

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

E.T.S. DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DE MONTES

DEPARTAMENTO DE BROMATOLOGÍA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**“Caracterización físico-química y microbiológica del
tomate margariteño (*Lycopersicon esculentum* var.
España) y evaluación de la efectividad de tratamientos
de pre-ensado para el incremento de su vida
comercial a temperatura ambiente”**

TESIS DOCTORAL

José Neptalí Hernández Yépez

Directora:

Dra. M^a Teresa Sánchez Pineda de las Infantas

2013

TITULO: *Caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño (Lycopersicon esculentum var. España) y evaluación de la efectividad de tratamiento de pre-envasado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente.*

AUTOR: *JOSÉ NEPTALÍ HERNÁNDEZ YÉPEZ*

© Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.
Campus de Rabanales
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A
14071 Córdoba

www.uco.es/publicaciones
publicaciones@uco.es

Departamento de Bromatología
y Tecnología de los Alimentos

***“Caracterización físico-química y microbiológica del
tomate margariteño (*Lycopersicon esculentum* var.
España) y evaluación de la efectividad de tratamientos de
pre-ensado para el incremento de su vida comercial a
temperatura ambiente”***

TESIS

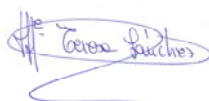
para aspirar al grado de Doctor por la Universidad de Córdoba presentada por el
Licenciado en Tecnología de Alimentos D. *José Neptalí Hernández Yépez*

El Doctorando



Fdo.: José Neptalí Hernández Yépez

VºBº La Directora



Fdo.: Profª. Dra. Mª Teresa Sánchez Pineda de las Infantas



Departamento de Bromatología
y Tecnología de los Alimentos

M^a TERESA SÁNCHEZ PINEDA DE LAS INFANTAS, Catedrática de Universidad del Departamento de Bromatología y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Córdoba

INFORMA:

Que la Tesis titulada **“CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL TOMATE MARGARITEÑO (*Lycopersicum esculentum* var. España) Y EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE TRATAMIENTOS DE PRE-ENVASADO PARA EL INCREMENTO DE SU VIDA COMERCIAL A TEMPERATURA AMBIENTE”**, de la que es autor D. José Neptalí Hernández Yépez, ha sido realizada bajo mi dirección durante los años 2008-2013, y cumple las condiciones académicas exigidas por la Legislación vigente para optar al título de Doctor por la Universidad de Córdoba.

Y para que conste a los efectos oportunos, firmo el presente informe en Córdoba a 25 de febrero de 2013.

Fdo.: Prof^a. Dra. M^a Teresa Sánchez Pineda de las Infantas



TÍTULO DE LA TESIS:

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL TOMATE MARGARITEÑO (*Lycopersicon esculentum* var. España) Y EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE TRATAMIENTOS DE PRE-ENVASADO PARA EL INCREMENTO DE SU VIDA COMERCIAL A TEMPERATURA AMBIENTE

DOCTORANDO:

JOSÉ NEPTALÍ HERNÁNDEZ YÉPEZ

INFORME RAZONADO DE LA DIRECTORA DE LA TESIS

(se hará mención a la evolución y desarrollo de la tesis, así como a trabajos y publicaciones derivados de la misma).

La Tesis cuyo título se menciona arriba ha podido adaptarse, desde sus inicios, a la metodología y el diseño programados, derivando todo ello en la obtención de resultados de indudable relevancia científica y tecnológica.

En primer lugar, hay que destacar que el trabajo de investigación desarrollado en esta Tesis ha permitido realizar la caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño, principal hortaliza cultivada en el Oriente de Venezuela.

Asimismo, se han establecido las bases científico-técnicas para la selección de tratamientos poscosecha previos al envasado comercial, destinados a incrementar la vida comercial del tomate margariteño conservado a temperatura ambiente, ya que en la mayoría de los países en vías de desarrollo no se emplea prácticamente la conservación en refrigeración durante el almacenamiento y el transporte de frutas y hortalizas a los mercados. Dichas alternativas tecnológicas de bajo coste, permitirán el mantenimiento de la calidad del producto, sin provocar alteraciones en las características del fruto.



El doctorando en el transcurso de su tesis doctoral ha tenido la posibilidad de formarse en Tecnología Poscosecha de Productos Vegetales Frescos y Mínimamente Procesados, tanto en el Departamento de Bromatología y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Córdoba (España) como el Departamento de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Oriente, Isla de Margarita (Venezuela).

El trabajo publicado en la revista indexada JCR *Journal of Food Quality* relacionado con los resultados de la Tesis es:

1. Hernández-Yépez, J.N., De La Haba, M.J., Sánchez, M.T. 2013. Effect of different prepackaging treatments on the physical/chemical quality of Margariteño tomatoes during postharvest storage at room temperature. *Journal of Food Quality*. Article first published online: 25 JAN 2013. DOI: 10.1111/jfq.12022.

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 25 de Febrero de 2013

Fdo.: María Teresa Sánchez Pineda de las Infantas

*A mi familia,
en especial a mi madre, hermanos y sobrinos*

Agradecimientos

Deseo expresar mi sincera gratitud y reconocimiento a todas las personas que han hecho posible la realización de este Trabajo de Investigación:

A la Dra. María Teresa Sánchez Pineda de las Infantas, Catedrática de Universidad del Departamento de Bromatología y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Córdoba, y directora de esta Tesis.

A los Departamentos de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Oriente, en la Isla de Margarita (Venezuela) y de Bromatología y Tecnología de los Alimentos y Producción Animal de la Universidad de Córdoba (España).

Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, por financiar parte de la investigación.

A mis compañeros de trabajo en Venezuela, por el constante apoyo académico y personal.

A mis amigos residenciados en España, sin los cuales esta experiencia no habría sido posible.

A todos los estudiantes a quienes he asesorado Seminarios, Pasantías y Tesis, porque ayudándolos con sus trabajos mejoro cada día más como investigador.

Por último, a todos aquellos que durante estos años se han interesado por el desarrollo de esta Tesis, muchas gracias.

Índice

RESUMEN	3
ABSTRACT	7
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN	11
Capítulo 2. OBJETIVOS	17
2.1. OBJETIVO GENERAL	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
Capítulo 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	21
3.1. EL TOMATE	21
3.1.1. Generalidades	21
3.1.2. Descripción morfológica	22
3.1.3. Tipos y variedades	23
3.1.4. Composición química del tomate	25
3.1.5. El tomate margariteño	28
3.2. CALIDAD EN TOMATE	31
3.2.1. Calidad físico-química del tomate	31
<i>3.2.1.1. Color</i>	<i>31</i>
<i>3.2.1.2. Firmeza</i>	<i>34</i>
<i>3.2.1.3. Contenido en sólidos solubles totales</i>	<i>35</i>
<i>3.2.1.4. pH</i>	<i>36</i>
<i>3.2.1.5. Acidez</i>	<i>37</i>
3.2.2. Calidad microbiológica en tomate	38
3.2.3. Calidad sensorial del tomate	43
3.2.4. Calidad nutricional del tomate	48
3.3. FISIOLOGÍA POSCOSECHA DEL TOMATE	50
3.4. CONSERVACIÓN POSCOSECHA DE PRODUCTOS VEGETALES.	
CASO DE ESTUDIO: TOMATE	62
Capítulo 4. MATERIAL Y MÉTODOS	75
4.1. MATERIAL	75
4.1.1. Material vegetal	75
4.1.2. Recolección, transporte y recepción	75
4.1.3. Envasado y almacenamiento poscosecha	77
4.1.4. Análisis de las muestras	78
4.2. MÉTODOS	79

4.2.1. Determinación de parámetros físico-químicos de calidad en el tomate margariteño	79
4.2.1.1. <i>Peso del fruto</i>	79
4.2.1.2. <i>Tamaño del fruto</i>	79
4.2.1.3. <i>Color externo</i>	80
4.2.1.4. <i>Fuerza máxima de corte</i>	80
4.2.1.5. <i>Contenido en sólidos solubles totales</i>	80
4.2.1.6. <i>pH</i>	80
4.2.1.7. <i>Acidez titulable</i>	81
4.2.2. Determinación de parámetros microbiológicos de calidad en el tomate margariteño	81
4.2.3. Evaluación sensorial del tomate margariteño	82
4.2.4. Determinación de la vida comercial sensorial y microbiológica del tomate margariteño	83
4.2.5. Análisis estadísticos	84
Capítulo 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	89
5.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL TOMATE MARGARITEÑO	89
5.2. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DURANTE EL ALMACENAMIENTO POSCOSECHA A TEMPERATURA AMBIENTE DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL DEL TOMATE MARGARITEÑO SOMETIDO A DISTINTOS TRATAMIENTOS PREVIOS A SU ENVASADO	94
5.2.1. <i>Evolución del color</i>	95
5.2.2. <i>Evolución de la calidad físico-química</i>	109
5.2.3. <i>Evolución de la calidad microbiológica</i>	124
5.2.4. <i>Evolución de la apariencia general externa</i>	135
5.3. DETERMINACIÓN DE LA VIDA COMERCIAL DEL TOMATE MARGARITEÑO CONSERVADO A TEMPERATURA AMBIENTE TRAS LA APLICACIÓN DE DISTINTOS TRATAMIENTOS POSCOSECHA PREVIOS AL ENVASADO	140
Capítulo 6. CONCLUSIONES	145
Capítulo 7. BIBLIOGRAFÍA	151

Anexo

165

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Composición química y nutricional del tomate maduro fresco	26
Tabla 2	Cambios de color durante la maduración del tomate	34
Tabla 3	Clasificación de los productos vegetales en función de su tasa respiratoria poscosecha	53
Tabla 4	Principales frutos climatéricos y no climatéricos	55
Tabla 5	Estados de desarrollo y madurez de tomates comercializados en fresco	60
Tabla 6	Características físico-químicas del tomate margariteño var. “España”, en estado de maduración rojo. Periodo 2008-2010	89
Tabla 7	Características microbiológicas del tomate margariteño var. “España”, en estado de maduración rojo. Periodo 2008-2010	92
Tabla 8	Evolución de los parámetros de color analizados en tomates margariteños var. “España”, sometidos a distintos tratamientos de pre-ensado durante 11 días de almacenamiento a temperatura ambiente	100
Tabla 9	Valores promedios de los parámetros de color analizados en tomates margariteños var. “España”, sometidos a distintos tratamientos de pre-ensado a los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente	101
Tabla 10	Valores promedios de los parámetros de color analizados en tomates margariteños var. “España” encerados, almacenados entre 15 y 19 días a temperatura ambiente	101
Tabla 11	Evolución de los parámetros de calidad físico-química analizados en tomates margariteños var. “España”, sometidos a distintos tratamientos de pre-ensado durante 11 días de almacenamiento a temperatura ambiente	113
Tabla 12	Valores promedios de los parámetros de físico-químicos analizados en tomates margariteños var. “España”, sometidos a distintos tratamientos de pre-ensado a los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente	114

