últimos años, ha sido hallado que el estrés ocasionado por altas temperaturas previo a la refrigeración permite extender el período de vida útil de los vegetales. La aplicación de TAT permitió inhibir la incidencia de escaldadura superficial en manzana (Huelin y Coggiola, 1970). Asimismo otra alteración como el pardeamiento enzimático también fue reducida mediante la aplicación de tratamientos térmicos de alta temperatura en peras (Maxie y col., 1974) y lechuga (Saltveit, 2000). En brócoli se retrasó la senescencia y degradación de clorofilas aplicando tratamientos de 48 °C por 3 h en aire (Costa y col. 2005). Vicente y col. (2002) retrasaron el ablandamiento de frutillas al emplear un tratamiento a 45 °C por 3h en aire. También se ha logrado reducir el ablandamiento en manzanas (Klein y col, 1990; Porrit y Lidster, 1978) y tomate (Biggs y col., 1988). No obstante, las respuestas suelen depender del producto y cultivar analizado. Los cambios que ocasionan los TAT en la maduración, tales como la síntesis de etileno o la degradación de la pared celular, pueden ser debidos a alteraciones en la expresión de los genes. Se han conseguido constatar mediante ensayos en distintos frutos que el tratamiento térmico con calor, disminuye el ácido ribonucleico mensajero (ARNm) de los genes de maduración, mientras que aumentan la expresión de los genes que codifican la

síntesis de proteínas de shock térmico (HSP) (Civello y *col.*, 1997). Se cree que la síntesis de estas proteínas confiere al producto tolerancia al calor protegiendo a las proteínas de la desnaturalización. Las posibles causas de la permanencia de la firmeza podrían tener que ver con la inhibición de la síntesis de las enzimas que degradan la pared celular (Lurie, 1998). No obstante, las respuestas suelen depender del producto y cultivar analizado.

Existen productos que al ser almacenados a temperaturas por debajo de las recomendadas sufren daño por frío. Los tratamientos térmicos de alta temperatura suelen provocar modificaciones a nivel de las membranas celulares, sitio de alteraciones relacionadas a la sintomatología de este daño fisiológico (Lyons, 1973). Tratamientos a 35-40°C reducen la pérdida de electrolitos (indicador de daño en membranas) cuando los frutos se almacenan a temperaturas en las cuales sufren daño por frío (Saltveit, 1991). Cuando se analizó la composición de membranas en frutos tratados térmicamente a 38°C por 4 d se observó un incremento en la insaturación y en el contenido de fosfolípidos respecto a los frutos no tratados (Lurie y *col.*, 1995). Whitaker y *col.* (1997), analizando el contenido lipídico de membranas, también encontraron una mayor insaturación en frutos sometidos a tratamientos térmicos de alta temperatura (TAT). Estas modificaciones podrían provocar una mayor fluidez de las membranas a bajas temperaturas, y evitar así el daño. Salveit (1991) encontró que la aplicación de TAT redujo la sensibilidad al daño por frío en pepino. En tomate la aplicación de TAT por 2-3 d a 30 °C, permitió que los frutos puedan almacenarse hasta 2 meses a 2 °C sin sufrir daño por frío (Lurie, 1998; Lurie y Sabehat, 1997). También la aplicación de TAT en agua a 55 °C por 15 s sobre pimientos rojos (Ilić y *col.*, 2011) logró retrasar el decaimiento y daño por frío, manteniendo los niveles de antioxidantes durante 21 d a 2°C.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

-Ampliar la información disponible vinculada con la calidad y el manejo poscosecha de hortalizas de frutos inmaduros como el zapallito.

Objetivos específicos

-Evaluar el efecto de tratamientos térmicos cortos de alta temperatura sobre la calidad y el deterioro poscosecha de frutos de zapallito.

-Evaluar el efecto de tratamientos térmicos cortos de alta temperatura sobre la susceptibilidad al daño por frío en frutos de zapallito.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIAL VEGETAL, SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

3.1.1. Material vegetal

Se cosecharon aproximadamente 300 zapallitos en estado de madurez comercial producidos a campo en el Cinturón Hortícola de La Plata y se trasladaron rápidamente al laboratorio. Los frutos presentando defectos o heridas se descartaron. Se homogeneizó el lote con respecto al tamaño y color superficial.

3.1.2. Selección del tratamiento térmico

Para efectuar el tratamiento térmico se acondicionó una olla de 100 L con agua calefaccionada mediante un mechero conectado a gas natural y con agitación manual. Se registró la temperatura del agua con dos termocuplas para líquidos monitoreadas mediante un software. Las mismas se colocaron: una a 10 cm de la base del recipiente y la otra a 10 cm de la superficie del agua a fin de constatar la homogeneidad de la temperatura del líquido. También se empleó otro recipiente de 50 L conteniendo agua a 10°C, cuya temperatura también era controlada por termocuplas.

Los frutos, contenidos en bolsas “tipo red”, se sumergieron en agua a 38, 44, 50 ó 56 °C por 1, 3 ó 5 min y luego a 10°C por 2 min para cortar el tratamiento de alta temperatura. Luego se dejaron orear los frutos por 30 min. Posteriormente se colocaron en bandejas plásticas, se los cubrió con película de cloruro de polivinilo (PVC) perforado y se almacenaron a 20 °C por 9 d. A los controles no se les efectuó el tratamiento térmico pero si se los sumergió en agua a 10°C por 2 min y de ahí en más se los acondicionó de la misma manera que a los zapallitos tratados. Se utilizaron un total de 260 frutos (20 para cada temperatura y tiempo de tratamiento analizado). El ensayo se realizó por duplicado. Se seleccionó aquel tratamiento que resultó más eficaz en el retraso de la senescencia a partir del deterioro de los frutos.

El índice de deterioro se evaluó en base al desarrollo de síntomas de deshidratación (ablandamiento), el pardeamiento, la decoloración (amarillamiento) y la presencia de hongos. Se definió una escala de 1 a 5 siendo 1: sin deterioro, 2: con poco deterioro general, sin decoloración y con poca pérdida de brillo de la epidermis, 3: medianamente lesionado y con escasa decoloración, 4: con lesiones importantes y decoloración general y 5: frutos con podredumbres o deterioro muy marcado. Se calculó un índice de deterioro según:

$$\text{Índice de deterioro} = \frac{\sum \text{Categoría} \times \text{N}^\circ \text{ frutos en dicha categoría}}{\text{N}^\circ \text{ total de zapallitos}}$$

3.1.3. Perfil térmico de los frutos durante el tratamiento

Una vez seleccionados la temperatura del agua y el tiempo de exposición más apropiados, y a fin de determinar el tratamiento efectivo recibido por los frutos se utilizaron termocuplas de cobre-constantan (1 mm de diámetro) que se insertaron en diferentes sitios de la zona ecuatorial de 4 frutos. Las distancias consideradas fueron: el centro geométrico, la mitad del radio y un cuarto del radio medido desde la superficie. Los frutos se trataron a 44 °C durante al menos 6 min y se registró la temperatura a las distancias mencionadas utilizando un software apropiado para tal fin.

3.2. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA CALIDAD Y EL DETERIORO DE FRUTOS ALMACENADOS A 20 °C

3.2.1. Material vegetal, tratamiento y almacenamiento

Se cosecharon zapallitos en estado de madurez comercial producidos a campo en el Cinturón Hortícola de La Plata y se trasladaron al laboratorio. Se eliminaron los frutos presentando defectos y se dividieron en 2 grupos: a) controles y b) tratados térmicamente que se sometieron al tratamiento seleccionado según se describió en la sección 4.1.2. Posteriormente los frutos se secaron y envasaron en bandejas plásticas cubiertas con PVC perforado. Luego se almacenaron a 20 °C por 0, 4, 11 y 18 días. Durante el almacenamiento se tomaron muestras a los días mencionados y se realizaron las determinaciones de índice de deterioro, color, pérdida de peso, tasa respiratoria y firmeza en frutos frescos. Luego se tomaron muestras de pulpa (en forma de gajos) que se congelaron en nitrógeno líquido (N₂) y se almacenaron a -80 °C hasta su uso para evaluar el contenido de azúcares y compuestos fenólicos, la acidez y la capacidad antioxidante. Se utilizaron un total de 120 frutos (15 frutos para cada tratamiento y tiempo de almacenamiento).

3.2.2. Índice de deterioro.

El índice de de deterioro se evaluó según se describió en la sección 3.1.2.

3.2.3. Firmeza y distancia de ruptura en ensayos de compresión

Se utilizó un equipo Texture Analyzer (TA.XT2, Stable Micro Systems Texture Technologies, Scarsdale, NY) equipado con una sonda plana de 3 mm de diámetro. Cada fruto se deformó 10 mm a una velocidad de 1 mm s⁻¹ y se registró la fuerza máxima necesaria para romper el tejido y la distancia a la ruptura. Las mediciones se hicieron en la zona ecuatorial de

los frutos realizándose al menos dos determinaciones por fruto en sitios opuestos. Se realizaron 36 determinaciones para cada condición de tiempo y tratamiento analizado. Los resultados se expresaron en Newton (N) y milímetros (mm) para la fuerza máxima y distancia de ruptura, respectivamente.

3.2.4. Color superficial y contenido de clorofila

El color superficial se evaluó con un colorímetro (Minolta, Modelo CR-400) obteniéndose los parámetros CIE Lab L^* , a^* y b^* . Se calculó el ángulo hue ($180 - \arctg b^*/a^*$). Se realizaron 30 determinaciones por tratamiento y tiempo de almacenamiento. Para la determinación de clorofila se procesaron los frutos congelados en un molinillo y 0,9 g del polvo resultante se extrajo con 30 mL de acetona:agua 80:20. La suspensión obtenida se centrifugó y se determinó la absorbancia del sobrenadante a 647 y 663 nm empleando un espectrofotómetro (UV-Mini 1240 model, Shimadzu Corporation, Japan). El contenido de clorofila total (C_t) se calculó a partir de la suma de los contenidos de clorofilas a y b (C_a y C_b), teniendo en cuenta los coeficientes de extinción a las longitudes de onda mencionadas (Lichtentaler, 1987) según las siguientes ecuaciones:

$$C_a = 12.25 * Abs_{663.2} - 2.79 * Abs_{646.8}$$

$$C_b = 21.5 * Abs_{646.8} - 5.1 * Abs_{663.2}$$

$$C_t = C_a + C_b = 7.15 * Abs_{663.2} + 18.71 * Abs_{646.8}$$

Los resultados se expresaron en $mg\ kg^{-1}$. Se realizaron tres determinaciones para cada tiempo de almacenamiento y tratamiento analizado.

3.2.5. Actividad respiratoria

La producción de dióxido de carbono se midió con un sensor IR de dicho gas (ALNOR Compu-flow, Modelo 8650). Para tal fin, aproximadamente 500 g de fruto se colocaron en un recipiente hermético de 3 L y se midió la producción de CO_2 en función del tiempo. Se evitó una acumulación de CO_2 superior al 1% ya que inhibiría la respiración. Los resultados se expresaron como mililitros de CO_2 producidos por kg de fruto durante una hora según se detalla en la siguiente ecuación:

$$\text{Producción de } CO_2 = (CO_{2(f)} - CO_{2(i)}) * (V_{\text{frasco}} - V_{\text{fruto}}) / W_{\text{fruto}} / t * (1000 * 60 / 1000) \\ [ml\ kg^{-1}\ h^{-1}] = [ppm * Lt / g / min * (gr/kg) * (min/h) / (mL/uL)]$$

Donde: $CO_{2(i)}$ y $CO_{2(f)}$ son las concentraciones del gas al inicio y final del período de análisis, V es el volumen, W es el peso del producto analizado y t el tiempo transcurrido durante

la medida. Para la determinación del volumen del fruto se contó con el valor de densidad del mismo obtenido al medir el volumen de agua desplazado por un fruto, de peso conocido, introducido en una probeta con agua.

Se efectuaron al menos 3 determinaciones de producción de CO₂ por cada condición de tiempo y tratamiento analizado.

3.2.6. Pérdida de peso

La pérdida de peso (PP) se determinó pesando los frutos individuales al inicio y durante el período de almacenamiento. Los resultados se expresaron en porcentaje:

$$\%PP = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) \times 100}{\text{Peso inicial}}$$

3.2.7. Ácidez y azúcares

Las determinaciones de azúcares se realizaron por el método de la antrona (Yemm y Willis, 1954). Para la preparación de las muestras se procesó en un molinillo al tejido congelado en nitrógeno líquido. Aproximadamente a 2 g de este tejido se le adicionaron 10 mL de etanol 96% v/v y se extrajo con agitación por 15 min. La suspensión obtenida se centrifugó a 9.000 x g por 12 min a 4 °C. Se colectó el sobrenadante, se diluyó (1:10) y se utilizó para la determinación de azúcares. Alícuotas de 25 µL de extracto se colocaron en tubos de ensayo y se adicionaron 75 µL de etanol 96% v/v y 1 mL de antrona (2 mg mL⁻¹ en H₂SO₄ 66% p/v) en hielo. Las muestras se agitaron en vortex y se llevaron a ebullición en baño de agua por 15 min. Posteriormente los tubos se enfriaron en una mezcla de agua-hielo y se leyó la absorbancia a 620 nm en un espectrofotómetro. Se realizó una curva de calibración (rango 0-32 µg mL⁻¹) utilizando glucosa como patrón. Se realizaron dos moliendas independientes con dos extracciones para cada tratamiento y tiempo de almacenamiento. Las muestras se midieron por triplicado. Los resultados se expresaron como g de glucosa por cada 100 g de fruto.