ÍNDICE DE TABLAS (continuación)

Tabla 13	Valores promedios de los parámetros físico-químicos de calidad analizados en tomates margariteños var. “España” encerados, almacenados entre 15 y 19 días a temperatura ambiente	114
Tabla 14	Evolución de microorganismos aerobios mesófilos, mohos y levaduras en el tomate margariteño var. “España”, sometido a distintos tratamientos de pre-ensado durante 11 días de almacenamiento a temperatura ambiente	127
Tabla 15	Valores promedio de los parámetros de calidad microbiológica analizados en el tomate var. “España”, sometido a distintos tratamientos de pre-ensado a los 13 días de almacenamiento	127
Tabla 16	Valores promedios de los parámetros de calidad microbiológica analizados en tomates margariteños var. “España” encerados, almacenados entre 15 y 19 días a temperatura ambiente	128
Tabla 17	Evolución de la apariencia general externa de tomates margariteños var. “España”, sometidos a distintos tratamientos de pre-ensado durante 11 días de almacenamiento a temperatura ambiente	136
Tabla 18	Valores promedio de la apariencia visual externa en tomates margariteños var. “España”, sometidos a distintos tratamientos de pre-ensado a los 13 días de almacenamiento	138
Tabla 19	Valores promedios de la apariencia visual externa en tomates margariteños var. “España” encerados, almacenados entre 15 y 19 días a temperatura ambiente	138
Tabla 20	Vida útil sensorial y microbiológica del tomate margariteño var. “España”, sometido a diferentes tratamientos de pre-ensado y conservado a temperatura ambiente	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Tomate margariteño antes (a) y después (b) de la cosecha	28
Figura 2	Principales zonas de cultivo del tomate Margariteño en la Isla de Margarita	29
Figura 3	Estados de madurez de un fruto	57
Figura 4	Estados de madurez del tomate	59
Figura 5	Tomate margariteño (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. “España”), en estado de maduración rojo	76
Figura 6	Tomate margariteño (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. “España”), en estado de maduración verde-maduro	76
Figura 7	Tomate margariteño var. “España”, tras la aplicación de parafina en la zona peduncular	77
Figura 8	Tomate margariteño var. “España” envasado y codificado	78
Figura 9	Ficha de cata para la evaluación sensorial de la apariencia general externa del tomate margariteño var. “España”	83
Figura 10	Evolución de L^* del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente	95
Figura 11	Evolución de a^* del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente	96
Figura 12	Evolución de b^* del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente	97
Figura 13	Evolución de C^* del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente	98
Figura 14	Evolución de h^* del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente	99

ÍNDICE DE FIGURAS (continuación)

Figura 15	Evolución de la acidez titulable del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente	109
Figura 16	Evolución del pH del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente	110
Figura 17	Evolución del contenido en sólidos solubles totales del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente	111
Figura 18	Evolución de la fuerza máxima de corte del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente	111
Figura 19	Evolución de la pérdida de peso del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente	112
Figura 20	Evolución del recuento de aerobios mesófilos en tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente	125
Figura 21	Evolución del recuento de mohos en tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente	125
Figura 22	Evolución del recuento de levaduras en tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente	126
Figura 23	Evolución de la apariencia general externa del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente	136

Resumen

RESUMEN

El cultivo del tomate margariteño en el Oriente de Venezuela es muy rentable debido a su alto rendimiento y a la demanda que tiene en los Estados de Anzoátegui, Bolívar, Sucre, Monagas y Nueva Esparta. Dicho tomate puede ser consumido en fresco y también puede ser utilizado para la preparación de salsas, guisos y sopas.

Sin embargo, el tomate es un fruto muy perecedero que sufre deterioro rápidamente, lo que disminuye su tiempo de vida útil. La aplicación en tomates de tratamientos poscosecha destinados a preservar su calidad y alargar su vida comercial resulta ser decisiva.

Debido a lo anteriormente expuesto, y considerando la alta demanda de tomates margariteños dentro del mercado venezolano, se ha considerado de gran importancia el realizar un Trabajo de Investigación destinado en primer lugar, a la caracterización de este producto venezolano, para posteriormente, evaluar el efecto de la aplicación de distintos tratamientos poscosecha (inmersión en agua caliente, lavado en agua clorada y encerrado) previos al envasado comercial, sobre la calidad fisico-química, microbiológica y sensorial del tomate margariteño conservado a temperatura ambiente, con la finalidad de proponer alternativas tecnológicas de bajo coste, destinadas a incrementar la vida comercial de este producto, manteniendo sus estándares de calidad iniciales

Las características físicas de la calidad externa determinadas en el tomate margariteño var. "España" en estado de madurez rojo, permiten afirmar que se trata de un tomate de tamaño grande, con forma achatada y una coloración uniforme roja intensa. La firmeza que dicho tomate presenta en el estado de maduración rojo-maduro posibilita su transporte a granel sin que el producto sufra mermas de calidad durante el mismo. Los valores de los parámetros químicos de calidad externa exhibidos por el tomate margariteño en estado rojo-maduro ponen de manifiesto la alta calidad del mismo, y su idoneidad para el consumo en fresco al tratarse de un tomate equilibrado en cuanto a su sabor y flavor.

Asimismo, los resultados de este Trabajo de Investigación mostraron que los tomates del grupo control mostraron signos evidentes de deterioro (textura muy blanda, presencia de exudación y superficie arrugada), a los 13 días de almacenamiento, mientras que estas características fueron observadas en los tomates tratados con agua caliente y con agua clorada a los 15 días, y en los tomates encerados a los 21 días de almacenamiento. En todos los casos, los tomates sufrieron un oscurecimiento de su coloración durante el almacenamiento poscosecha, produciéndose en los tomates encerados y en los tratados con agua clorada un incremento del color amarillo los primeros 6 días de almacenamiento. Igualmente, se produjo una disminución de la acidez y de la fuerza máxima de corte y se incrementaron las pérdidas de peso y el pH, durante la conservación poscosecha a temperatura ambiente para todos los tratamientos, excepto para los tomates encerados, en los cuales se observó una disminución del pH durante los primeros 6 días de conservación. Respecto al contenido en sólidos solubles totales, y para todos los tratamientos, se produjo un aumento de este parámetro al inicio del almacenamiento, disminuyendo posteriormente en la segunda mitad del periodo de conservación ensayado. En relación con la población de bacterias aerobias mesófilas revivificables a 37°C, mohos y levaduras en el tomate margariteño, señalar que se la misma se incrementó durante el almacenamiento del producto a temperatura ambiente, siendo más rápido el crecimiento en el grupo control y más lento en los tomates tratados con agua caliente y agua clorada y, sobre todo, en los encerados.

Por tanto, estos resultados obtenidos indican que el encerado, la inmersión en agua caliente y el lavado en agua clorada retrasaron los cambios físico-químicos propios de la maduración así como la aparición de signos de deterioro en el producto, siendo el encerado el tratamiento más efectivo al incrementar la vida comercial del tomate margariteño conservado a temperatura ambiente (30°C, HR: 90%) desde los 11 días hasta los 19 días.

Abstract

ABSTRACT

The Margariteño tomato is a highly profitable crop in eastern Venezuela, due to high yields and a strong demand in the States of Anzoátegui, Bolívar, Sucre, Monagas and Nueva Esparta. It can be consumed fresh but also used in making sauces, stews and soups.

However, tomato is highly perishable vegetable that suffer important quality changes after harvesting. Tomato ripening is associated with a number of variations in chemical composition, cellular structure, and internal structure of the fruit. Different post-harvest treatments are generally used to maintain its quality and to extend its shelf life.

This study sought to characterize the Margariteño tomato and to evaluate the effect of three treatments applied prior to commercial packaging (immersion in hot water, washing in chlorinated water, and waxing) on the physical/chemical, microbiological and sensorial quality of Margariteño tomatoes kept at room temperature, with a view to identifying low-cost technological alternatives for extending their shelf life without impairing quality attributes.

The study of the physical characteristics of the Margariteño tomato (red maturity state) showed that the Margariteño tomato can be considered as a great size tomato, with a flat shape and an intense and uniform red coloration. The firmness of this tomato in this maturity state makes possible its bulk transportation without quality loss. The chemical characteristics of this tomato pointed out its high quality and its convenience for fresh consumption due to its equilibrated taste and flavor.

Control tomatoes displayed evident signs of deterioration (softening, exudation and wrinkled surface) by 13 days' storage; these signs were observed in tomatoes immersed in hot water tomatoes and tomatoes washed in chlorinated water at 15 days, and in waxed tomatoes at 21 days. In all cases, skin color darkened during post-harvest storage, although in waxed and chlorine-treated tomatoes an increase in yellow coloring was observed over the first 6 days of storage. Titratable acidity and maximum shear

force declined, while weight loss and pH increased, during post-harvest storage at room temperature; however, the extent of these changes varied significantly between treatment groups. Waxed tomatoes displayed a decline in pH over the first 6 days of storage. Soluble solids content for all groups increased during the first part of storage, falling thereafter. Microbial population (aerobic mesophilic bacterias, moulds and yeasts) increased during shelf life, being this growth faster in control tomatoes and slower in tomatoes immersed in hot water and tomatoes washed in chlorinated and mainly, in waxed tomatoes.

The results obtained here suggest that waxing, immersion in hot water and washing in chlorinated water slowed down the physical/chemical changes associated with ripening, and also delayed the appearance of signs of deterioration. Waxing proved to be the most effective treatment for extending postharvest shelf life from 11 days to 19 days at 30°C and 90% RH.

Capítulo 1

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las hortalizas y frutas, tanto frescas como mínimamente procesadas, gozan de una considerable aceptación por parte de los consumidores. Dicha aceptación se debe en gran medida a su facilidad de consumo así como a los beneficios que la ingesta de estos alimentos producen en la salud humana (González et al., 2007).

El importante valor nutricional y económico de las frutas y hortalizas frescas es bien conocido por todos los agentes de la cadena alimentaria, ya que presentan un alto contenido en vitaminas, minerales, antioxidantes fenólicos, glucosinolatos y otras sustancias bioactivas. Además, constituyen una buena fuente de energía y de fibra, siendo consideradas alimentos nutritivos (FAO, 2003; Ospina y Cartagena, 2008).

Asimismo, es necesario destacar que la importancia de los productos vegetales va más allá del aporte de nutrientes indispensables, ya que además aportan otras sustancias que, sin ser consideradas nutrientes, ejercen un efecto beneficioso para la salud humana al ayudar a prevenir enfermedades o a aumentar la resistencia contra ellas, ya que los vegetales constituyen una fuente importante de compuestos antioxidantes que actúan como sistemas reguladores o controladores que protegen al organismo contra el efecto dañino de los radicales libres causante de un amplio número de patologías, entre las que se incluyen el cáncer, los procesos inflamatorios y las enfermedades neurológicas degenerativas (Gueishman et al., 2004).

Según Parra y Justo (2003), el reconocimiento de la importancia del consumo habitual de frutas y hortalizas frescas, unido a un notable aumento de la disponibilidad de estos productos durante todo el año en el mercado mundial, ha contribuido a un incremento importante del consumo de frutas y hortalizas frescas en los últimos 20 años. Sin embargo, el aumento reciente de los casos notificados de enfermedades transmitidas por alimentos que se asocian con las frutas y hortalizas frescas ha suscitado preocupación entre los organismos de salud pública y los consumidores, en cuanto a la inocuidad de estos productos.

El principal factor limitante de la vida útil de los vegetales frescos es su actividad metabólica, que continúa después de la recolección. Los procesos de respiración, transpiración y la producción de etileno deben controlarse exhaustivamente para prolongar el estado óptimo de maduración de estos alimentos hasta su consumo. Si estas reacciones progresan rápidamente las frutas y hortalizas maduran en exceso, se ablandan y se marchitan sus tejidos y disminuye de forma considerable su calidad. Con respecto al desarrollo microbiano, es necesario distinguir entre el que se produce en los productos vegetales con un pH bajo (principalmente, las frutas) y aquellos que presentan un pH neutro, como la mayoría de las hortalizas. En estas últimas, es más frecuente la proliferación de bacterias mientras que en las frutas predominan las alteraciones causadas por mohos y levaduras. Además de los microorganismos, pueden aparecer insectos que dañen la integridad de los vegetales durante el periodo de almacenamiento cuando no se han sometido previamente a un tratamiento adecuado (Ospina y Cartagena, 2008).

Además de alteraciones microbiológicas, los cambios fisico-químicos durante el procesamiento y almacenamiento de frutas y hortalizas pueden causar un deterioro en su calidad, afectando el color, el sabor, el olor y el valor nutritivo.

Es por ello que, para satisfacer las crecientes necesidades de los consumidores de productos frescos de alta calidad, es preciso dedicar importantes esfuerzos de investigación destinados a conocer y reducir los cambios en los parámetros fisico-químicos, microbiológicos y sensoriales que se desarrollan en los mismos tras la recolección, como indicadores de la actividad biológica de estos productos, y aplicar tratamientos posrecolección que preserven dicha calidad y retrasen la senescencia, en las condiciones de almacenamiento en las que comúnmente son conservados, para mantener durante un mayor tiempo las características propias del estado fresco de las especies vegetales, preservando sus cualidades fisico-químicas, sensoriales, y nutritivas atractivas para el consumo directo o para el procesado mínimo de dichos productos.

El cultivo del tomate margariteño en el Oriente de Venezuela es muy rentable debido a su alto rendimiento y a la demanda que tiene en los Estados de Anzoátegui, Bolívar, Sucre, Monagas y Nueva Esparta, pudiendo ser consumido en fresco o

mínimamente procesado y también utilizado para la preparación de salsas, guisos y sopas (Núñez, 1996; Quijada, 2002).

Sin embargo, el tomate es un fruto muy perecedero que sufre deterioro rápidamente, lo que disminuye su tiempo de vida útil, es decir, el periodo de tiempo que va desde la cosecha hasta el inicio de la podredumbre, debido a problemas en el transporte, almacenamiento y comercialización. Las pérdidas poscosecha en esta hortaliza pueden alcanzar el 50 % de la cosecha, incluso en países industrializados. Ello se debe a su intensa actividad respiratoria y sensibilidad a la deshidratación debido a las características de sus tejidos y a su elevado contenido en agua, en torno al 94%, a la acción del etileno, a las podredumbres, a los daños mecánicos y fisiológicos e incluso a la congelación accidental (Artés y Artés, 2007).

La aplicación en tomates de tratamientos poscosecha destinados a preservar su calidad y alargar su vida comercial resulta ser decisiva. No obstante, se pueden producir pérdidas poscosecha importantes si dichos tratamientos no son realizados adecuadamente. Los esfuerzos en investigación realizados en los últimos años han contribuido a aumentar la producción de tomate, pero para obtener un máximo beneficio de dicho aumento en la producción es necesario reducir al mínimo las pérdidas poscosecha e incrementar la vida útil de la citada hortaliza (Nasrin et al., 2008).

Debido a lo anteriormente expuesto, y considerando la alta demanda de tomates margariteños dentro del mercado venezolano, se ha considerado de gran importancia el realizar un Trabajo de Investigación destinado en primer lugar, a la caracterización de este producto venezolano, para posteriormente, evaluar el efecto de la aplicación de distintos tratamientos poscosecha previos al envasado comercial, sobre la calidad físico-química, microbiológica y sensorial del tomate margariteño conservado a temperatura ambiente, con la finalidad de proponer alternativas tecnológicas de bajo coste, destinadas a incrementar la vida comercial de este producto, manteniendo sus estándares de calidad iniciales.

Por último señalar que con el fin de facilitar su lectura y comprensión esta Memoria de Investigación se ha estructurado en los siguientes capítulos:

- En el Capítulo 1, se ha tratado de justificar y clarificar de forma muy breve el Trabajo de Investigación desarrollado en la presente Tesis Doctoral.
- En el Capítulo 2, se exponen y concretan los objetivos a alcanzar.
- En el Capítulo 3, se pone de manifiesto la problemática real que ha servido como justificación y punto de partida del actual estudio. En la primera sección, se lleva a cabo la caracterización del tomate margariteño. La segunda sección se ha orientado principalmente, al análisis de la fisiología poscosecha de dicha hortaliza, así como al estudio de los principales parámetros de calidad de la misma. Por último, y en la tercera sección, se ha realizado una revisión de distintos tratamientos de conservación poscosecha previos al envasado, susceptibles de ser aplicados en tomate, destinados al mantenimiento de la calidad y al incremento de la vida comercial de la citada hortaliza.
- En el Capítulo 4, se recoge detalladamente el diseño experimental, los materiales empleados y los métodos de análisis físico-químicos, microbiológicos, sensoriales y estadísticos empleados para dar cumplimiento a los objetivos de la investigación.
- En el Capítulo 5, se exponen y analizan los resultados obtenidos en la investigación realizada.
- El Capítulo 6, recoge las conclusiones obtenidas en esta Memoria, y se realizan recomendaciones para futuras investigaciones.
- Finalmente, en el Capítulo 7, se indican las referencias bibliográficas utilizadas para la elaboración de este Trabajo de Investigación.

Capítulo 2

Capítulo 2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de esta Tesis Doctoral es la caracterización de la calidad físico-química, microbiológica y sensorial del tomate margariteño (*Lycopersicum esculentum* var. España) y la evaluación de distintos tratamientos poscosecha previos al envasado, destinados al mantenimiento de dicha calidad y al incremento de la vida comercial de la citada hortaliza, conservada a temperatura ambiente.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos de este Trabajo de Investigación son los siguientes:

1. Caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño.
2. Comparación del efecto de distintos tratamientos poscosecha de bajo coste, previos al envasado, sobre la calidad físico-química y microbiológica, así como sobre la aceptabilidad sensorial del tomate margariteño, durante su vida comercial a temperatura ambiente.
3. Determinación de la vida comercial del tomate margariteño conservado a temperatura ambiente tras la aplicación de distintos tratamientos poscosecha previos al envasado.
4. Establecimiento del tratamiento poscosecha de bajo coste más adecuado para el mantenimiento de la calidad y el incremento de la vida comercial del tomate margariteño conservado a temperatura ambiente.

Capítulo 3

Capítulo 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. EL TOMATE

3.1.1. Generalidades

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las Solanáceas (Ríos et al., 2003; Cueto, 2010). De porte arbustivo, puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta, existiendo variedades de crecimiento determinado y otras de crecimiento indeterminado.

Según Cantwell (2004), el tomate es un fruto carnoso que procede de un carpelo único o del gineceo sincárpico de una flor sencilla; se considera en términos botánicos como una baya, puesto que posee una piel fina que rodea una carne jugosa, en cuyo interior se encuentran muchas semillas.

El tomate es una planta originaria de Sudamérica (Región andina que actualmente comparten Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú y Chile). A la llegada de los españoles a América, éste formaba parte de los pequeños huertos del área mesoamericana, sin que su importancia económica fuese grande, pero con un grado de domesticación notable.

Desde su llegada, los españoles apreciaron las cualidades organolépticas del tomate, llamado en aquel tiempo, “jitomate” o “xitomate”. Parece que ya en esa época existían gran diversidad en cuanto a variedades, tamaños, formas y colores del fruto.

Fuera del área mesoamericana el tomate era totalmente desconocido y su entrada en el continente Europeo fue desigual. En países como España, Portugal e Italia se utilizó desde un principio como alimentación humana, mientras que en otros países más al norte fue usado sólo con fines ornamentales, debido a la coloración de sus flores y frutos, siendo utilizado como hortaliza a finales del siglo XVIII (Ríos et al., 2003; Coronel y Castillo, 2009).

Su difusión en el resto del mundo fue gracias a los españoles y portugueses que llevaron sus nuevos hábitos de consumo por todas sus colonias, existiendo indicios de la presencia del tomate en Filipinas y China a mediados del siglo XVII y en África a mediados del XVIII.

Las últimas regiones en adoptar al tomate como elemento de su dieta fueron, a partir del siglo XIX, las colonias y zonas de influencia inglesa (EE.UU. y Australia).

A pesar de ello, el tomate es actualmente una de las hortalizas más ampliamente cultivadas, alcanzando un nivel de popularidad muy importante en todas las dietas del mundo. Así, el tomate representa el 19 % de las hortalizas cultivadas a nivel mundial en el año 2010, con una producción total de aproximadamente 129.942 millones de toneladas (FAO, 2011).