Para el análisis de la acidez se procesó el tejido en un molinillo, se tomaron 10 g y luego se adicionaron 100 mL de agua. Se determinó el pH inicial en forma potenciométrica y se tituló con NaOH 0,1 N hasta pH 8,2 (AOAC, 1980). Se realizaron 3 determinaciones para cada tratamiento y tiempo de almacenamiento analizado. Los resultados se expresaron en meq. H⁺ por kg de tejido.

3.2.8. Fenoles totales y capacidad antioxidante

Aproximadamente 2 g de pulpa de los frutos congelados en N₂ líquido y triturados en un molinillo se extrajeron con 10 mL de etanol 96% v/v. La mezcla se agitó por 15 min a 600 rpm, aproximadamente, en agitador magnético y luego se centrifugó a 9.000 x g por 12 min a 4 °C. Se tomó el sobrenadante y se almacenó a -80 °C hasta su utilización para la determinación de fenoles totales y antioxidantes. Para la determinación de fenoles totales se adicionaron 150 µL de cada extracto a 1200 µL de agua y 50 µL de reactivo Folin-Ciocalteu, diluido 1:1 con H₂O destilada. Se agitó con vortex y luego de 3 min a temperatura ambiente se adicionaron 100 µL de solución de Na₂CO₃ 20% p/v en NaOH 0,1 N y se agitó en vortex. La mezcla de reacción se incubó por 90 min y se midió la absorbancia a 760 nm en espectrofotómetro (Singleton y col., 1999). Se prepararon dos moliendas independientes con dos extractos cada una, para cada tratamiento y tiempo de almacenamiento analizado y los mismos se analizaron por triplicado. Se calculó el contenido de compuestos fenólicos utilizando ácido clorogénico como estándar. El contenido de fenoles totales se expresó como mg de ácido clorogénico por kg de tejido.

Para el análisis de antioxidantes por ABTS^{••}, se preparó el reactivo tomando 5 mL de ABTS 7 mM en una solución acuosa de K₂S₂O₈ 2,45 mM. Se mantuvo la solución en la oscuridad de 12-16 h a temperatura ambiente, sin agitación. Previo a las determinaciones el reactivo se mantuvo en constante agitación y se lo diluyó con etanol hasta lograr una absorbancia de 0,7. Para la determinación se tomó una alícuota de 50 µL de extracto preparado como se mencionó para fenoles totales y se le agregó 1 mL de reactivo ABTS^{••} 2,45 mM, se agitó en vortex y se dejó reaccionar 6 min. Posteriormente se midió la absorbancia a 734 nm (Arnao y col., 2001). Cada extracto se analizó por triplicado. Se calculó la capacidad antioxidante utilizando Trolox® como patrón. Los resultados se expresaron como capacidad antioxidante en µmol de Trolox por kg de tejido.

3.3. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL DETERIORO DE FRUTOS ALMACENADOS A 0 °C

3.3.1. Material vegetal, tratamiento y almacenamiento

Se cosecharon zapallitos en estado de madurez comercial producidos a campo en el Cinturón Hortícola de La Plata y se trasladaron al laboratorio. Se eliminaron los frutos presentando defectos y se dividieron en 2 grupos: a) controles y b) tratados térmicamente que se trataron térmicamente con agua por inmersión a 44 °C por 3 min y luego a 10°C por 2 min. Finalizado el tratamiento los frutos se secaron, se envasaron en bandejas plásticas cubiertas

con PVC perforado y se almacenaron a 0 °C por 16 d y luego se trasladaron 3 d a una cámara a 20 °C.

3.3.2. Índice de deterioro

Durante el almacenamiento se evaluó el índice de deterioro como se describió en la sección **3.1.2**.

3.4. ANALISIS ESTADÍSTICO

Los experimentos se realizaron de acuerdo a un diseño factorial. Los datos se analizaron por medio de un ANOVA y las medias se compararon con una prueba de LSD a fin de determinar las diferencias mínimas significativas a un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

4.1.1. Selección del tratamiento

Para la selección del tratamiento térmico adecuado se evaluaron cuatro temperaturas (38; 44; 50 y 56 °C) y tres tiempos diferentes (1, 3 y 5 min), teniendo en cuenta condiciones similares a las utilizadas para otras especies (Lurie, 1998). Para ello se sumergió un lote de zapallitos por cada tratamiento durante el tiempo necesario, adecuando la temperatura del agua a aquellas seleccionadas para la experiencia. Una vez finalizado el tratamiento los frutos se colocaron 2 min en agua fría para lograr un rápido descenso de la temperatura. Los tratamientos térmicos de alta temperatura pueden realizarse con aire caliente, vapor o agua caliente (Lurie, 1998). En nuestro trabajo se decidió utilizar la inmersión en agua caliente ya que por ser un medio más eficiente en la transferencia de calor reduce significativamente los tiempos de tratamiento (unos pocos minutos) (Fallik, y col., 1996a; Fallik, 2004). De todos modos la utilización de agua no es recomendable en algunos frutos como los berries ya que puede incrementarse la susceptibilidad a patógenos (Pan y col., 2004). Una vez tratados los frutos resulta necesario realizar un rápido enfriamiento y el oreo de los frutos para que se reduzca rápidamente la actividad metabólica y para eliminar el agua libre de la superficie, respectivamente. Para la elección del mejor tratamiento se calculó un índice de deterioro (**Figura 4.1**) que valoraba el aspecto general (color, manchas, ataques de patógenos, ablandamiento) de los zapallitos luego de 9 días de almacenamiento. Los lotes tratados a 38 °C a cualquiera de los tiempos analizados (1, 3 y 5 min) y 44 °C 1min no mostraron diferencias significativas en el índice de deterioro respecto del control. Posiblemente las condiciones fueron demasiado suaves para ejercer un efecto relevante en la alteración de la actividad metabólica de los frutos como consecuencia del estrés. Los síntomas de deterioro más importantes que se dieron fueron la pérdida del color, tanto del brillo como del verde intenso que tenían al momento de la cosecha (decoloración general). Además mostraron una marcada intensificación de las heridas que ya traían de la cosecha, debido a su delicada epidermis. Dentro del índice realizado los valores correspondientes al 4 y al 5 eran considerados como no comercializables, mientras que el índice 3 pertenecía a una categoría con calidad relativamente baja pero aún comercializable. Es decir, que a los 9d, los zapallitos expuestos a las temperaturas más bajas se encontraban entre los índices 3 y 4, por lo que su calidad para la comercialización estaba en el límite, pronta a perderse.

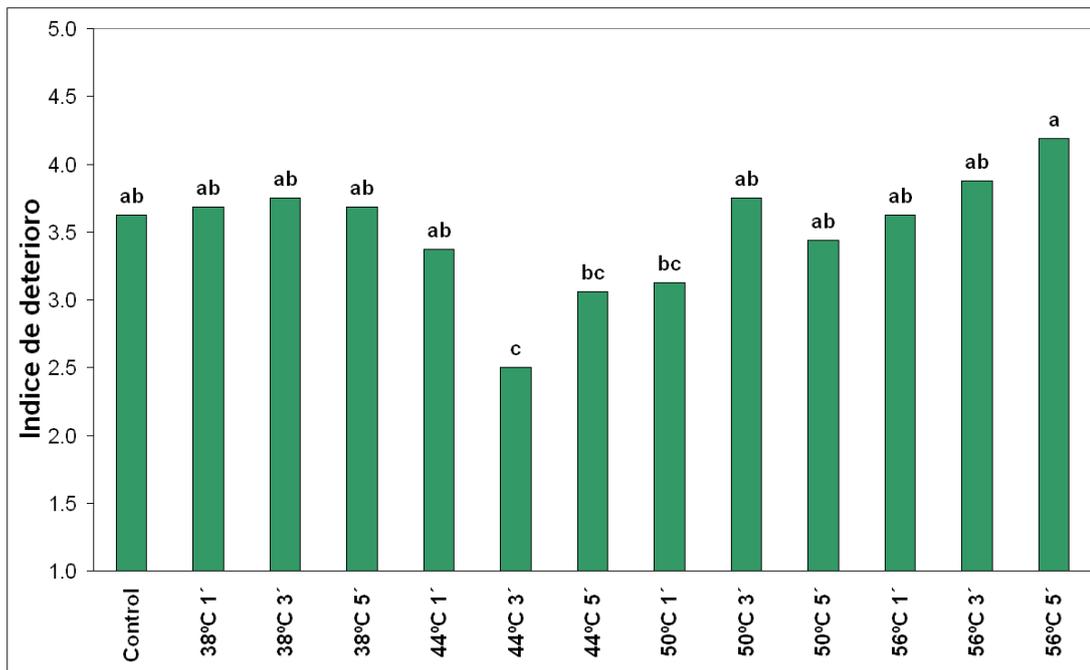


Figura 4.1: Efecto de tratamientos térmicos de alta temperatura con agua sobre el deterioro de zapallitos almacenados a 20 °C por 9 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.

Tampoco se encontró una mejora significativa en la calidad de los frutos sometidos a 56 °C por 1, 3 ó 5 min y a 50 °C por 3 y 5 min. En este caso es probable que las condiciones de exposición hayan sido demasiado drásticas. De hecho en algunos frutos sometidos a los tratamientos intensos se visualizó un incremento en la susceptibilidad al ataque de hongos. Resultados similares fueron descritos por Civello y col., (1997) en frutilla. Por su parte, los tratamientos intermedios (44 °C 3, 5 min y 50 °C 1 min) evidenciaron un menor deterioro que los frutos control. Éstos presentaban una mejor apariencia, ya que no mostraron ataques de hongos, la pérdida del color verde intenso fue más atenuada y la dureza, medida al tacto, fue mayor. En función de esto se decidió seleccionar el tratamiento a 44 °C por 3 min para analizar la influencia de los TAT en la calidad de los zapallitos con mayor detalle, ya que fue el que mostró diferencias significativas con el control.

En la **Figura 4.2** se pueden ver las diferencias tanto de color como de manchas y ataques de hongos fundamentalmente entre los tratamientos sometidos a selección durante los 9 días de almacenamiento a 20 °C. Las fotografías dejan ver con mayor claridad lo expuesto para los resultados del índice de deterioro realizado.

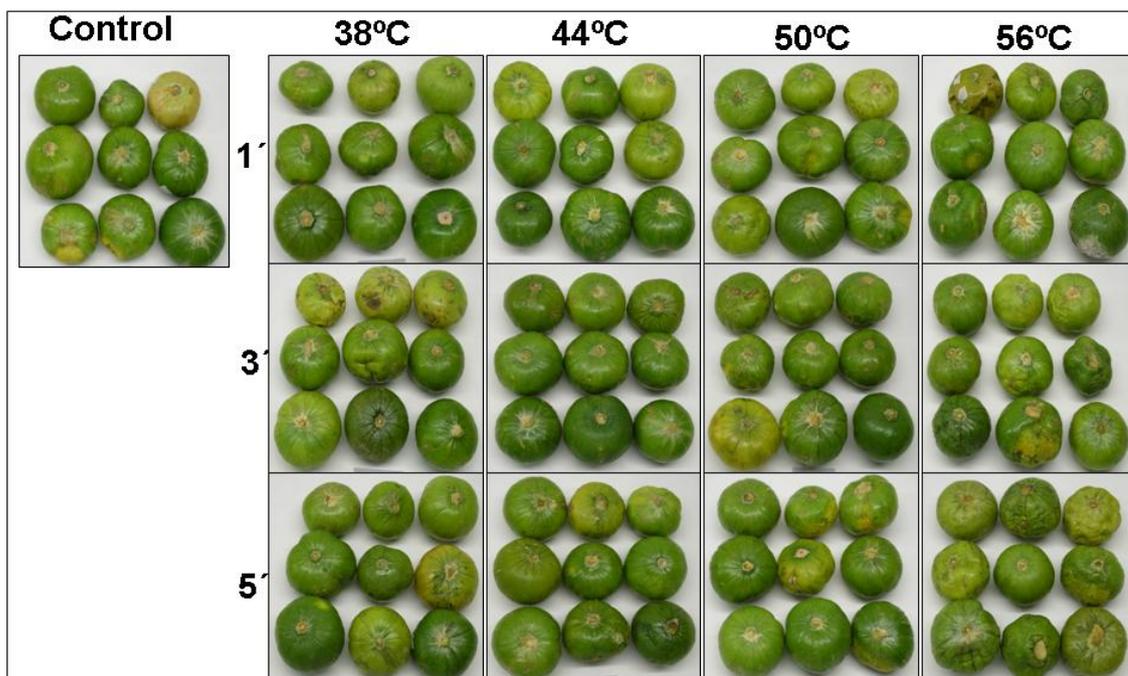


Figura 4.2: Apariencia de zapallitos control y tratados térmicamente (38; 44; 50 ó 56 °C, por 1; 3 ó 5 min) almacenados a 20 °C por 9 días.

4.1.2. Perfil térmico de los frutos durante el tratamiento

Si bien la temperatura del agua se mantuvo a 44°C durante todo el tiempo del tratamiento, se realizó un perfil térmico para determinar la temperatura de tratamiento real recibido por las diferentes regiones del tejido de los frutos. Para esto se insertaron termocuplas en distintas profundidades del zapallito y se llevó un registro de la temperatura en función del tiempo. Las distancias consideradas fueron al centro del mismo, a la mitad del radio y a un cuarto de la distancia del radio desde la superficie. La temperatura del agua mostró un valor constante de 44°C durante el tiempo analizado (**Figura 4.3**). Esta temperatura es la que alcanzó la cara externa de los frutos. Al inicio los zapallitos tenían una temperatura de 21°C. A un cuarto del radio desde la superficie (aproximadamente 1 cm de profundidad) la temperatura alcanzada fue de 35 °C a los 3 min. Por su parte a la mitad del radio (aproximadamente 2 cm de profundidad) se alcanzaron temperaturas de unos 25 °C, mientras que en el centro de los frutos la misma al final del tratamiento de 3 min fue de 22 °C.

Este análisis del perfil térmico nos permite señalar que la sección más interna del tejido de los frutos no manifiesta el aumento de temperatura debido al tratamiento, y que solamente es afectado el tejido más externo o cercano a la superficie. Esto no invalida el tratamiento térmico dado que la fisiología de los frutos resulta afectada, al menos en el pericarpio y tejido aledaño, lo cual resulta suficiente para causar un efecto en el producto.

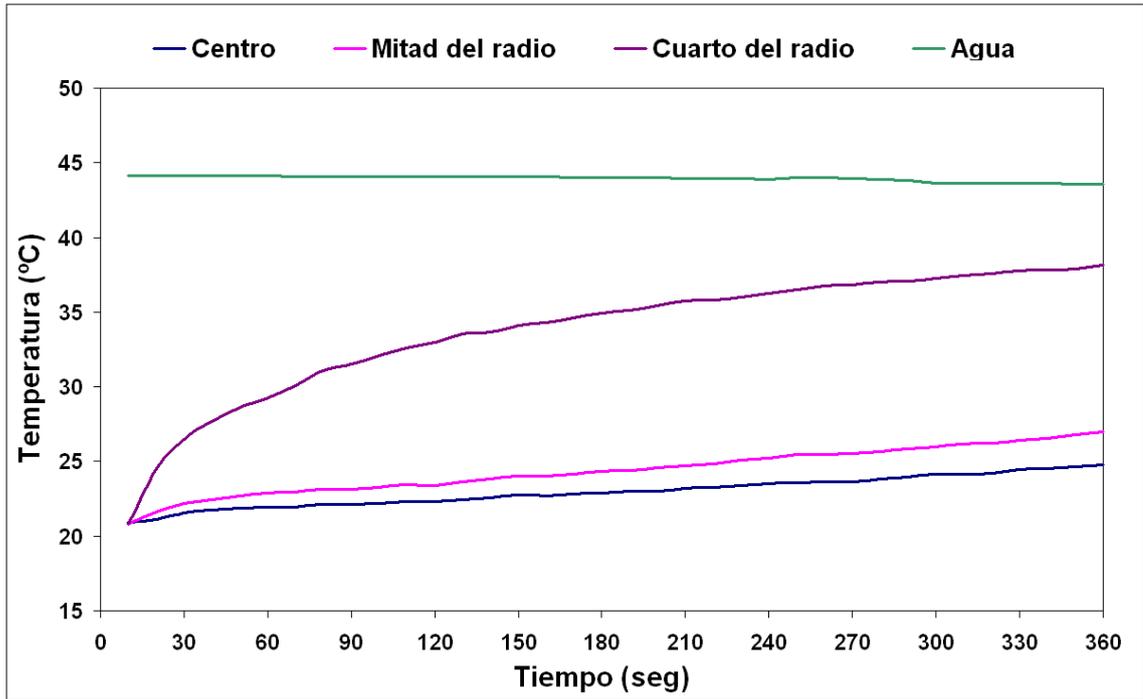


Figura 4.3: Perfil térmico a diferentes profundidades de frutos de zapallito control o tratados térmicamente con agua a 44 °C.

4.2. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL DETERIORO DE FRUTOS ALMACENADOS A 20 °C

4.2.1. Índice de deterioro.

Una vez seleccionado el tratamiento a 44 °C por 3 min se realizó un nuevo ensayo en el que se evaluó durante 18 días el efecto del mismo sobre la calidad de los frutos en comparación con el control no tratado. Bajo el mismo criterio mencionado en la sección 3.1.2., se calculó un índice de deterioro durante este período. En este caso se analizaron los frutos a diferentes tiempos durante el almacenamiento (4, 11 y 18 d). El índice de deterioro se incrementó durante el almacenamiento tanto en los frutos control como en los tratados. Luego de 4 u 11 d no se hallaron diferencias significativas entre tratamientos pero al final del período de almacenamiento los frutos sometidos al tratamiento térmico presentaron un deterioro menor que los controles (**Figura 4.4**). Los principales efectos observados como consecuencia de los tratamientos tuvieron que ver con una reducción de la incidencia de hongos (**Figura 4.5 A**) y un mayor mantenimiento de la firmeza al tacto de los frutos. En un corte transversal pudo observarse que los frutos tratados mantuvieron mejor su forma (**Figura 4.5 B**). Esto probablemente como consecuencia de una menor deshidratación superficial durante el almacenamiento.

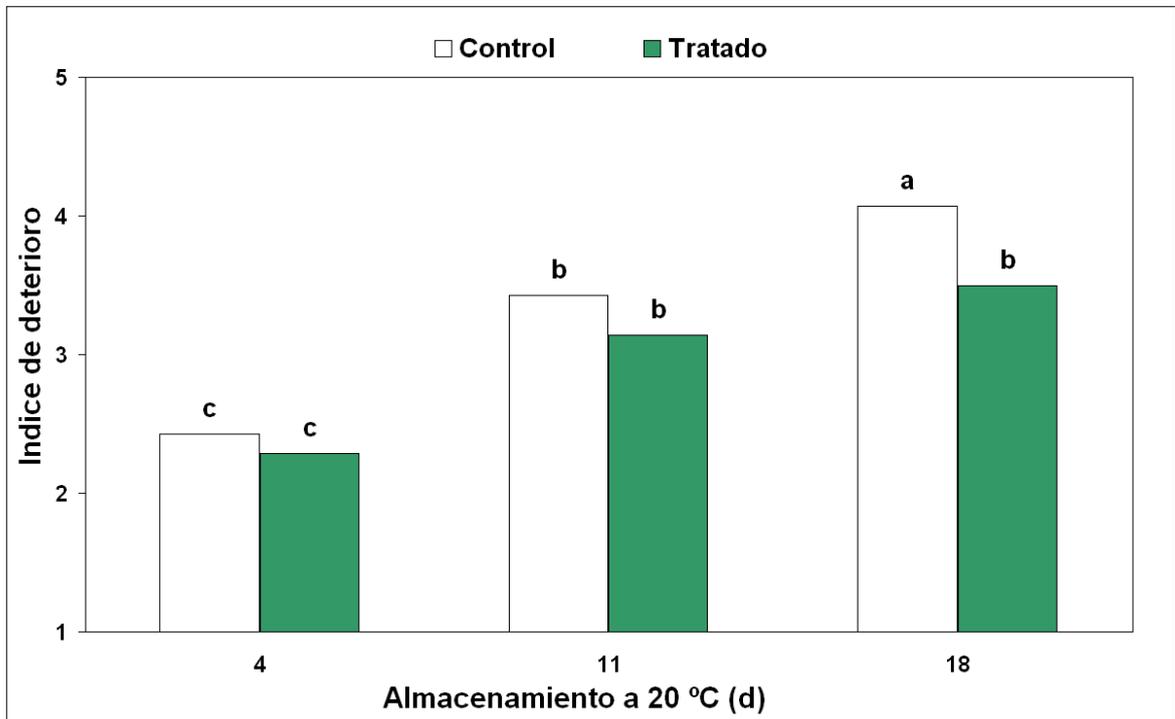


Figura 4.4: Índice de deterioro de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.

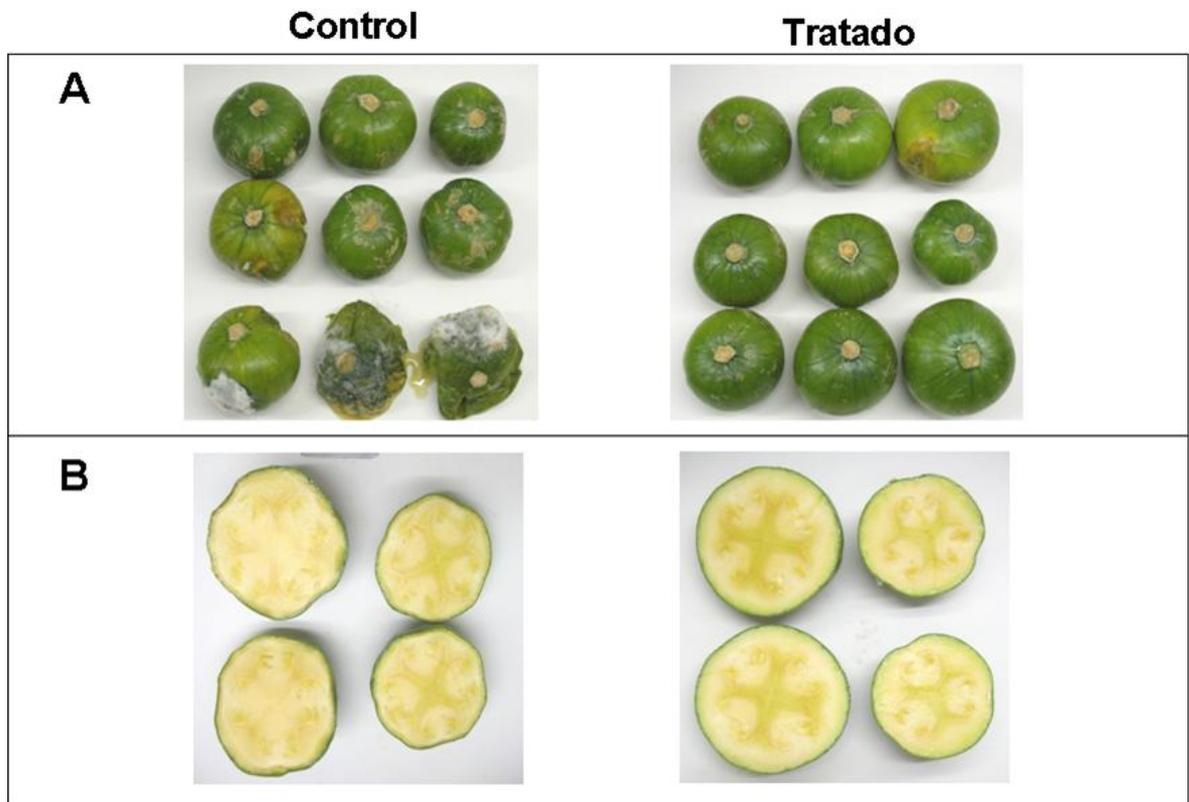


Figura 4.5: Apariencia de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 18 d. A: zapallito entero; B: corte transversal de los mismos

Independientemente de que normalmente la estrategia más común en la poscosecha es la rápida refrigeración (Kader, 2002) varios estudios han mostrado que los tratamientos térmicos con alta temperatura pueden ser en ciertos casos de utilidad como estrategia para el control de enfermedades de poscosecha sin recurrir al empleo de productos químicos (Grondeau y Samson, 1994; Klein y Lurie, 1991; Ben Yehoshua y col., 1987). Pan y col. (2004), mostraron que los tratamientos térmicos con aire caliente a 45 °C en frutilla redujeron la incidencia de *Botrytis cinerea* y el ablandamiento. El efecto sobre el desarrollo microbiano se ha asociado con una inhibición de las esporas de hongos. Por otra parte, se ha descrito en otros estudios que este tipo de metodologías podrían favorecer la acumulación de algunos compuestos con capacidad antimicrobiana (Fallik y col., 1996b; Nafussi y col., 2001). La formación de pliegues en la superficie de los frutos control podría asociarse con una mayor deshidratación de las zonas superficiales como consecuencia del deterioro de los tejidos al avanzar el tiempo de almacenamiento.