En la actualidad existen más de 70 variedades de tomate, diferenciadas en su forma, tamaño, color y características internas como sabor, textura y dureza (Ríos et al., 2003; Alvarado et al., 2009). Casi todas las variedades de tomates comercialmente significativas que se cultivan en el mundo pertenecen a la especie *Lycopersicon esculentum* (Núñez, 1996).

3.1.2. Descripción morfológica

Consta de un sistema radicular amplio, formado por una raíz principal que puede alcanzar hasta 60 cm de profundidad, provista de una gran cantidad de ramificaciones secundarias y adventicias surgidas desde la base de los tallos.

El tallo es anguloso y recubierto en toda su extensión de pelos, la mayoría de naturaleza glandular, lo que le confiere a la planta un olor característico. Al principio el porte del tallo es erguido, pero llega un momento en que el peso lo hace rastrear por el suelo. Dependiendo de los cultivares hay 2 tipos fundamentales de crecimiento:

- Cultivares con tallos de crecimiento determinado: aquellos en los que una vez que se han producido lateralmente varios pisos de inflorescencias (cada 1 ó 2 hojas) se detiene el crecimiento del tallo principal por la aparición de una inflorescencia terminal.

- Cultivares con tallos de desarrollo indeterminado: son los que poseen en el ápice del tallo un meristemo de crecimiento que produce un alargamiento continuado del tallo principal, formándose inflorescencias solamente en posición lateral (generalmente cada 3 hojas).

Las hojas son compuestas e imparipinnadas y también están recubiertas de pelos glandulares. Están formadas normalmente por 7-9 folíolos lobulados o dentados. En el raquis de la hoja pueden aparecer pequeños folíolillos.

La inflorescencia del tomate es en racimos simples o ramificados en diferentes pisos. Lo normal es que cada inflorescencia conste de entre 3 y 10 flores, aunque en ocasiones pueden llegar hasta 50.

El fruto es una baya globosa bi o plurilocular, de entre 3 y 16 cm de diámetro, normalmente de color rojo en maduración, aunque existen variedades con otras coloraciones como amarillo o violeta. Su superficie puede ser lisa o acostillada.

Las semillas son grisáceas, de pequeño tamaño, discoidales y recubiertas de vellosidades. El número de semillas que hay en 1 g puede ser de hasta 350, con una capacidad germinativa de 4 ó 5 años.

3.1.3. Tipos y variedades

Unos de los mayores atractivos de cualquier producto frente al consumidor es la diversidad. El tomate es una hortaliza que ha alcanzado una variedad de tipos muy extensa. Hay variedades con distinto aspecto exterior (forma, tamaño, color) e interior (sabor, textura, dureza), variedades destinadas para el consumo en fresco o para procesado industrial, habiendo dentro de cada grupo muchas especializaciones, que variarán según las preferencias de cada región.

Los principales tipos de tomate más cultivados en la actualidad son:

- Tipo Beefsteak: plantas generalmente indeterminadas, vigorosas hasta el 6° ó 7° ramillete, a partir del cual pierden bastante vigor coincidiendo con el engorde de los primeros ramilletes. Son frutos de gran tamaño y poca consistencia. Su producción es precoz y agrupada. Tienen cierre pistilar irregular.

- Tipo Marmande: plantas que tienen subvariedades de crecimiento determinado e indeterminado, con distinto grado de precocidad, de vigor medio emitiendo de 4 a 6 ramilletes aprovechables. El fruto se caracteriza por su buen sabor, buen calibre (G y GG) y su forma acostillada, achatada y multilocular, que puede variar en función de la época de cultivo. Dentro de esta tipo se encuentra el tomate var. "Raf".

- Tipo Vemone: plantas finas y de hoja estrecha, con un gran vigor, de porte indeterminado y marco de plantación muy denso. Son frutos de calibre G que presentan un elevado grado de acidez y azúcar, inducido por el agricultor al someterlo a estrés hídrico. Presenta poca resistencia a enfermedades.

- Tipo Moneymaker: plantas vigorosas de porte abierto y generalmente indeterminado. Frutos de calibres M y MM, lisos, redondos y con buena formación en ramillete.

-Tipo Cocktail: plantas muy finas de crecimiento indeterminado. Frutos de peso comprendido entre 30 y 50 g, redondos, generalmente con 2 lóculos, sensibles al rajado y usados principalmente como adorno de platos. También existen frutos aperados que presentan las características de un tomate de industria debido a su consistencia, contenido en sólidos solubles y acidez, aunque su consumo se realiza principalmente en fresco.

- Tipo Cereza (Cherry): plantas vigorosas de crecimiento indeterminado. Frutos de pequeño tamaño y de piel fina con tendencia al rajado, que se agrupan en ramilletes de 15 a más de 50 frutos. Sabor dulce y agradable. Existen cultivares que presentan frutos rojos y amarillos. Con este producto se pretende tener una producción que complete el ciclo anual con cantidades homogéneas. En cualquier caso se persigue un tomate resistente a virosis y al rajado, ya que es muy sensible a los cambios bruscos de temperatura.

- Tipo Larga Vida: la introducción de los genes Nor y Rin es la responsable de su larga vida, confiriéndole mayor consistencia y gran conservación de los frutos de cara a su comercialización. Generalmente se buscan frutos de calibres G, M o MM, de superficie lisa y coloración uniforme anaranjada o roja.

- Tipo Ramillete: Cada vez más presente en los mercados, resulta difícil definir qué tipo de tomate es ideal para ramillete, aunque generalmente se buscan las siguientes características: frutos de calibre M, de color rojo vivo, insertos en ramilletes en forma de raspa de pescado, entre otras características.

3.1.4. Composición química del tomate

La composición química y el valor nutricional del tomate (Tabla 1) varían según la variedad, las condiciones de cultivo, la época de producción, el grado de madurez, el tiempo y las condiciones de almacenamiento, entre otros factores. Dicha hortaliza contiene aproximadamente un 94% de agua, y el 6% restante es una mezcla compleja en la que predominan los azúcares libres y ácidos orgánicos, que contribuyen a dar al fruto su textura y sabor característicos (Coronel y Castillo, 2009; León, 2009).

Tabla 1. Composición química y nutricional del tomate maduro fresco

Constituyentes	Contenido por cada 100 g
Energía (kJ)	56,00
Constituyentes básicos (g)	
Agua	94,70
Proteína	1,00
Grasa	0,10
Fibra dietética	1,60
Carbohidratos (g)	
Glucosa	0,90
Fructosa	1,00
Sacarosa	0,00
Almidón	0,00
Ácidos orgánicos (g)	
Cítrico	0,43
Málico	0,08
Oxálico	0,00
Otros	0,00
Vitaminas (mg)	
Vitamina C	18,00
Tiamina	0,04
Riboflavina	0,02
Ácido nicotínico	0,70
β-caroteno (equivalente)	0,34
Minerales (mg)	
Potasio	2,00
Sodio	6,00
Calcio	8,00
Magnesio	10,00
Hierro	0,30
Zinc	0,20

Fuente: Salunkhe y Kadam, 2003.

Adalid (2011) explica que, en el caso de esta hortaliza, los azúcares representan aproximadamente el 50% de la materia seca, siendo la glucosa y la fructosa los mayoritarios. Los ácidos orgánicos, principalmente cítrico y málico, representan más del 10% de la materia seca. Tanto los azúcares como los ácidos aportan un escaso valor nutritivo al tomate, aunque ejercen un papel fundamental en su sabor. El contenido

medio de proteínas, aminoácidos y lípidos del tomate es muy bajo, por lo que no puede ser considerado una fuente importante de estos compuestos. Sin embargo, el tomate es considerado un alimento funcional debido a los componentes nutraceuticos que presenta.

Según Artés y Artés (2007) el tomate tiene un comportamiento respiratorio tipo climatérico, con una intensidad relativamente elevada (10, 15, 22, 35 y 43 mg CO₂/kg h a 5, 10, 15, 20 y 25°C, respectivamente) y una emisión de etileno moderada de unos 5 a 8 µl de etileno/kg h a 12°C en frutos pintones (algo inferior en frutos verdes y superior en los maduros) y de unos 3 a 10 µl de etileno/kg h a 20°C, con un máximo de emisión etilénica coincidente o algo retrasada respecto al pico respiratorio. El tomate es muy sensible al efecto de esta fitohormona, con un umbral de 0,5 ppm. Los considerables cambios físicos y químicos que suceden en la maduración del tomate durante el climaterio se manifiestan en una rápida evolución del color verde, con degradación de clorofilas hacia tonos anaranjados y rojos, acompañado de un descenso de la firmeza, una ligera disminución de la acidez y un reducido aumento de los sólidos solubles. En tal sentido, este producto sufre elevadas pérdidas en la posrecolección, que pueden alcanzar el 50% de la cosecha, incluso en países industrializados.

3.1.5. El tomate margariteño

En Venezuela, una de las variedades de tomate que se produce es el tomate margariteño (*Lycopersicon esculentum* Mill. variedad *España*), el cual es un fruto grande arriñonado, muy jugoso, con pulpa gruesa, pocos lóbulos y de gran peso y tamaño (Figura 1).



Figura 1. Tomate margariteño antes (a) y después (b) de la cosecha

El tomate margariteño se cultiva con sus características de sabor y tamaño sólo en la isla de Margarita, caracterizada por presentar días muy cálidos, noches frescas y agua ligeramente salobre. Si se siembran las semillas en tierra firme, los frutos pierden calidad debido a la baja salinidad de los suelos. Dicho tomate debe cultivarse en suelos que presentan buen drenaje, requiere riego diario y periódico, abundante sol y amplio espaciado entre plantas para sus raíces. El período desde la elaboración de los semilleros hasta la cosecha del tomate en estado pintón es de aproximadamente 90 días. En la isla de Margarita este tomate puede ser producido durante todo el año, aunque por razones comerciales, considerando la actividad turística de la región, los agricultores efectúan el cultivo del tomate estimando su cosecha para los períodos de “temporada alta”, que incluyen la Semana Santa, los meses de Julio a Septiembre y Diciembre (INDER, 2013).