4.2.2. Firmeza y distancia de ruptura en ensayos de compresión

En la determinación de firmeza, se utilizó un texturómetro de laboratorio con una sonda plana de 3 mm de diámetro. Se realizó un ensayo de penetración a una velocidad controlada y durante las mediciones se registró la resistencia de los frutos a la penetración en función de la distancia. A continuación, en la **Figura 4.6** se muestran dos curvas típicas para frutos control o tratados térmicamente luego de 18 d de almacenamiento. En las mismas puede apreciarse que la fuerza necesaria para comprimir el fruto comienza a incrementarse hasta alcanzar un valor máximo al momento en que se rompe el pericarpio, para luego continuar penetrando aplicando una menor fuerza hasta alcanzar la distancia de 10 mm seleccionada previamente. En general, cuando el fruto es más turgente o firme, se logra una mayor pendiente inicial de la curva que termina alcanzando el valor máximo de la fuerza aplicada recorriendo una menor distancia (**Figura 4.6 Tratado**). Por el contrario, un tejido más blando requiere la aplicación de una fuerza de menor valor para romper el pericarpio y a su vez que la sonda penetre una mayor distancia ya que el tejido se deforma en mayor medida antes de producirse la ruptura del epidermis (**Figura 4.6 Control**). Es así que para nuestros ensayos informaremos el valor de la fuerza máxima y la distancia a la ruptura, ya que estos parámetros resultaron más representativos de lo observado al tacto. Durante los primeros 11 d de almacenamiento no se observaron cambios en la firmeza respecto al momento de cosecha. De todos modos luego de 18 d se observó que los zapallitos control se ablandaron a diferencia de los sometidos al TAT (**Figura 4.7**). Al final del almacenamiento los zapallitos control tuvieron una fuerza de ruptura promedio de 9,3 N, siendo un valor 30% menor que los tratados térmicamente. Esto está de acuerdo con lo mostrado recientemente, donde el índice de los zapallitos controles determinaba que los mismos ya no eran comercializables a este tiempo de almacenamiento.

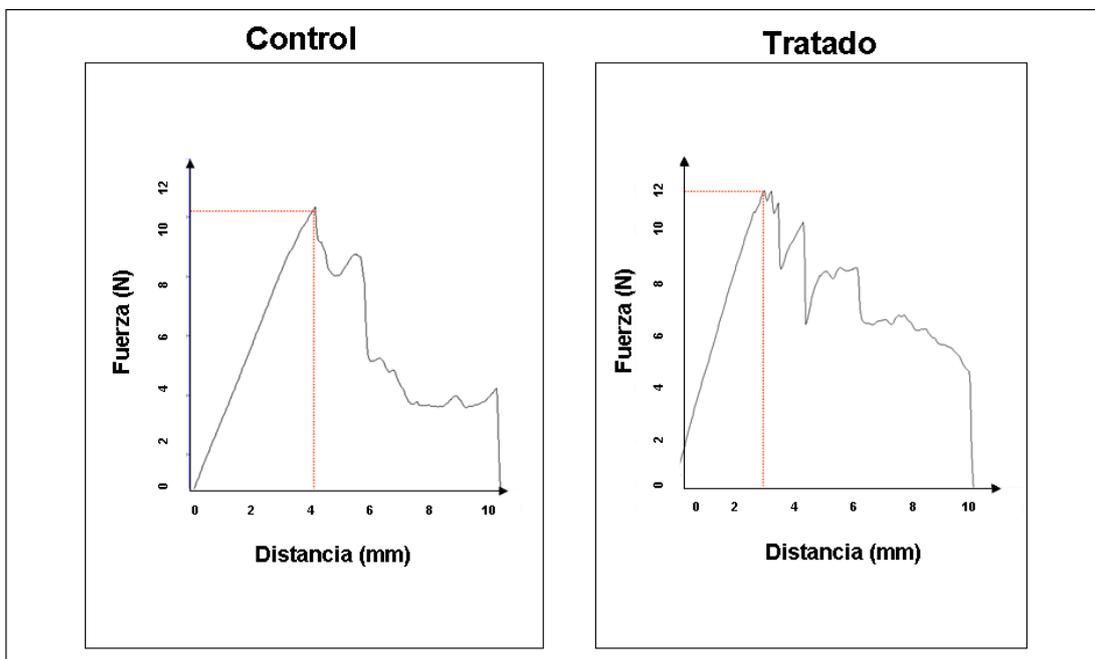


Figura 4.6: Gráficas típicas de fuerza-distancia obtenidas en los ensayos de penetración de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 18 d.

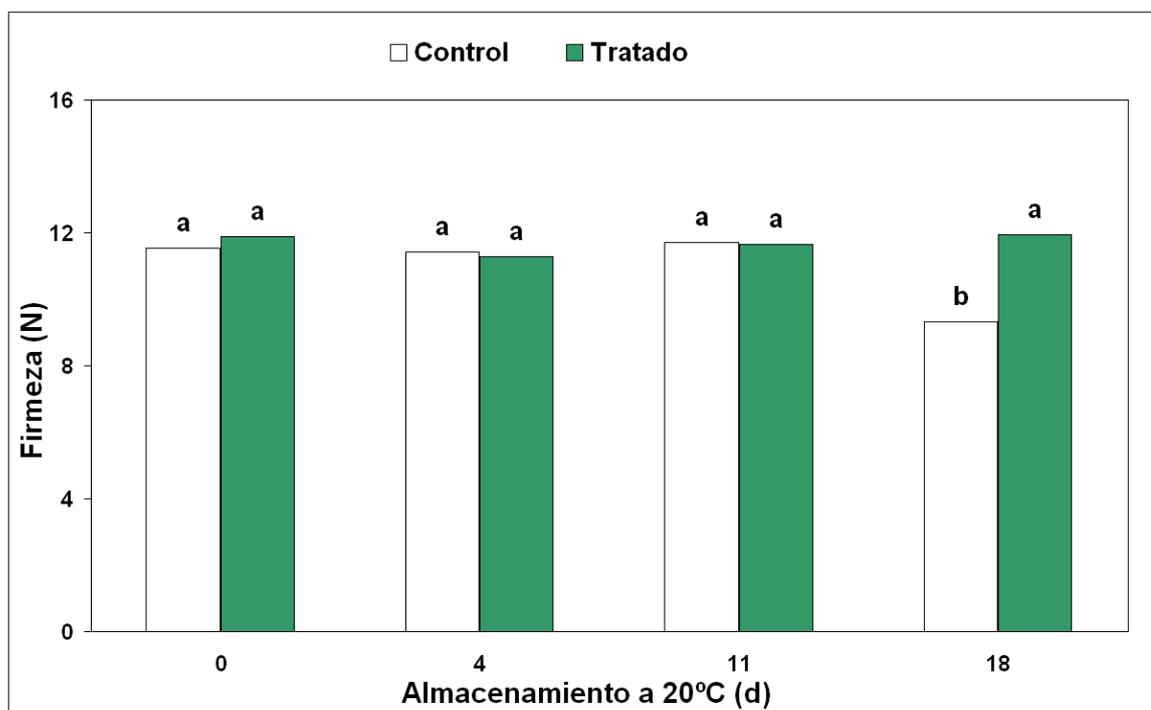


Figura 4.7: Firmeza de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.

La distancia a la ruptura en ensayos de penetración mostró, en general, un incremento durante el almacenamiento tanto para los frutos controles como para los tratados (**Figura 4.8**). Esto indica que los frutos se deforman más fácilmente ante una fuerza externa aplicada en la medida que se acerca la senescencia, denotando una menor turgencia. A los 11 d de almacenamiento los frutos tratados presentaron menores distancias a la ruptura sugiriendo una mejor calidad de los tejidos. Esta diferencia con el control se incrementó aún más luego de 18 d, lo que concuerda con lo observado en el valor de fuerza máxima. Existen estudios que muestran que los TAT pueden disminuir la expresión de genes y enzimas asociados con el proceso de desensamblaje de polisacáridos que forman las paredes (Martínez y Civello, 2008). Si bien la inactivación de enzimas por acción directa del calor es bien conocida, las temperaturas y tiempos utilizados en nuestro trabajo parecen moderados para lograr este efecto. La aplicación de TAT ha mostrado alterar el perfil de proteínas presentes induciéndose aquellos polipéptidos necesarios para responder al estrés ocasionado, en detrimento de otros que normalmente se sintetizan durante la maduración como los involucrados en el ablandamiento. Esto podría estar ocurriendo en los frutos de zapallito tratados pero para confirmarlo resulta necesario realizar los estudios bioquímicos correspondientes.

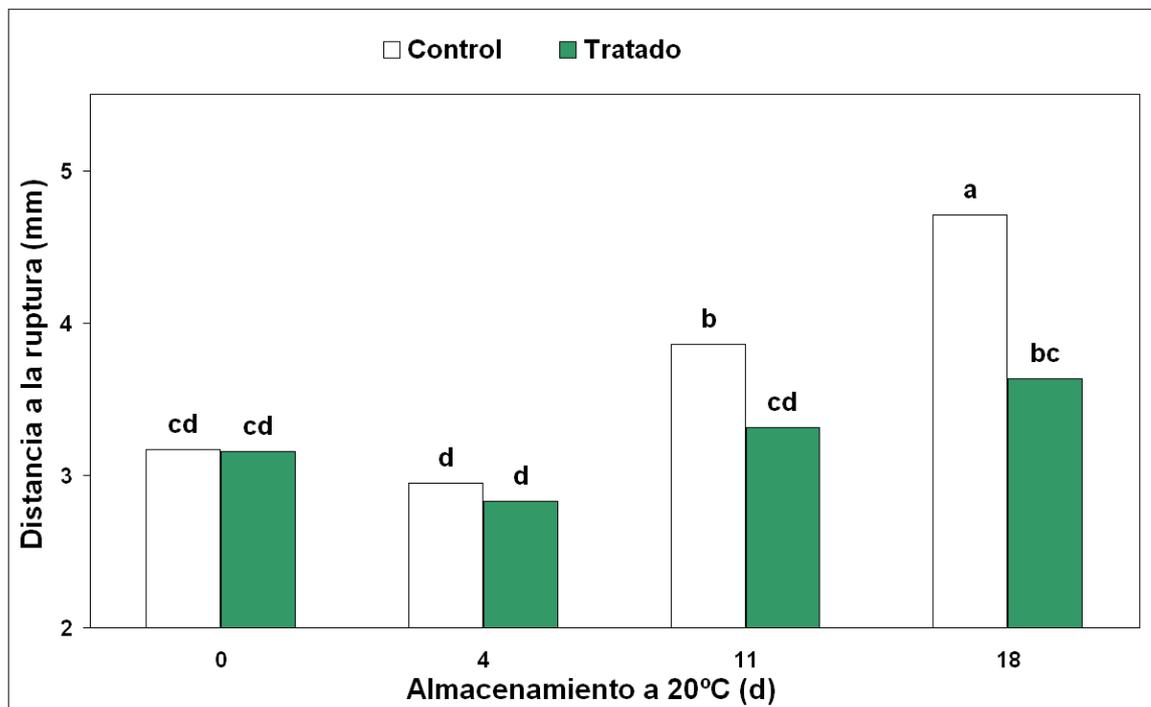


Figura 4.8: Distancia de ruptura en ensayos de compresión de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.

4.2.3. Color superficial y contenido de clorofila

Para la medición de color existen escalas que dan una representación gráfica y numérica y definen una serie de parámetros que los describen. La escala CIE L*, a*, b* es un sistema de coordenadas con tres ejes:

- eje z: L* que representa la luminosidad y varía entre 0 (negro) a 100 (blanco),
- eje x: a* que comprende los colores verdes (valores negativos de a*) a rojos (valores positivos de a*),
- eje y: b* que representa los colores azules (valores negativos de b*) a amarillos (valores positivos de b*).

En el centro se percibe acromatismo (colores grises). La representación polar de dichas coordenadas describe los valores de Chroma ($\sqrt{a^2 + b^2}$) y Hue ($\arctan b/a$) que simbolizan la saturación y tonalidad, respectivamente.

Los cambios en el color superficial de zapallito se centran en el 2° cuadrante, ya que oscilan entre los colores verdes (ángulo Hue de 180°) a amarillos (ángulo Hue de 90°), por lo que este parámetro fue el más representativo de las variaciones de color durante el almacenamiento. Durante los 18 días de almacenamiento tanto los frutos tratados térmicamente como los controles disminuyeron el valor de hue (**Figura 4.9**), indicando una evolución del color propia de la senescencia de estos frutos. Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre control y tratado, en ningún momento del almacenamiento. Es decir, que el tratamiento no tuvo influencia sobre este parámetro. Esto coincide con lo observado en el contenido de clorofila (**Figura 4.10**), pigmento responsable del color verde de los zapallitos: una ligera disminución durante el almacenamiento sin diferencias significativas entre frutos controles y tratados. Algunos estudios previos han mostrado que los tratamientos térmicos en ciertos casos pueden resultar de utilidad para reducir el catabolismo de clorofilas al inactivar enzimas responsables de su degradación (Costa y col., 2005). De todos modos, en dicho trabajo se realizaron tratamientos con aire pero por períodos mucho más prolongados (horas) y en un producto en el que los tejidos verdes poseen una elevada relación superficie:volumen como brócoli. En ese sentido es probable que los tratamientos desarrollados en los zapallitos no fueran suficientes para lograr un efecto beneficioso en la retención de color de cosecha.