La Isla de Margarita es la mayor de las 3 islas, junto con Coche y Cubagua, que conforman el estado de Nueva Esparta en Venezuela. Esta isla posee 1.071 km² de

extensión, y presenta una elevación máxima en el Cerro Copey de 900 m sobre el nivel mar. Nueva Esparta posee un clima de tundra, con microclimas que van del árido muy cálido al semiárido cálido-moderado. En Margarita predomina el clima semiárido. En Porlamar (capital comercial) la pluviosidad es de sólo 399 mm anuales con una temperatura media de 27°C. Las zonas de mayor precipitación se localizan en la Serranía de El Copey llegando hasta 1.100 mm, que junto a neblinas locales, permiten el desenvolvimiento de bosques nublados, que derivan en laderas más bajas en formaciones de bosques secos premontanos. La precipitación es menor en la Península de Macanao, fluctuando de 300 a 500 mm anuales, con temperaturas de 27 a 28°C (INDER, 2013).

En la isla de Margarita las principales zonas productoras del tomate margariteño se ubican en: Guacuco, La Sierra, El Salado, Paraguachí, La Fuente, Guarame, Valle de Pedro González y San Juan Bautista (Quijada, 2002), tal y como se observa en la Figura 2. En el resto de la isla (con excepción de ciudades como Porlamar y Pampatar, que son áreas completamente urbanizadas) también es factible la producción de este tipo de tomate; sin embargo, las zonas antes mencionadas son las que ofrecen mayores extensiones de tierras para el cultivo y acceso a aguas para el riego.



Figura 2. Principales zonas de cultivo (●) del tomate Margariteño en la Isla de Margarita

Ríos et al., (2003) describen que la cosecha del tomate puede ser realizada en forma manual o mecánica. La forma manual se utiliza tanto para el tomate que va ser

directamente consumido en fresco como para el que será utilizado en la industria. En el caso de la cosecha manual para consumo en fresco, el tomate puede cortarse junto con el cáliz y la base del pedúnculo, pero comúnmente el fruto se cosecha dejando el cáliz en la planta, para evitar que los pedúnculos dañen a otros frutos al ser envasados para el almacenamiento y distribución. Dicha recolección causa una leve herida que se seca rápidamente.

La manera en que se efectúa la recolección del tomate influye sobre la calidad del producto, ya que se relaciona con la producción de daños mecánicos o manuales en los frutos. Los daños mecánicos producidos en el tomate durante el transporte son consecuencia de la energía cinética que llevan estos frutos al momento de sufrir algún impacto. La intensidad de los daños es variable y puede oscilar desde simples grietas en la piel (frutos rajados) hasta lesiones que afectan la cavidad carpelar (Ríos et al., 2003).

La cosecha del tomate es una actividad muy importante de la cual depende, en gran parte, la calidad final del fruto. El momento más adecuado de la cosecha está dado por las preferencias del mercado, aspecto que se debe tomar en cuenta en el momento de elegir con qué grado de madurez se cosecharán los frutos. Por ello, se recomienda la recolección de los tomates con un 25% de maduración, con una coloración verde intensa, ya que por ser éste un fruto climatérico, continuará madurándose hasta que llegue al consumidor (Cornejo, 2009).

La cosecha del tomate margariteño se hace manualmente, efectuando una torsión del pedúnculo hasta que se produce el desprendimiento del fruto de la planta. Prácticamente la totalidad de la producción de tomate margariteño se distribuye hasta los diferentes puntos de venta (supermercados, entre otros) en cajas de madera (guacales) o tobos plásticos, a temperatura ambiente, donde es adquirida directamente por los consumidores, que mayoritariamente destinan el producto al consumo en fresco, especialmente para la elaboración de ensaladas (INDER, 2013).

3.2. CALIDAD EN TOMATE

3.2.1. Calidad físico-química del tomate

Los principales parámetros empleados para evaluar la calidad físico-química y la vida útil poscosecha del tomate se indican a continuación.

3.2.1.1. Color

El color es la propiedad óptica más importante en los alimentos, junto con la transparencia y la opacidad, que están relacionadas con la cantidad de luz que el material deja pasar a través de él o que se refleja en él. Estas propiedades conforman mayoritariamente el aspecto visual de los alimentos (Calvo y Durán, 1997).

El color es una percepción visual que se genera en el cerebro al interpretar las señales nerviosas que le envían los fotorreceptores de la retina del ojo y que a su vez interpretan y distinguen las distintas longitudes de onda que captan de la parte visible del espectro electromagnético. Es un concepto físico, donde se relaciona al mismo tiempo la psicología del observador, la fisiología de la visión y la energía radiante espectral de la fuente de luz (Zelanski y Fisher, 2001).

La medición del color se puede realizar de 2 formas: evaluación visual o por análisis instrumental. El uso de métodos instrumentales requiere de un equipo costoso con un complejo mantenimiento, además de una interpretación correcta de los resultados. El análisis visual del color está incluido dentro del análisis sensorial, para lo cual se han llegado a utilizar distintas metodologías, entre las que se citan:

- El sistema Munsell, los colores se establecen en función de la claridad (L^*) (eje vertical), el matiz (círculo perpendicular al eje) y la saturación para cada tonalidad (distancia con respecto al eje central).
- El sistema de DIN, similar al Munsell pero en este caso, las líneas de saturación no son circulares y no hay la misma separación entre ellas.
- La OSA-UCS, que consiste en un cubo octaedro, que se basa en 3 ejes: la claridad (L^*), amarillo-azul (b^*) y verde-rojo (a^*).

El parámetro L^* indica el grado de luminosidad, o el componente blanco-negro que presenta un alimento. El valor de $L^* = 100$ constituye el máximo para este parámetro, y se traduce en 100 % luminoso, mientras que un valor $L^* = 0$ significa que el alimento es totalmente oscuro. El parámetro a^* indica el componente rojo-verde en la muestra analizada, bajo las condiciones establecidas por el sistema CIELAB, donde el rojo representa los valores positivos y el verde los valores negativos. El parámetro b^* define el componente amarillo-azul presente en una muestra, donde el azul representa los valores negativos y el amarillo los valores positivos según las condiciones establecidas por la carta de color. Asimismo, la saturación (C^*) y el tinte (h^*) se calculan como $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ y $\tan^{-1}(b^*/a^*)$, respectivamente.

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA, siglas en inglés) realiza una clasificación de los grados de madurez del tomate según el color que éste presenta, en 6 categorías que son: 1) verde: superficie del tomate completamente verde, con una tonalidad de claro a oscuro; 2) rompiente: hay una ruptura del color verde hasta un color amarillo-marrón, rosado o rojo, en no más del 10% de la superficie; 3) transición: del 10 al 30% de la superficie no es verde, mostrando una coloración amarillo-marrón, rosado o rojo, o una combinación de éstas; 4) rosado: del 30 al 60% de la coloración ya no es verde, mostrando un color rosado o rojo; 5) rojo ligero: del 60 al 90% de la superficie no es verde y muestra una coloración rojo-rosado o roja; y 6) rojo: más del 90% de la superficie no es verde, mostrando un color rojo (USDA, 1991).

El tomate es un fruto carotenogénico, con una síntesis masiva de carotenoides durante su maduración, habitualmente acompañada por un cambio en su perfil de carotenoides. En los cromoplastos, los carotenoides habitualmente se acumulan en estructuras lipídicas, aunque en el tomate se han encontrado también cristales de carotenoides, principalmente carotenos, inmersos en el espacio estromático. El color rojo del tomate resulta del reemplazo de las clorofilas degradadas por los pigmentos carotenoides, con aumento de licopeno, su caroteno específico y más abundante (con frecuencia de 4 a 7 mg/100 g) en las variedades rojas, anaranjadas y amarillas, y de xantofilas, cuando los cloroplastos se convierten en cromoplastos. Inicialmente se sintetiza fitoeno (incoloro), para posteriormente convertirse en ζ -caroteno (amarillo

pálido), β -caroteno (anaranjado) y xantofila (amarilla). La síntesis de pigmentos amarillentos precede a la de los rojizos-anaranjados (licopeno y β -caroteno), pero la masiva acumulación de éstos termina enmascarando a aquellos. Pero si la maduración sucede a temperaturas inferiores a 12°C, subóptimas para la síntesis de licopeno, en los cromoplastos se acumula β -caroteno, cuya síntesis progresa a esas temperaturas, dando lugar a frutos anaranjados o amarillentos (Artés y Artés, 2007).

Cantwell (2004) hace referencia a ciertas características del tomate en diferentes estadios de maduración, señalando, por ejemplo, que la luminosidad del mismo va desde 60 en el tomate verde-maduro hasta 39 en el tomate rojo oscuro, mientras que el tinte puede variar de 115° en el primer tipo de tomate a 37° en el segundo; en lo que respecta la saturación, esta autora indica que los valores para la categoría verde-maduro están alrededor de 37,9°, disminuyendo hasta 34,4° en el tomate rojo oscuro.

Núñez (1996) determinó una tendencia hacia el aumento del parámetro C^* del tomate margariteño, almacenado tanto a temperatura ambiente como en refrigeración, debido a que los valores del parámetro a^* aumentan más acentuadamente de lo que disminuyen los valores de b^* , es decir, que es mayor la formación de pigmentos rojos que la degradación de pigmentos verdes y amarillos, haciéndose más intenso y puro el color del tomate.

Por su parte, Hernández (2009) observó que los parámetros L^* y h^* del tomate margariteño tienden a disminuir durante la conservación de este producto hortícola tanto a temperatura ambiente como en refrigeración, mientras que C^* tiende a aumentar, todo esto debido a que la coloración del tomate, durante la maduración y el posterior almacenamiento poscosecha, pasa de verde-amarillenta a rojo-naranja, siendo mayor la formación de pigmentos rojos que la degradación de pigmentos verdes y amarillos, haciéndose más intenso y puro el color del tomate.

En la Tabla 2 se observan los valores aproximados de los parámetros de color en tomates durante los 6 estados de madurez reseñados (USDA, 1991; Cantwell y Kasmire, 2007).

Tabla 2. Cambios de color durante la maduración del tomate

Estado de desarrollo/Color	Clasificación	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	<i>C</i> *	<i>h</i> *
USDA						
Verde-sazón (Green)	1	62,7	-16,0	34,4	37,9	115,0
Irrupción del color (Breaker)	2	55,8	-3,5	33,0	33,2	83,9
Cambiante (Turning)	3	49,6	16,6	30,9	35,0	61,8
Rosado (Pink)	4	46,2	24,3	27,0	36,3	48,0
Rojo claro (Light Red)	5	41,8	26,4	23,1	35,1	41,3
Rojo (Red)	6	39,6	27,5	20,7	34,4	37

Fuente: USDA, 1991; Cantwell y Kasmire, 2007.

3.2.1.2. Firmeza

La firmeza es un parámetro indicativo de la calidad de los tomates frescos y procesados y está relacionada con la estructura de la pared de celular. Lamúa (2000) indica que la firmeza de las frutas y hortalizas depende de la turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células que conforman la pared celular, la presencia de tejidos de sostén o soporte y de la composición del fruto. Los componentes de las paredes celulares que contribuyen con la firmeza son la hemicelulosa, la celulosa y la pectina.

Según Lamúa (2000), en productos de origen vegetal la solubilización de sustancias pécticas (protopectinas) tiene un gran interés tecnológico al ser responsable del ablandamiento de los tejidos. Estas sustancias pécticas, que son derivados del ácido poligalacturónico, están localizadas fundamentalmente en la pared celular y laminilla media, actuando como material de cimentación de la estructura de los tejidos. El ablandamiento de la pulpa de los vegetales es uno de los mecanismos bioquímicos que plantea más problemas a la hora de optimizar la comercialización de estos productos, ya que además de producir una pérdida de calidad (sobremaduración) aumenta la sensibilidad a los daños mecánicos y al ataque fúngico.

Ramírez et al., (2004) en un estudio realizado con tomates cosechados en Coahuila (México) determinaron valores de firmeza entre 4 y 6 N, que se corresponderían con tomates “muy blandos”, según lo indicado por Cantwell (2004), quien realiza una clasificación del tomate e indica que la firmeza, en función de la

resistencia al corte, puede variar desde valores inferiores a 8 N en tomates muy blandos hasta superiores de 25 N, en tomates muy firmes. Por su parte, Arana et al., (2007) señalan que los tomates, para ser considerados como de calidad sensorial “extra”, deben presentar una resistencia a la compresión de 18 N. Hernández (2009) determinó en el tomate margariteño en estado rojo-maduro una fuerza de corte de 11,41 N, lo cual lo ubica, de acuerdo con Cantwell (2004), dentro del rango de 10 a 15 N, correspondiente a una categoría “moderadamente blando”.

3.2.1.3. Contenido en sólidos solubles totales

Kader (2007) indica que entre los parámetros químicos que se utilizan para estimar la madurez de los productos de origen vegetal se incluyen las variaciones en el contenido de sólidos solubles totales. Lewis (1993) señala que los sólidos solubles totales, expresados en °Brix, corresponden al porcentaje (p/p) de azúcares en una solución.

Según Lamúa (2000) inmediatamente después de la recolección de los productos vegetales, las enzimas responsables de la hidrólisis del almidón (α - y β -amilasas) se activan, posiblemente por un efecto de estrés de recolección, lo que supone un rápido incremento de sustratos respiratorios (azúcares y ácidos). Es por eso que durante la maduración, el contenido de almidón decrece y el de los azúcares solubles aumenta. A su vez, durante el almacenamiento, la determinación del contenido de sólidos solubles es una medida eficaz para analizar la evolución metabólica y la calidad de los frutos.

De acuerdo con Durán (2006), el valor de este parámetro permite deducir el grado de madurez de un fruto, mientras que Barreiro y Sandoval (2006) señalan que la relación o cociente entre el contenido en sólidos solubles totales (°Brix) y la acidez (% de ácido cítrico), se denomina “índice de madurez” y es un índice característico del grado de madurez, el cual aumenta durante la maduración de los frutos.

Ramírez et al., (2004), en su estudio acerca de la influencia de la temperatura sobre procesos fisiológicos en poscosecha de tomate, determinaron un contenido promedio de sólidos solubles durante el almacenamiento de este producto entre 3,8 y 4,5 °Brix. Cantwell (2004) indica que el contenido de sólidos solubles de los tomates en

general, se sitúa entre 3,5 y 7,0 °Brix, dependiendo de la variedad. Por su parte, Arana et al., (2007) señalan que las cualidades organolépticas de los tomates están relacionadas con su composición química, y que los mismos en su periodo de madurez comercial deben poseer un contenido de sólidos solubles entre 4 y 6 °Brix, estando relacionado con un aroma y sabor óptimos. Hernández (2009) determinó un contenido promedio de sólidos solubles totales en el tomate margariteño de 5,3 °Brix.

3.2.1.4. pH

El pH de un vegetal constituye una medida de los protones cedidos al agua por parte de las especies con actividad ácida en la muestra. Viene determinado por la fuerza de los ácidos presentes y su valor depende más del tipo de ácido que de la concentración.

Los ácidos fuertes como el clorhídrico (HCl) o el sulfúrico (H₂SO₄) se disocian totalmente, y por consiguiente, un mol de ácido genera un mol de hidrogeniones. Sin embargo, los ácidos mayoritariamente presentes en los productos vegetales, por ser ácidos débiles, se disocian parcialmente en solución, y por consiguiente un mol de estos ácidos no genera un mol de hidrogeniones sino una fracción, dependiendo del grado de disociación. De esta forma, los ácidos débiles afectan la acidez pero no tienen un efecto considerable sobre el pH (Barreiro y Sandoval, 2006).

Arana et al., (2007) consideran que los tomates que presentan características óptimas en cuanto a sabor y aroma, poseen un pH entre 4 y 5. En el caso del tomate margariteño, Hernández (2009) determinó un valor de $4,04 \pm 0,1$, cuando este producto se encuentra en estado rojo-maduro.

Reina (1998), al estudiar el comportamiento del pH de tomates almacenados a 28°C y 65% de humedad relativa, apreció fluctuaciones en el pH del producto, con una tendencia hacia el aumento del valor medio de este parámetro a lo largo del almacenamiento. De acuerdo con Berbesí et al., (2006), es posible observar un incremento en el pH de los productos vegetales debido a que los ácidos orgánicos de reserva presentes en las vacuolas de las células, son transformados por la propia célula a

azúcares que son utilizados para la respiración, lo que ocasiona una disminución de la acidez del medio y con ello un aumento del pH.

3.2.1.5. Acidez

La acidez es uno de los principales parámetros de calidad físico-química más comúnmente determinado en la materia prima vegetal; es cuantificable debido a la presencia de diversos ácidos orgánicos, principalmente: cítrico, málico, tartárico, oxálico, fórmico, entre otros, en proporciones variables.

Calderón (1994) señala que la acidez está relacionada con el número de miligramos de hidróxido de sodio consumidos por una determinada cantidad de muestra al ser titulada bajo condiciones analíticas establecidas. Por su parte, Barreiro y Sandoval (2006) indican que la acidez en los productos hortofrutícolas es debida a los ácidos orgánicos e inorgánicos que pudiesen estar presentes en su composición. La acidez está asociada con los grupos carboxílicos e hidrogeniones presentes.

La acidez en las bayas, tal es el caso de los tomates, es de 0,25% a 0,35% calculada como porcentaje en ácido cítrico (Lamúa, 2000). Por su parte, Cantwell (2004) señala que la acidez del tomate está entre comprendida entre 0,2 y 0,6% de ácido cítrico. Hernández (2009) determinó una acidez en el tomate Margariteño, en el estado rojo-maduro, de $0,70 \pm 0,09\%$ de ácido cítrico.

Los ácidos pueden existir a niveles por debajo de los límites de detección o pueden ser el componente principal en ciertos frutos, como los cítricos. La acidez tiende a disminuir con la madurez de los frutos, mientras que el contenido en azúcares se incrementa (Garelli, 1994). El descenso de la acidez es debido a la actividad metabólica que experimentan los productos hortofrutícolas durante la maduración, ya que en este periodo hay una intensa actividad enzimática que provoca una complicada red de cambios metabólicos que se traslapan y acoplan, lo que da origen a la conversión de los ácidos orgánicos de reserva en azúcares, que serán consumidos durante la respiración celular (Badui, 2006).

Respecto a la evolución de la acidez durante el almacenamiento poscosecha del tomate, Reina (1998), observó fluctuaciones con una tendencia hacia la disminución, al conservar el producto en condiciones ambientales (28°C y 65% HR).

3.2.2. Calidad microbiológica en tomate

La microflora natural de los productos vegetales incluye generalmente bacterias, mohos y levaduras. Sin embargo, esta microflora puede variar considerablemente, dependiendo del tipo de vegetal, de las condiciones ambientales y de la cercanía de los productos con el suelo. Normalmente, las bacterias presentes en los vegetales en el momento de la cosecha, incluyen formas Gram positivas y Gram negativas. Sin embargo, la manera en que son almacenados estos productos, a menudo influencia posteriormente el desarrollo de determinados grupos de microorganismos (Brackett, 2001).

De todos los microorganismos presentes en un alimento sólo algunos son capaces de multiplicarse activamente, de forma que la población heterogénea inicial presente en el producto va quedando reducida a poblaciones más homogéneas y, finalmente, a un sólo tipo de microorganismo que consigue colonizar todo el alimento, desplazando a los demás (Colon, 2006).

Diversos autores, como Lamúa (2000), Forsythe y Hayes (2002), Jay (2002), Cayre et al., (2003), Barreiro y Sandoval (2006) y Durán (2006) señalan que existen una serie de factores que favorecen el crecimiento microbiano en frutas y hortalizas, destacando entre ellos la temperatura, el pH, el potencial redox y la actividad de agua, además, por supuesto, de la composición química del alimento.

La temperatura es un factor importante en las reacciones de deterioro de alimentos desde el punto de vista microbiológico, ya que la tasa de crecimiento específica y el tiempo de latencia son altamente dependientes de este parámetro (Cayre et al., 2003).

Por otra parte, el pH es un valor que indica si un alimento es ácido, neutro o básico. El pH controla las diversas reacciones químicas, bioquímicas y microbiológicas

que ocurren en los productos vegetales (Matas, 2008). En general, las bacterias crecen con mayor rapidez a pH comprendidos entre 6,0 y 8,0; las levaduras entre 4,5 y 6,0 y los hongos filamentosos entre 3,5 y 4,0 (Andorrá et al., 2010). El pH afecta de forma significativa a dos aspectos de una célula microbiana: el funcionamiento de sus enzimas y el transporte de nutrientes al interior de la célula. La mayoría de las hortalizas tienen valores de pH más elevados que las frutas y, consiguientemente, las hortalizas deben ser más propensas a la alteración bacteriana que a la fúngica. Además, las hortalizas son generalmente más pobres en proteínas y por ello carecen de capacidad de tamponado para contrarrestar los cambios en su pH durante el crecimiento de los microorganismos (Jay, 2002).