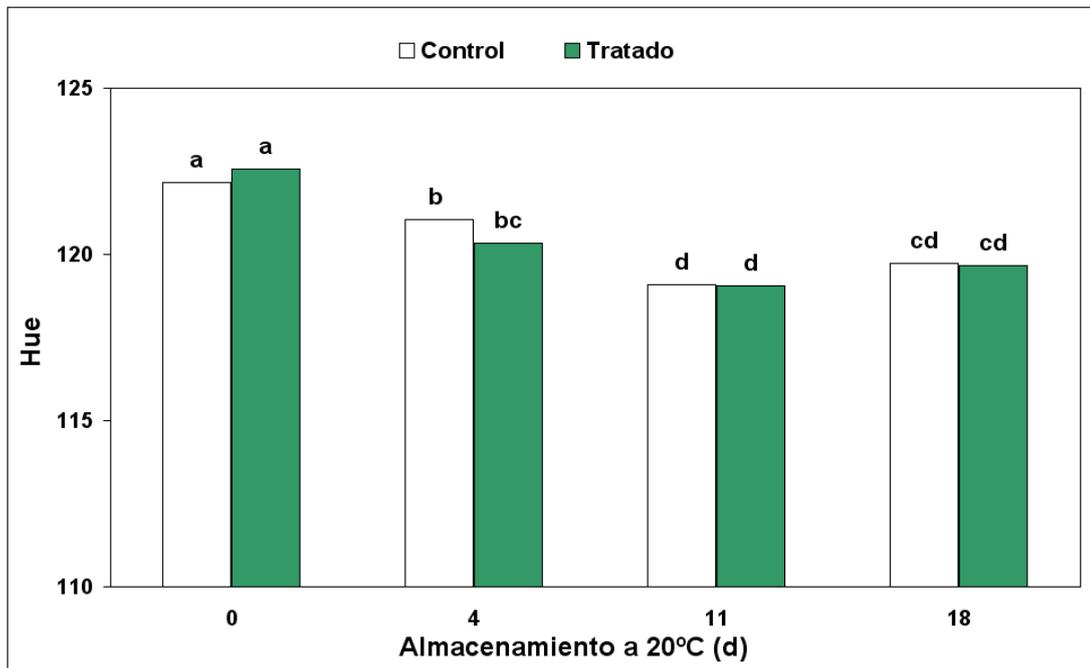


Figura 4.9: Tono de color superficial (hue) en zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.

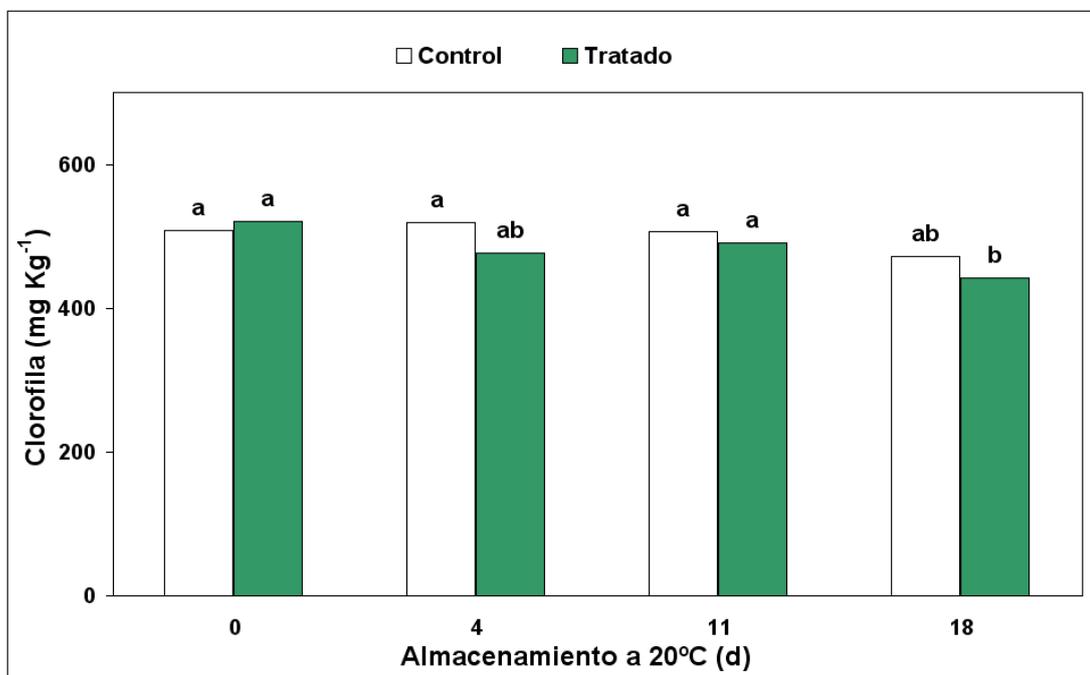


Figura 4.10: Contenido de clorofila en zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.

4.2.4. Actividad respiratoria y pérdida de peso

Dado que los zapallitos son frutos no climatéricos sería esperable una reducción o bien una variación pequeña de la respiración durante el almacenamiento poscosecha. Es así que en este trabajo se observó que la actividad respiratoria de los zapallitos disminuyó durante el almacenamiento (**Figura 4.11**), desde un valor de 23,7 a 8,8 mL kg⁻¹ h⁻¹ y de 25,0 a 10,9 mL kg⁻¹ h⁻¹ en frutos tratados y controles, respectivamente. Si bien en algunos días del almacenamiento no se visualizaron diferencias significativas, en general los frutos tratados mostraron valores algo inferiores que los controles, en especial a los 11 d.

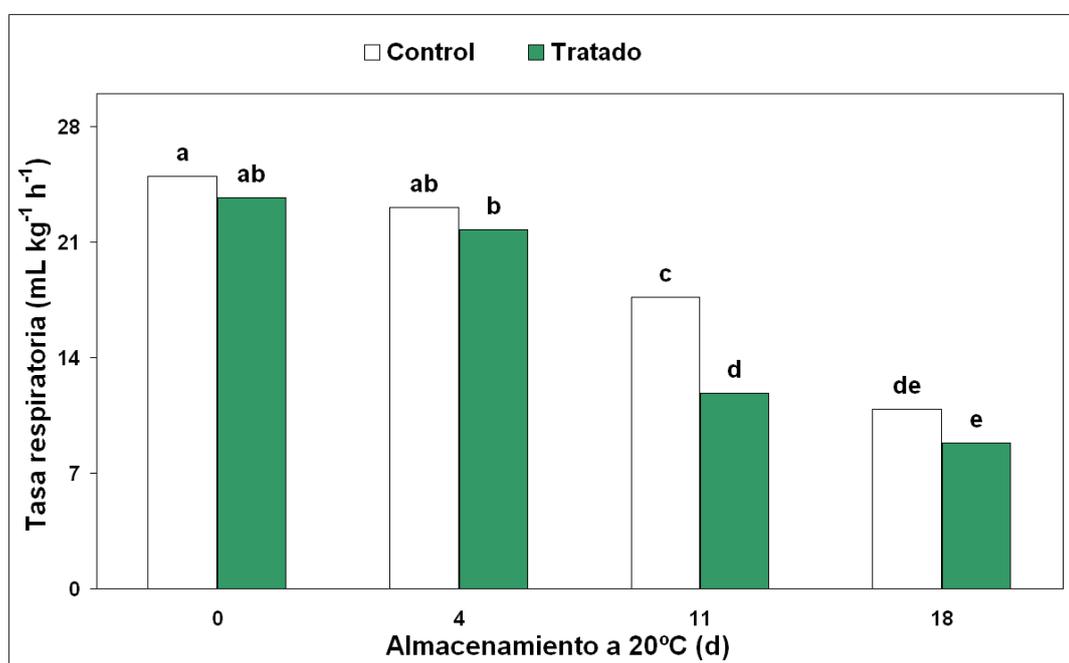


Figura 4.11: Tasa respiratoria de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.

El porcentaje de pérdida de peso aumentó durante la vida poscosecha de los zapallitos (**Figura 4.12**). A los 11 d los frutos tratados mostraron una pérdida de peso algo mayor, pero esta diferencia desaparece al final del almacenamiento.

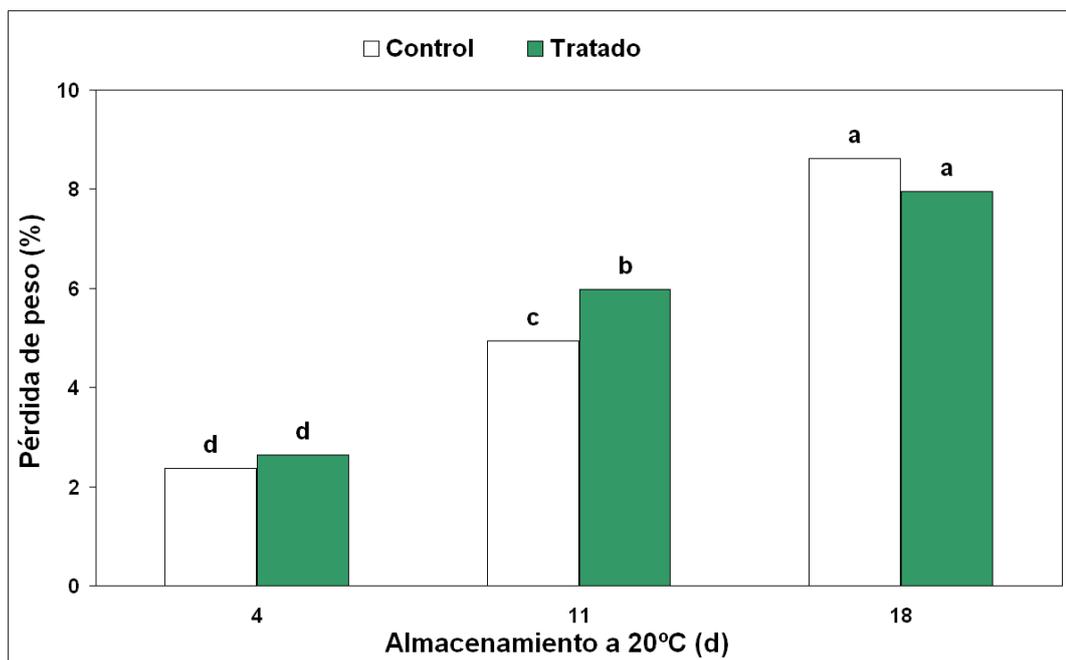


Figura 4.12: Pérdida de peso de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.

4.2.5. Acidez y azúcares

En la evaluación de la acidez titulable (**Figura 4.13**) se observó un incremento paulatino durante los 18 días de almacenamiento a 20 °C. Los zapallitos tratados térmicamente mostraron una mayor acidez que los zapallitos controles a todos los tiempos de almacenamiento analizados.

Para la determinación de azúcares totales se utilizó el método de la antrona (Yemm y Willis, 1954). El fundamento de esta técnica consiste en que los ácidos concentrados originan una deshidratación de los monosacáridos para formar furfurales que se combinan luego con antrona para dar un complejo de color azul-verdoso a 620 nm. En la **Figura 4.14** se muestra la curva de calibración realizada con glucosa, a fin de verificar el cumplimiento de la ley de Lambert-Beer. El ajuste lineal obtenido fue bueno ($R^2 = 0,99$) por lo que se pudo proceder a cuantificar las muestras de los frutos. El contenido de azúcares de los zapallitos fue cercano al 2% y no mostró grandes variaciones durante el período de almacenamiento en los frutos control ni en los tratados (**Figura 4.15**).

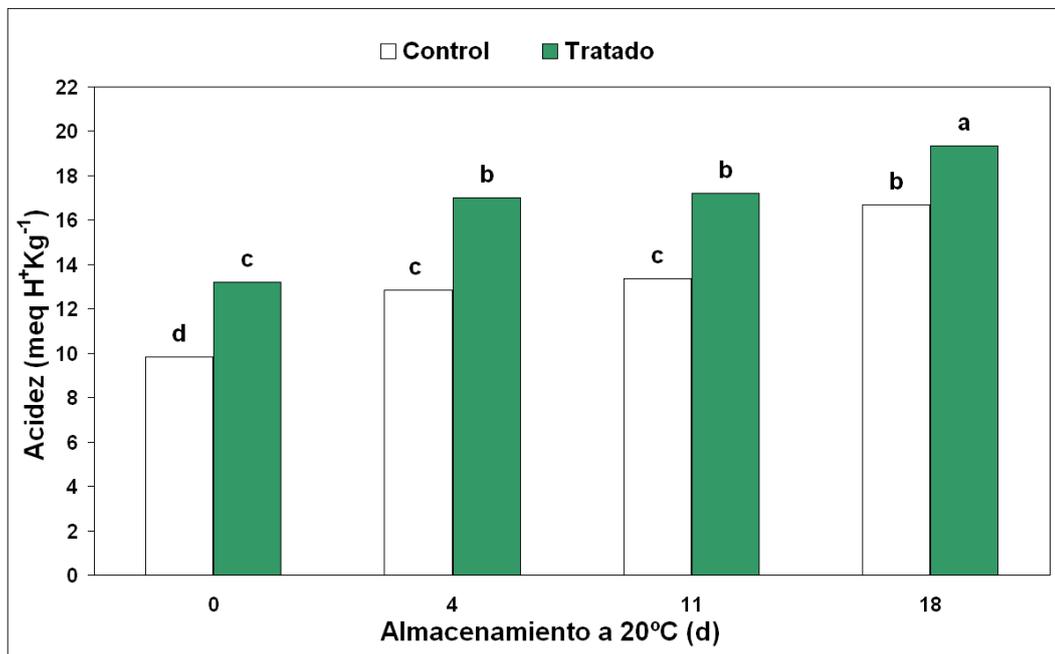


Figura 4.13: Acidez de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.

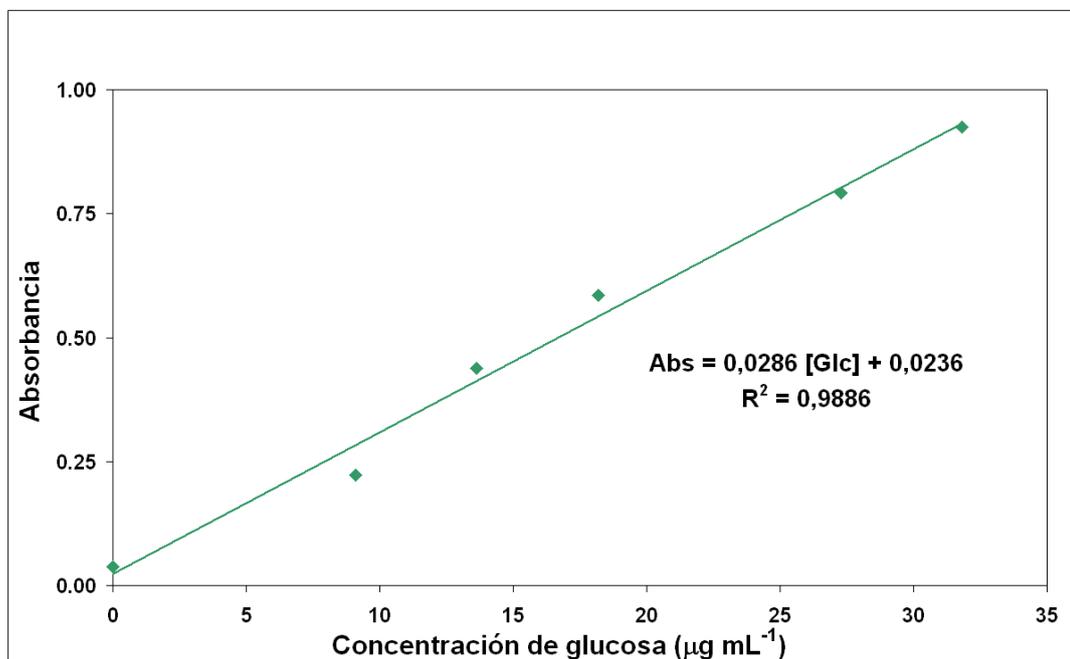


Figura 4.14: Curva de calibración efectuada con glucosa para determinación de azúcares totales por el método de antrona.

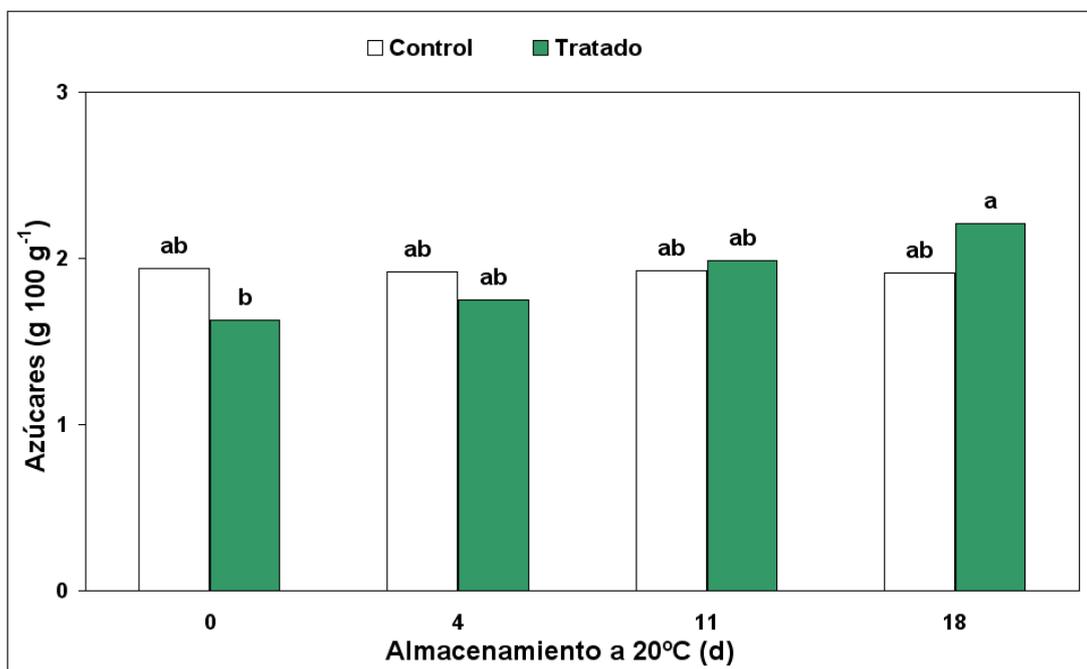


Figura 4.15: Contenido de azúcares en zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.

4.2.6. Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante

Los compuestos fenólicos son un grupo de sustancias que poseen anillos aromáticos y grupos –OH ligados, capaces de captar radicales libres formando estructuras estables. De allí su importancia como compuestos antioxidantes presentes en los alimentos. El método usado para determinar y cuantificar fenoles totales es el de Folin-Ciocalteu. Este método se basa en la capacidad de los fenoles para reaccionar con agentes oxidantes. El reactivo de Folin-Ciocalteu contiene molibdato y tungstato sódico, que reaccionan con antioxidantes de naturaleza fenólica. A pH básico los fenoles reducen a los complejos fosfomolibdico-fosfotúngstico en óxidos de color azul intenso. Bajo condiciones apropiadas (bajas concentraciones) la absorbancia de estas soluciones es proporcional a la concentración de compuestos fenólicos en las muestras. Las **Figuras 4.16** y **4.17** muestran la curva de calibración y las mediciones de fenoles de los frutos tratados y controles, respectivamente. Se empleó el ácido clorogénico como compuesto fenólico representativo para confeccionar la curva de calibración. En los días 0 y 4 se observaron diferencias entre frutos tratados y controles, no así para los días 11 y 18. Los zapallitos tratados no mostraron variación durante el almacenamiento, en cambio para los frutos controles disminuyó el contenidos de fenoles.

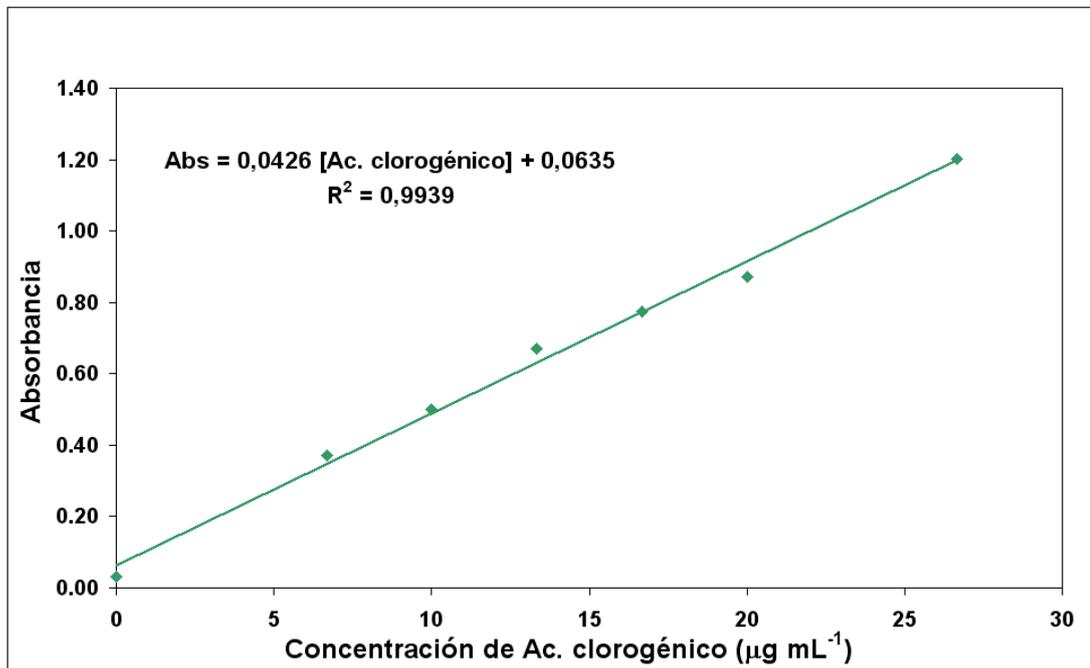


Figura 4.16: Curva de calibración para determinación de fenoles totales utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu

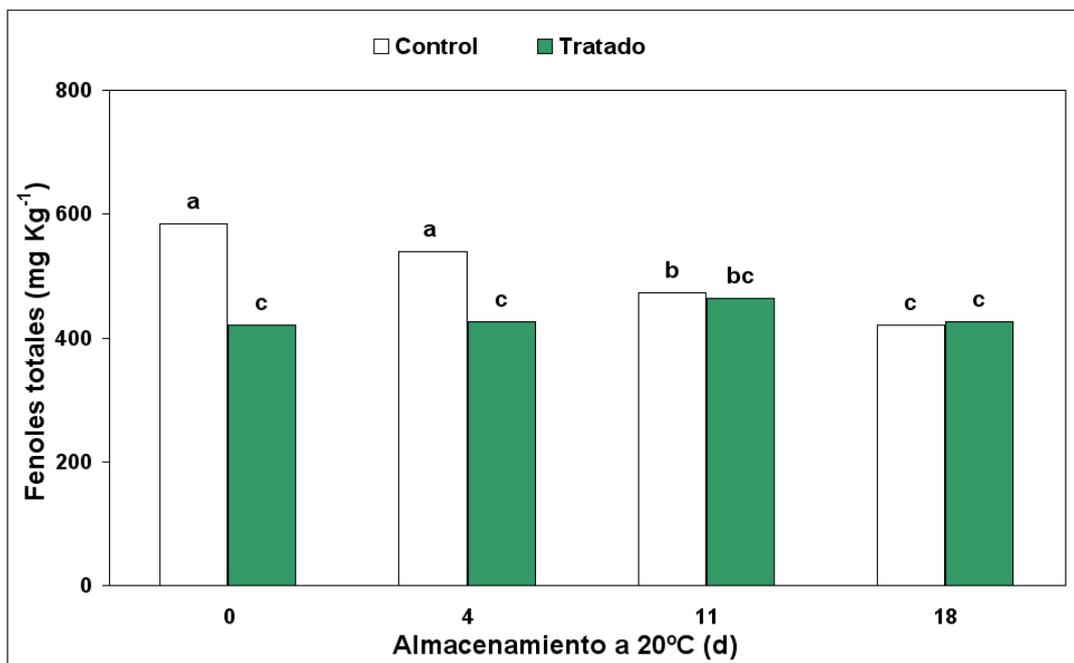


Figura 4.17: Fenoles totales en zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.

La capacidad antioxidante se evaluó por el método de ABTS^{•+}, que se fundamenta en la decoloración del catión-radical 2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolino-6-sulfonato (ABTS^{•+}). El radical

se genera por adición de un agente oxidante $K_2S_2O_8$. Este radical presenta un máximo de absorción espectrofotométrica a los 734 nm. En presencia de un antioxidante se produce una decoloración del compuesto y por lo tanto la disminución de la absorbancia. Se efectuó una curva de calibración con Trolox, un antioxidante típico (**Figura 4.18**). Durante el almacenamiento los zapallitos controles mantuvieron una capacidad antioxidante constante (**Figura 4.19**). En cambio, a los 4, 11 y 18 d los frutos tratados mostraron una mayor capacidad antioxidante que los controles. El aumento de la capacidad resulta interesante por varios motivos; en primer término desde el punto de vista nutricional, ya que estos componentes son uno de los aportes más importantes de las frutas y hortalizas (Kader, 2003 y 2005) y se ha remarcado en numerosas oportunidades su importancia en la prevención de ciertas enfermedades crónicas y degenerativas. Por otra parte, la senescencia involucra la producción exacerbada de especies reactivas del oxígeno (EROs) y el incremento observado en los antioxidantes como consecuencia de los TAT podría ayudar a contrarrestar el efecto nocivo de las EROs y por tanto contribuir al mejor comportamiento observado durante la poscosecha de los frutos. De todos modos esto requeriría más estudios. Los principales antioxidantes hidrosolubles en frutos son el ácido ascórbico (AsA) y los compuestos fenólicos. En base a ello, la tendencia de los resultados hallados para los compuestos fenólicos (**Figura 4.17**) no se correlacionan con los correspondientes valores de capacidad antioxidante. Esto sugeriría que el incremento de la capacidad antioxidante de los zapallitos tratados podría deberse a un aumento en el contenido de AsA en los frutos, pero para comprobar dicha hipótesis es necesario realizar la medición de este metabolito en forma directa.