El potencial redox es un parámetro utilizado para caracterizar el ambiente en que un microorganismo es capaz de generar energía y sintetizar nuevas células. Los microorganismos aerobios necesitan para crecer valores redox positivos (presencia de oxígeno), mientras que los anaerobios requieren valores redox negativos (ausencia de oxígeno). La mayoría de los microorganismos importantes para la salud, en los alimentos, son facultativos, o sea, pueden crecer en presencia y ausencia de oxígeno (Cayre et al., 2003).

La actividad de agua (a_w) se refiere al agua que se encuentra en los alimentos, no involucrada o ligada con el soluto. La mayoría de los microorganismos y especialmente, las bacterias se desarrollan a a_w cercanas a 1 (0,993 a 0,998), siendo la a_w del agua pura de 1. A medida que disminuye la a_w , la velocidad de crecimiento disminuye y la fase de latencia aumenta, conservándose mejor los alimentos (Fleet, 2003).

En relación con el efecto de la composición química de los productos vegetales sobre el crecimiento de microorganismos, Barreiro y Sandoval (2006) señalan que el medio de cultivo para el crecimiento de éstos lo constituye el propio producto, al utilizar los factores nutricionales presentes en éste, por lo que obviamente habrá microorganismos que crecen mejor en cierto tipo de alimentos que en otros.

Los microorganismos pueden utilizar como fuente de energía: azúcares, alcoholes y aminoácidos. Algunos utilizan carbohidratos complejos como almidones y celulosa. Las grasas también son usadas como fuente de energía por un número

relativamente reducido de microorganismos. Asimismo, existen microorganismos que utilizan péptidos y proteínas como fuente principal de nitrógeno (Durán, 2006).

En definitiva, muchos microorganismos son capaces de tomar de los alimentos los nutrientes y la energía que requieren para su desarrollo y, dependiendo de los compuestos que tenga un alimento en particular, éste se considerará de mayor o menor riesgo para el crecimiento microbiano (Akin et al., 2008).

Una característica importante de la mayoría de los microorganismos alterantes, tanto fúngicos como bacterianos, es su capacidad de secreción de enzimas pectinolíticas que ablandan y desintegran los tejidos vegetales (Forsythe y Hayes, 2002).

La flora inicial presente en los alimentos, antes de procesarlos, está generalmente asociada con el hábitat de la fruta u hortaliza. En general, el tejido interno de estos productos se encuentra libre de carga microbiana, estando la flora presente asociada con la superficie, específicamente con la epidermis y hojas superficiales, en el caso de productos vegetales (Barreiro y Sandoval, 2006). En consecuencia, las frutas y hortalizas se encuentran sujetas a deterioro, especialmente en los trópicos húmedos, donde las condiciones ambientales predominantes aceleran el crecimiento de esta flora y el consecuente proceso de descomposición (FAO, 1993).

Las frutas y hortalizas, una vez que han sido cosechadas, se contaminan debido a la manipulación, el contacto con el suelo y con superficies y/o equipos contaminados. Cuando se producen daños mecánicos tales como cortaduras y golpes, aumenta la posibilidad y la tasa de deterioro, ya que los microbios invaden los tejidos internos. La flora natural presente en frutas y hortalizas comprende especies de *Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Micrococcus*, *Sarcina*, *Serratia*, *Streptococcus* y *Staphylococcus* (Barreiro y Sandoval, 2006).

Jay (2002) indica que entre los géneros de microorganismos más importantes relacionados con plantas y productos derivados de ellas se encuentran: *Brochothrix*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Listeria*, *Pediococcus* y *Weisella*. Según Bartz et al., (2006) las bacterias

habitualmente encontradas en el tomate son las del género *Lactobacillus*. Cueto (2010) indica que los géneros de bacterias más comunes asociados con las enfermedades del tomate son: *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* y *Xanthomonas*. Los principales síntomas producidos por bacterias en el tomate son: secreciones, podredumbres suaves o blandas, podredumbres secas, chancros, manchas en el fruto, entre otros.

En particular, el género *Lactobacillus* se encuentra en la mayoría de las hortalizas, si no en todas, junto con algunas otras bacterias acidolácticas, al igual que el género *Pseudomonas*, conformado por bacterias típicas de la tierra y el agua, que están muy difundidas en los alimentos, en particular entre las hortalizas, y son el grupo de bacterias más importante de las que alteran los productos refrigerados, porque muchas de sus especies y cepas son psicrótrofas (Jay, 2002).

Brackett (2001) menciona a *Geotrichum candidum* como uno de los mohos más frecuentemente desarrollados en tomates, el cual puede causar podredumbre ácida.

Durán (2006) indica que no se debe olvidar que en los productos de origen vegetal igualmente están presentes muchos mohos como *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Botrytis*, *Sclerotinia* y *Rhizoctonia*, así como levaduras. Por su parte, Ronceros et al., (2008) indican que la putrefacción del tomate durante su almacenamiento se debe principalmente al desarrollo de los hongos *Geotrichum candidum* y *Aspergillus flavus*.

Según Artés y Artés (2007) los hongos filamentosos fitopatógenos más frecuentes en el tomate son:

- *Alternaria sp.*: resistente a los fungicidas; se desarrolla hacia el mesocarpo (micelios negros); penetra a través de lesiones causadas por daños mecánicos a una temperatura inferior a 9°C, siendo los frutos inmaduros muy sensibles.

- *Rhizopus sp.*: crece en heridas del vegetal y tiende a formar nidos grisáceos-negros a temperaturas superiores a 9°C.

- *Botrytis sp.*: causante de podredumbre gris; es frecuente sobre todo, en productos rajados y en zonas de éstos donde se han producido daños por frío, al igual que en donde se producen condensaciones de agua.

- *Geotrichum sp.*: ocasiona la podredumbre amarga.

- *Phytophthora infestans* y *Fusarium sp.*: se originan en invernaderos o en el campo y se desarrollan sobre lesiones del pedúnculo y en zonas con daños por el frío, en frutos pintones conservados a 6°C, en especial *Phytophthora*.

También, aunque con mucha menor asiduidad, en las heridas del tomate se encuentran hongos de los géneros *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Colletotrichum* (ocasiona antracnosis) y *Sclerotinia*, normalmente de desarrollo secundario.

En relación con la presencia de levaduras en alimentos, Jay (2002) hace referencia a géneros como: *Brettanomyces*, *Candida*, *Cryptococcus*, *Debaryomyces*, *Issatchenkia*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces*, *Torulaspora*, *Trichosporon*, *Zygosaccharomyces* y *Hanseniaspora*, y de esta última señala que fermenta azúcares y se puede encontrar en alimentos como higos, fresas, frutas cítricas y tomates.

Durán (2006) describe una serie de alteraciones microbianas en productos de origen vegetal, entre ellos el tomate, conocidas como podredumbres, las cuales pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

- Podredumbre blanda bacteriana: caracterizada por un reblandecimiento del producto, debido a la descomposición de la pectina. En algunos casos se presenta mal olor y el aspecto del vegetal es como si estuviera empapado en agua. El microorganismo productor de pectinasas, al destruir la barrera externa del vegetal, permite que otros microbios penetren en los tejidos y actúen fermentando los carbohidratos. El microorganismo mayormente productor de este tipo de podredumbre es *Erwinia carotovora*, que crece bien a 37°C, pero se puede controlar con facilidad a través de la cloración del

agua de lavado. El tomate es uno de los vegetales que puede ser afectado por este tipo de alteración.

- Podredumbre fúngica gris: debe su nombre al color que presenta el micelio del moho productor de la alteración (*Botrytis cinerea*), que a veces puede llegar a ser pardo grisáceo. Esta alteración se ve favorecida por una alta humedad y temperatura y es común en vegetales como espárragos, cebollas, ajos, pimentones, ajíes y tomates, entre otros.
- Podredumbre blanda por *Rhizopus*: en esta alteración se desprenden jugos celulares debido a la destrucción de las laminillas de pectina que actúan como tabiques de sostén entre los tejidos internos. Los productos afectados por esta alteración muestran partes negras que corresponden a los esporangios de los mohos *Rhizopus stolonifer* y *Rhizopus nigricans*.
- Podredumbre por *Phytophthora*: es causada por el desarrollo de mohos del género *Phytophthora*, que crecen en forma algodonosa blanquecina, siendo la especie *Phytophthora cactorum* la más citada como responsable de esta alteración, común en productos como tomates y pimentones.
- Podredumbre por *Alternaria*: producida por mohos del género *Alternaria*, se manifiesta inicialmente a través de una coloración verdosa, que luego toma un aspecto pardo o negruzco. Los tomates se encuentran entre los vegetales que más comúnmente presentan esta alteración.
- Podredumbre por *Fusarium*: producida por diferentes especies de este género; afecta mayormente a limones, naranjas, mandarinas y tomates.

3.2.3. Calidad sensorial del tomate

Entre los criterios de calidad de la mayoría de los alimentos, según se refleja en el Código Alimentario, se encuentran las características sensoriales. Ello pone de manifiesto que en el control de calidad de cualquier alimento es imprescindible recurrir al análisis sensorial.

Peynaud (1987) define el análisis sensorial como el “conjunto de métodos y técnicas que permiten percibir, identificar y apreciar mediante los órganos de los sentidos, cierto número de propiedades llamadas organolépticas de los alimentos”.

La calidad de consumo es una combinación de diversas características, atributos y propiedades que hacen que un alimento sea disfrutado por los consumidores, quienes seleccionan productos según su tamaño, color, forma y firmeza (Kader, 2007).

Por medio de análisis sensoriales se puede determinar si los consumidores de un alimento lo aceptarán o rechazarán y de esta forma asegurarle al consumidor final un producto de buena calidad que goce de aceptabilidad (Alvis et al., 2008).

Viera (2005) señala que el análisis sensorial aporta información real, ya que la aceptación de un producto depende de la percepción del consumidor. Este tipo de análisis se realiza con un panel de catadores, quienes siguen algunos criterios de evaluación, aunque la principal desventaja es la subjetividad del panel.

Según Fermín (2008), la única prueba que proporciona el nivel de satisfacción sobre un producto, es la evaluación sensorial mediante escala hedónica, la cual consiste en que el panelista indique sobre una escala el nivel de agrado o desagrado sobre el(los) producto(s) que está evaluando. En su concepción más utilizada (evaluando como mínimo 2 muestras) esta prueba proporciona diferencia y magnitud en el nivel de agrado o desagrado entre las muestras. Por el contrario, si se evalúa una sola muestra se puede obtener solo el nivel de agrado o desagrado de esa muestra. Existen 2 tipos de escalas hedónicas: estructuradas y no estructuradas; dentro de las escalas estructuradas se encuentran las verbales y las gráficas, siendo las más utilizadas las de 5, 7 y 9 puntos o categorías. En las escalas estructuradas verbales o semánticas, las categorías que indican el nivel de agrado y desagrado son expresiones verbales.