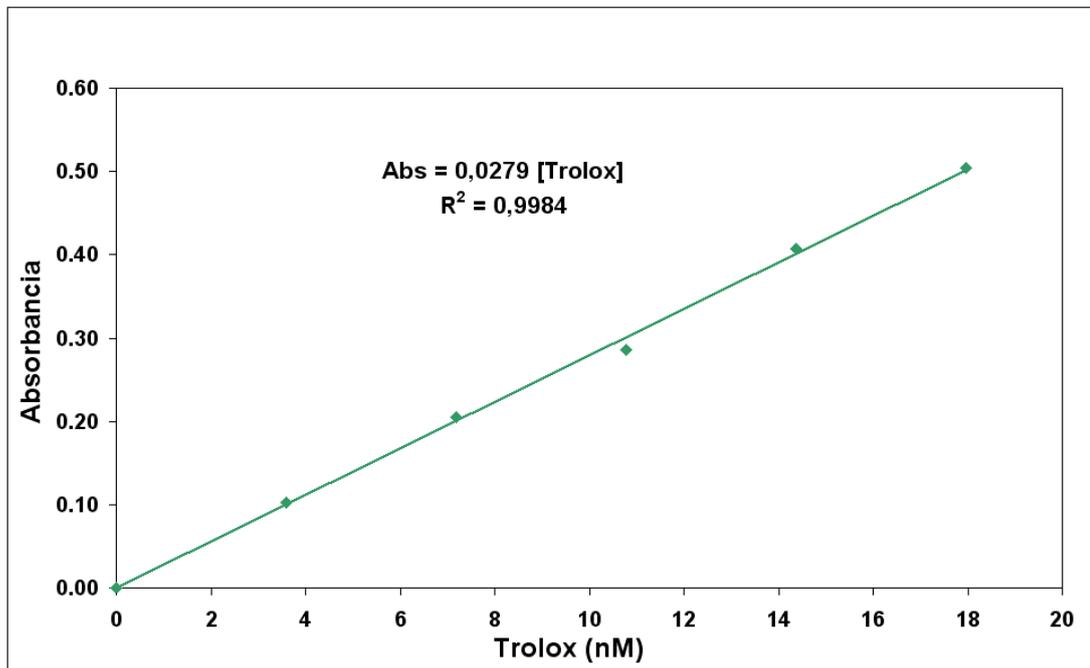


Figura 4.18: Curva de calibración para determinación de antioxidantes por el método del radical ABTS^{•+}.

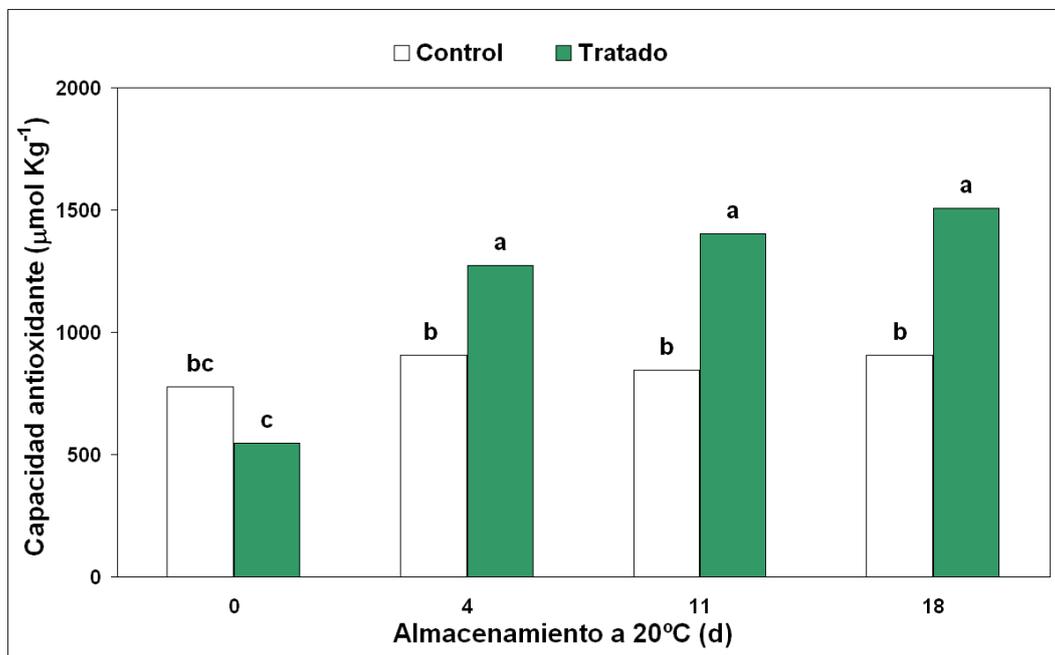


Figura 4.19: Antioxidantes en zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 20 °C por 4, 11 ó 18 d. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.

4.3. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL DETERIORO DE FRUTOS ALMACENADOS A 0 °C.

4.3.1. Índice de deterioro

Para analizar si el tratamiento térmico lograba algún efecto sobre el daño por frío, se realizó un nuevo ensayo donde la temperatura del almacenamiento fue de 0°C y la del tratamiento térmico fue la misma de los ensayos anteriores (44 °C por 3 min). Se evaluó durante 5, 9, 12 y 16 días el efecto del TAT previo al almacenamiento sobre la calidad de los frutos en comparación con el control no tratado. Luego del día 16 se los transfirió 3 d a 20 °C (16 + 3) para simular un período de comercialización y en el que se resalte con mayor claridad el deterioro ocasionado por la baja temperatura de almacenamiento. Bajo el mismo criterio mencionado en la sección 3.1.2, se calculó un índice de deterioro durante este período.

Durante el almacenamiento el índice de deterioro se incrementó tanto en los frutos control como en los tratados, sin mostrar diferencias significativas entre ellos luego de 5, 9, 12 y 16 d (**Figura 4.20**). Las diferencias se dieron luego de la transferencia a 20 °C por 3 d (16 + 3 d), donde el 63% de los zapallitos tratados todavía se encontraban en condición de ser comercializados mientras que en los frutos control solamente un 33% podía alcanzar el mercado y ser comercializado.

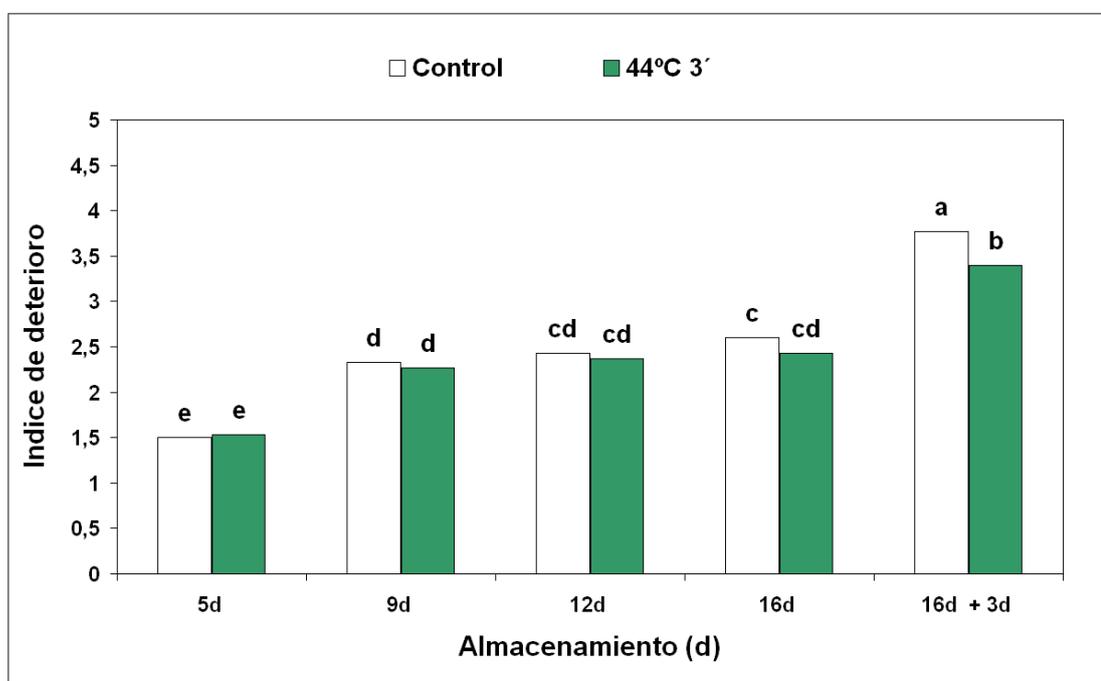


Figura 4.20: Índice de deterioro de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 0 °C por 5, 9, 12 y 16 d y luego 3 d a 20 °C. Las letras distintas indican diferencias significativas en un test de LSD a un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.

Los principales efectos observados durante el almacenamiento se centraron en una evolución del picado superficial (síntoma de daño por frío) tanto a los 16 d como al ser transferidos 3 d a 20 °C (**Figura 4.21**). En la epidermis y sobre estas lesiones se observó desarrollo fúngico. Los zapallitos tratados mostraron menor picado superficial, denotando un retraso del daño por frío, y también un menor desarrollo fúngico.



Figura 4.21: Apariencia de zapallitos control y tratados térmicamente (44 °C, 3 min) almacenados a 0 °C por 16d y 3d a 20°C.

El estrés ocasionado por las altas temperaturas puede preparar al tejido para enfrentarse a un estrés posterior dado por las bajas temperaturas (Lurie, 1998). Salveit (1991) encontró que la aplicación de TAT redujo la sensibilidad al frío en pepino. En el caso de tomates la aplicación de TAT por 2-3 d a 30°C, permitió que los frutos puedan almacenarse hasta 2 meses a 2°C sin sufrir daño por frío (Lurie y Klein, 1991; Lurie y Sabehat, 1997). Esta respuesta ha sido encontrada en numerosos productos que sufren daño por frío incluyendo palta (Woolf y col., 1995), cítricos (Rodov y col., 1995), pepino (McCollum y col., 1995), mango (McCollum y col., 1993), pimiento (Mencarelli y col., 1993), caqui (Burmeister y col., 1997; Lay-Yee y col., 1997) zucchini (Wang, 1997) y otros. No obstante, las respuestas suelen depender del cultivar analizado.

5. CONCLUSIONES

La realización del presente trabajo de tesis permitió indagar sobre la temática de tratamientos térmicos de alta temperatura (TAT), como una tecnología alternativa a la utilización de químicos. En particular, permitió seleccionar un tratamiento térmico de inmersión en agua adecuado para zapallito (44 °C, 3 min) entre varias combinaciones de tiempo y temperatura aplicados. Posteriormente se evaluó el efecto de dichos tratamientos sobre la calidad y vida postcosecha de un fruto relativamente perecedero como lo es el zapallito de tronco (*Cucurbita maxima*).

Durante el almacenamiento a 20 °C los tratamientos de 44 °C por 3 min, redujeron significativamente el ataque de patógenos, logrando un menor deterioro. Si bien la senescencia de estos productos está asociada a un ablandamiento y pérdida del color verde, en los ensayos realizados aquí solo se observó un avance del ablandamiento mucho menos marcado en los zapallitos tratados térmicamente, y sin variación apreciable en los parámetros de color y contenido de clorofilas.

Por otro lado, el TAT aplicado también logró una ligera disminución en la actividad respiratoria y pérdida de peso de los zapallitos sin alterar en gran medida la acidez y el contenido de azúcares.

Un aspecto relevante dentro de los resultados hallados fue que los frutos tratados alcanzaron una mayor capacidad antioxidante que los controles, y al parecer dicha capacidad no residiría únicamente en los compuestos fenólicos ya que no se halló una correlación directa entre ellos. Desde el punto de vista nutricional este aumento de la capacidad antioxidante resulta interesante, ya que este aspecto es uno de los aportes más importantes de las frutas y hortalizas y se ha remarcado su importancia en la prevención de ciertas enfermedades crónicas y degenerativas.

Se analizó además el efecto de los TAT sobre la incidencia o severidad del daño por frío. Los zapallitos tratados lograron una mejor calidad luego de 16 d a 0 °C y 3 d 20 °C que los frutos controles, debido a que presentaron no sólo un menor ataque de patógenos sino también un menor deterioro asociado al desarrollo de picado superficial sugiriendo un menor daño.

6. REFERENCIAS

- Adams, P., 2002. Nutritional control in hydroponics. In: Savvas, D., Passam, H.C. (Eds.), Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 211–261.
- Ainsworth, C. 2000. Boys and girls come out to play: The Molecular Biology of Dioecious Plants. *Ann Bot.* 86, 211-221.
- AOAC. 1980. Methods of Analysis, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Armstrong, J.W., Hansen, J.D., Hu, B.K.S. y Brown, S.A., 1989. High-temperature, forced-air quarantine treatment for papaya infested with Tephritid fruit flies (*Diptera: Tephritidae*). *J. Econ. Entomol.* 82, 1667-1674.
- Arnao, M. B., Cano, A., Alcolea, J. F. y Acosta, M. (2001), Estimation of free radical-quenching activity of leaf pigment extracts. *Phytochemical Analysis*, 12, 138–143.
- Astorquizaga, R.E, 2009. Cultivo de zapallo (*Cucurbita* sp) en el Noroeste de Chubut. Carpeta Técnica, Agricultura N° 15, Agosto 2009. EEA INTA Esquel.
- Baker, A.G., 1952. The vapor-heat process. U.S. Dept. Agric. Yearbook, U.S. Govt. Printing Office, Wash., DC.
- Ben-Yehoshua, S.B., Shapiro, S.B. y Moran, R. 1987. Individual seal packaging enables the use of curing at high temperatures to reduce decay and heat injury of citrus fruit. *HortScience* 22, 777-783.
- Biggs, M.S., Woodson, W.R. y Handa, A.K., 1988. Biochemical basis of high-temperature inhibition of ethylene biosynthesis in ripening tomato fruits. *Physiol. Plant.* 72, 572-578.
- Burmeister, D.M., Ball, S., Green, S. y Woolf, A.B., 1997. Interaction of hot water treatments and controlled atmosphere storage on quality of “Fuyu” persimmons. *Postharvest Biol. Technol.* 12, 71-81.
- CHFBA. 2005. Censo Hortiflorícola de la Provincia de Buenos Aires. Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires.
- Civello P.M., Martínez, G.A., Chaves, A.R. y Añón, M.C., 1997. Heat treatments delay ripening and postharvest decay of strawberry fruit. *J. Agric. Food Chem.* 45, 4589-4594.
- Costa, M.L., Civello, P.M., Chaves, A.R. y Martínez, G.A. 2005. Effect of hot air treatments on senescence and quality parameters of harvested broccoli (*Brassica oleracea* L. var *italica*) heads. *J. Sci. Food Agric.* 85, 1154–1160.
- De Grazia, J., Tittonell J.A., Per-Niola, O.C., Caruso, A. y Chiesa, A. 2003. Precocidad y rendimiento en zapallito redondo de tronco [*Cucurbita maxima* var. zapallito (Carr.) Millán] en función de la relación nitrógeno: potasio]. *Agric. Técn.* 63, 428-435.
- Fallik, E., Klein, J.D., Grinberg, S., Lomaniec, E., Lurie, S. y Lalazar, A., 1993. Effect of postharvest heat treatment of tomatoes on fruit ripening and decay caused by *Botrytis cinerea*. *Plant Dis.* 77, 985-988

- Fallik, E., Aharoni, Y., Yekutieli, O., Wiseblum, A., Regev, R., Beres, H. y Bar Lev, E., 1996a. A method for simultaneously cleaning and disinfecting agricultural produce. *Israel Patent Application* No. 116965.
- Fallik, E., Grinberg, S., Alkalai, S. y Lurie, S., 1996b. The effectiveness of postharvest hot water dips on the control of gray and black moulds in sweet red pepper (*Capsicum annuum*). *Plant Pathol.* 45, 644-649.
- Fallik, E., Grinberg, S., Gambourg, M., Klein, J.D. y Lurie, S., 1996c. Prestorage heat treatment reduces pathogenicity of *Penicillium expansum* in apple fruit. *Plant Pathol.* 45, 92-97.
- Fallik, E., 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). *Postharvest Biol. Technol.* 32, 125-134.
- FAOSTAT. 2011. En: <http://faostat.fao.org/default.aspx> Visitado 2011.
- Free, J.B. 1992. *Insect pollination of crops*. Academic Press, London, England.
- Grondeau, C. y Samson, R., 1994. A review of thermotherapy to free plant materials from pathogens: especially seeds from bacteria. *Crit. Rev. Plant Sci.* 13, 57-75.
- Hardenburg, R., Watada, A. y Wang, C. 1986. The commercial storage of fruits vegetables and florist and nursery stocks. USDA Agricultural Handbook No66. Dep. Agric., Washington, DC., Pág. 130.
- Hawkins, L.A., 1932. Sterilization of citrus fruit by heat. *Citriculture* 9, 21-22.
- Huelin, F.E. y Coggiola, J.M., 1970. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. VII. Effect of applied -farnesene, temperature and diphenylamine on scald and the concentration and oxidation of farnesene in the fruit. *J. Sci. Food Agric.* 21, 584-589.
- Hurr, B.M., Huber, D.J., Vallejos, E. y Talcott, S.T. 2009. Developmentally dependent responses of detached cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruit to exogenous ethylene. *Postharvest Biol. Technol.* 52, 207-215.
- Ilić, Z. S., Trajković, R., Pavlović, R., Alkalai-Tuvia, S., Perzelan, Y. y Fallik, E. 2011. Effect of heat treatment and individual shrink packaging on quality and nutritional value of bell pepper stored at suboptimal temperature. *International Journal of Food Science & Technology*. doi: 10.1111/j.1365-2621.2011.02810.x (en prensa).
- Iwahori, S., Lyons, J.M. y Smith O.E. 1970. Sex expression in cucumber plants as affected by 2-chloroethylphosphonic acid, ethylene, and growth regulators. *Plant Physiol.* 46, 412-415.
- Kader, AA. 2003. A perspective on postharvest horticulture (1978-2003). *HortScience* 38, 1004-1008.
- Kader, A.A. 2005. Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce. Proc. 5th Int. Postharvest Symp. Eds. F. Mencarelli and P. Tonutti. *Acta Hort.* 682, 2169-2176.

- Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops, third edition. University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, 535 pp.
- Kang, H.M., Park, K.W. y Saltveit, M.E. 2002. Elevated growing temperatures during the day improve the postharvest chilling tolerance of greenhouse-grown cucumber (*Cucumis sativus*) fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 24, 49–57.
- Klein, J.D., Lurie, S. y Ben-Arie, R., 1990. Quality and cell wall components of “Anna” and “Granny Smith” apples treated with heat, calcium and ethylene. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 115, 954-958.
- Klein, J.D. y Lurie, S. 1991. Post-harvest heat treatment and fruit quality. *Posth. News & Info.* 2, 15-19.
- Klein, J.D., Conway, W.S., Whitaker, B.D. y Sams, C.E., 1997. Botrytis cinerea decay in apples is inhibited by postharvest heat and calcium treatments. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 122, 91-94.
- Lay-Yee, M., Ball, S., Forbes, S.K. y Woolf, A.B., 1997. Hot water treatment for insect disinfestation and reduction of chilling sensitivity of ‘Fuyu’ persimmon. *Postharv. Biol. Technol.* 10, 81-89.
- Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods Enzymol.* 148, 350-382.
- Lurie, S. y Klein, J.D., 1991. Acquisition of low temperature tolerance in tomatoes by exposure to high temperature stress. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 116, 1007-1012.
- Lurie, S., Othman, S. y Borochoy, A., 1995. Effects of heat treatment on plasma membrane of apple fruit. *Postharv. Biol. Technol.* 5, 29-38.
- Lurie, S. y Sabehat, A., 1997. Prestorage temperature manipulations to reduce chilling injury in tomatoes. *Postharv. Biol. Technol.* 11, 57-62.
- Lurie, S., 1998. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 14, 257-269.
- Lyons, J.M., 1973. Chilling injury in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 24, 445-466.
- Martínez, G.A. y Civello, P.M. 2008. Effect of heat treatments on gene expression and enzyme activities associated to cell wall degradation in strawberry fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 49, 38–45.
- Massolo, J.F., Concellón, A., Chaves, A.R. y Vicente, A.R. 2011. Uso de 1-metilciclopropeno (1-MCP) como complemento a la refrigeración en el manejo poscosecha de zapallito. *Actas del Congreso Argentino de Horticultura.* Pág. 508.
- Maxie, E., Mitchell, G., Sommer, N., Snyder, G. y Rae, H., 1974. Effect of elevated temperature on ripening of “Bartlett pear. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 99, 344-349.
- McCollum, T.G., D’Aquino, S. y McDonald, R.E., 1993. Heat treatment inhibits mango chilling injury. *HortScience* 28, 197-198.
- McCollum, G., Doostdar, H., Mayer, R. y McDonald, R., 1995. Immersion of cucumber in heated water alters chilling-induced physiological changes. *Postharv. Biol. Technol.* 6, 55-64.

- Mencarelli, F., Lipton, W.J. y Peterson, S.J. 1983. Response of 'zucchini' squash to storage in low-O₂ atmospheres at chilling and non-chilling temperatures. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 108, 884-890.
- Mencarelli, F., B., Ceccantoni, A. y Bolini Anelli, G., 1993. Influence of heat treatment on the physiological response of sweet pepper kept at chilling temperature. *Acta Hort.* 343, 238-243.
- Nafussi, B., Ben-Yehoshua, S., Rodov, V., Peretz, J., Ozer, B.K. y D'hallewin, G. 2001. Mode of action of hot-water dip in reducing decay of lemon fruit. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 107–113
- Nepi, M. y Pacini, E. 1993. Pollination, pollen viability and pistil receptivity in *Cucurbita pepo*. *Ann. Bot.* 72, 527-536.
- Pan, J., Vicente, A.R., Martínez, G.A., Chaves, A.R. y Civello, P.M., 2004. Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. *J. Sci. Food Agric.* 84, 1831-1838.
- Paris, H.S. 1996. Summer squash: history, diversity, and distribution. *HortTechnol.* 6, 6-13.
- Porrit, S.W. y Lidster, P.D., 1978. The effect of prestorage heating on ripening and senescence of apples during cold storage. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 103, 584-587.
- Prusky, D., Fuchs, Y., Kobilier, I., Roth, I., Weksler, I., Shalom, Y., Fallik, E., Zauberman, G., Pesis, E., Akerman, E., Ykutiely, O., Weisblum, A., Regev, R. y Artes, L., 1999. Effect of hot water brushing, prochloraz treatment and waxing on incidence of black spot decay caused by *Alternaria alternata* in mango fruits. *Postharv. Biol. Technol.* 15, 165-174.
- Rodov, V., Ben-Yehoshua, S., Albagli, R. y Fang, D.Q., 1995. Reducing chilling injury and decay of stored citrus fruit by hot water dips. *Postharv. Biol. Technol.* 5, 119-127.
- Roorda van Eysinga, J.P.N.L. 1984. Nitrate in vegetables under protected cultivation. *Acta Hort.* 145, 251-156.
- Rouphael, Y. y Colla, G. 2005. Growth, yield, fruit quality and nutrient uptake of hydroponically cultivated zucchini squash as affected by irrigation systems and growing seasons. *Scientia Hort.* 105,177–195.
- Ryall, A.L. y Lipton, W.J. 1979. Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Vol. 1. Vegetables and melons. AVI, Westport CT
- Salunkhe, D.K. y Desai, B.B. 1984. Postharvest Biotechnology of vegetables. Ed. Boca Raton. CRC Press.
- Saltveit, M.E., 1991. Prior temperature exposure affects subsequent chilling sensitivity. *Physiol. Plant.* 82, 529-536.
- Saltveit, M.E., 2000. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shocks. *Postharvest Biol. Technol.* 21, 61-69.
- Singleton, V.L., Orthofer R y Lamuela-Raventos RM. 1999. Análisis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. *Meth. Enzymol.* 299, 152–153.

- Suslow, T.V., Cantwell, M. 2011. Summer squash recommendations for maintaining postharvest quality En: <http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/Squash/>. Visitado 2011
- USDA. 2011. USDA National nutritional database for standard reference. En: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>
- Vicente, A.R., Martínez, G.A., Chaves, A.R. y Civello, P.M. 2002. Quality of heat-treated strawberry fruit during refrigerated storage. *Postharvest Biol. Technol.* 25, 59–71.
- Walker, R. 1990. Nitrates, nitrites and N-nitroso compounds: a review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food Add. Cont.* 7, 717–768.
- Wang, C.Y. y Qi, L. 1997. Modified atmosphere packaging alleviates chilling injury in cucumbers. *Postharvest Biol. Technol.* 10, 195–200.
- Watada, A.E., Herner, R.C., Kader, A.A., Romani, R.J. y Staby, G.L. 1984. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. *HortScience* 19, 20–21.
- Whitaker, B.D., Klein, J.D., Conway, W.S. y Sams, C.E., 1997. Influence of prestorage heat and calcium treatments on lipid metabolism in 'Golden Delicious' apples. *Phytochemistry* 45, 465-472.
- Wien, H.C., 1997. The cucurbits: cucumber, melon, squash and pumpkin. In: Wien, H.C. (Ed.), *The Physiology of Vegetable Crops*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 345–386.
- Woolf, A.B., MacRae, E.A., Spooner, K.J. y Redgwell, R.J., 1997. Changes to physical properties of the cell wall and polyuronides in response to heat treatment of "Fuyu" persimmon that alleviate chilling injury. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 122, 698-702.
- Yemm, E.W. y Willis A.J. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochem. J.* 57, 508-514.
- Zaman, R.M. 2006. Pollen germination, viability and tube growth in fourteen cultivated and wild species of cucurbit grown in Bangladesh. *J. Life Earth Sci.* 1, 1-7.