Según Gacula y Singh (1984), Meiselman (1988) y Meilgaard et al., (1991), las escalas hedónicas estructuradas deben contener un número impar de puntos, y se debe incluir siempre un punto central que denote indiferencia hacia la muestra (ni me gusta ni

me disgusta); generalmente los puntos por encima de este valor indican diversos niveles de agrado, mientras que los puntos por debajo corresponden a los niveles de desagrado.

La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM, según sus siglas en inglés), señala que para llevar a cabo una prueba hedónica con varias muestras, éstas pueden agruparse en una misma planilla o en planillas separadas (ASTM, 1982). Asimismo, Wacidez et al., (1992) mencionan que las muestras se pueden presentar todas al mismo tiempo o una a una, señalando que la presentación simultánea de las muestras es preferible, ya que es más fácil de administrar y le permite a los panelistas volver a evaluar las muestras si así lo desean y, además, hacer comparaciones entre las muestras. Por el contrario, Pedrero y Pangborn (1997) mencionan que cuando sean varias muestras, cada una debe considerarse por separado o independiente de la siguiente, ya que el juez afectivo utiliza su propio criterio y gusto personal para juzgar a la muestra. Asimismo, Sancho et al., (2002), mencionan que para cada muestra se debe disponer de una ficha nueva que evite los prejuicios respecto a las muestras anteriores.

La ASTM señala que para que una prueba afectiva sea válida estadísticamente, el número mínimo de jueces debe ser de 30 personas para que los datos recolectados tengan validez estadística (ASTM, 1982).

Los sentidos que intervienen en la cata son la vista, el olfato, el gusto y el tacto. El primer sentido que interviene es el de la vista. Por ella se sabe del color del producto, de su intensidad y matiz.

Son diversas las pruebas sensoriales que se han realizado para evaluar la apariencia del tomate; por ejemplo, Ronceros et al. (2008) analizaron el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la calidad del tomate var. *Pyriforme* deshidratado, cultivado en la provincia de Talca (Chile), utilizando 12 panelistas semi-entrenados que evaluaron sensorialmente el producto empleando una escala hedónica creciente no estructurada, de 0 a 15, para expresar la intensidad (0 = disgusta, 15 = gusta) de la apariencia, color, aroma, sabor y textura. También se evaluó la calidad microbiológica, la cual presentó un comportamiento inversamente proporcional a la calidad sensorial y, en esta última, se observó un comportamiento idéntico entre sabor y

apariciencia. La presencia de mohos y levaduras no tuvo un efecto significativo sobre la calidad sensorial.

García-Méndez et al., (2009) evaluaron las características sensoriales de 6 variedades de tomate (“Caramba”, “Sinatra”, “Jack”, “Goloso”, “Comanche” y “Cabrales”) en Cantabria (España) mediante pruebas triangulares y de ordenación, para así conocer la preferencia del consumidor y observar si existían diferencias entre las variedades analizadas, obteniéndose que el panel fue capaz de distinguir entre sí todos las variedades, excepto entre “Jack” y “Goloso” y entre “Jack” y “Cabrales”.

El segundo sentido involucrado en la evaluación sensorial es el del olfato, que es muy importante en el análisis sensorial. El olfato reconoce y clasifica los productos volátiles de las moléculas difundidas en el aire, a condición de que sean solubles en la mucosa olfativa y estén dotadas de olor.

Las sustancias aromáticas pertenecen a diversas familias químicas: alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos, ésteres, terpenos y otros compuestos. Dentro de una misma serie, las sustancias tienen un coeficiente de volatilidad tanto más importante cuanto más voluminosa es su molécula y más elevado su número de átomos de carbono. Los alcoholes con mayores moléculas son los más volátiles y los más aromáticos. Paradójicamente, las sustancias más ligeras son las menos volátiles. Esta ley es válida hasta 10 átomos de carbono; por encima de este número las sustancias son poco volátiles y tienen menos olor. Para un mismo radical carbonado, los ésteres son más volátiles y más aromáticos que los aldehídos, que a su vez son más volátiles que los alcoholes y los ácidos son los menos volátiles y menos aromáticos.

Tandon et al., (2001) indican que se han identificado alrededor de 400 compuestos que le confieren el aroma a los tomates frescos, pero diversos estudios han demostrado que solo unos pocos de esos componentes contribuyen significativamente al aroma, estando presentes en concentraciones de hasta 1 µl/l, siendo éstos: cis-3-hexenal (herbáceo); β-ionona (floral, perfume, dulce); hexanal (floral, herbáceo); β-damascenona, 1-penten-3-ona (herbáceo); 2,3-metilbutanol (pungente, a tierra); trans-2-hexenal (hojas verdes); 2-isobutiltiazol (fermentado); 1-nitro-2-feniletano, trans-2-heptenal (frutas secas); fenilacetaldehído (floral, rosas); 6-metil-5-hepten-ona (floral);

cis-3-hexenol (a almendras); 2-feniletanol (floral, dulce); 3-metilbutanal, metilsalicilato (plástico, pesticidas); geranilacetona (olor a tierra); furanol, hexanol, metional (a patatas); 1-octen-3-ona (olor a tierras, hongos).

No todos los sabores tardan el mismo tiempo en apreciarse ya que para que una sustancia sea sávida debe ser soluble en la saliva. Cuando se analiza el tomate, no todos los sabores esenciales se perciben al mismo tiempo. Se dice que el tiempo de reacción, de excitación, es diferente según los gustos y evolucionan de forma distinta. El sabor dulce se percibe de forma inmediata. Una vez en contacto con la lengua, la reacción es prácticamente instantánea. La intensidad del sabor dulce alcanza su máximo en cuanto transcurre el primer segundo, disminuyendo luego progresivamente para desaparecer pasados unos diez segundos. Los sabores salados y ácidos se perciben también rápidamente, pero tienen mayor grado de persistencia. En cuanto al gusto amargo es lento en su desarrollo pero aumenta y se mantiene más tiempo en la boca, incluso una vez retirado el producto de ésta. Las primeras impresiones recibidas son muy diferentes de las últimas. Se pueden distinguir tres fases: en la primera denominada de ataque, de 2 ó 3 segundos de duración, predominan los sabores dulces; en la segunda denominada de evolución, con una duración de entre 5 y 12 s, aparecen los 3 sabores restantes: ácido, salado y amargo; en la fase final predominan los ácidos y amargos (Peynaud, 1987).

Auerswald et al., (1999) utilizaron 10 panelistas entrenados para establecer el perfil sensorial de 7 características del tomate (apariencia externa, apariencia interna, firmeza al toque, olor al cortar el fruto, aroma, sabor residual y sensación bucal) según 58 descriptores que fueron evaluados utilizando una escala no estructurada desde 0 (no perceptible) hasta 100 puntos (fuertemente perceptible). Adicionalmente se hizo un estudio con 100 consumidores que evaluaron la primera impresión, apariencia, sabor, aroma, sabor residual y sensación bucal, usando una escala no estructurada desde 0 (“me desagrada/malo”) hasta 100 puntos (“me agrada/bueno”).

Tandon et al., (2000) afirman que el sabor característico de los tomates es el resultado de complejas interacciones entre compuestos aromáticos volátiles y compuestos no volátiles como los azúcares y los ácidos. Dicho sabor se considera que es debido a una combinación del dulzor (debido a la fructosa y glucosa) con la acidez (producto de los ácidos cítrico y málico) de este producto.

Ramos et al., (2010) realizaron una evaluación sensorial de tipo descriptivo para determinar el sabor, aroma, textura de tomates var. “Saladette”, “Uva”, “Bola” y “Cherry”, utilizando una escala de 15 puntos (1 = apenas detectable; 7 = moderadamente intenso; 15 = intensidad extrema) y encontraron sabores: dulce, salado, a calabaza, a ciruela, ácido, amargo, oxidado, picante, a cebolla, a ajo, a limón y a pasto. Los perfiles del aroma estuvieron compuestos por olor a moho, tallo, pasto, ajo, limón, humedad, polvo, etanol, caramelo, picante, cereza, geranio, pimienta y frijol. En cuanto a la textura, los descriptores de textura encontrados para la superficie del tomate fueron humedad/sequedad; para la primera mordida: dureza, cohesividad, fracturabilidad, uniformidad de mordida, liberación de humedad; para el primer masticado: dureza, cohesividad, fracturabilidad, uniformidad de mordida, liberación de humedad; para el masticado: absorción de humedad, cohesividad, adhesividad; para la sensación residual: geométrico, capa aceitosa y aglomeración en los dientes.

3.2.4. Calidad nutricional del tomate

El tomate constituye uno de los frutos de mayor interés en la nutrición humana por los beneficios que aporta su ingesta, debido a su riqueza en vitaminas, principalmente A y C, elementos minerales como el potasio, alto contenido de fibra soluble e insoluble, compuestos funcionales y gran cantidad de agua (Ramos et al., 2010). El consumo de este fruto es imprescindible para conseguir una alimentación sana y equilibrada. El grado de aceptación que tiene en las diversas culturas del mundo se evidencia por el hecho de que es el segundo producto hortícola, tras la patata, en el consumo mundial (Ronquillo, 2007).

Su alto contenido en vitaminas y carotenos hacen al tomate un producto habitualmente incorporado en la dieta humana, por lo que se ha convertido en un cultivo de un enorme valor económico, tanto por la facilidad de su cultivo como por su versatilidad de uso en consumo como vegetal fresco o procesado (Casado, 2004). El tomate presenta propiedades que favorecen la salud, actuando en la prevención de problemas cardiovasculares y del cáncer, principalmente de próstata y de mama, debido su riqueza en carotenos (β -carotenos y licopenos), compuestos que actúan como potentes antioxidantes (Ramos et al., 2010).

Entre las propiedades nutricionales del tomate destacan también su alto contenido en vitaminas C y A, las cuales fortalecen el sistema inmune ayudándolo a detener las enfermedades degenerativas. De igual forma, es recomendado para el tratamiento de enfermedades como reumatismo, arteriosclerosis, parálisis, úlceras del estómago, tuberculosis, diabetes, estreñimiento y colitis. Asimismo, disminuye el riesgo de desarrollar cáncer de páncreas, cuello uterino, próstata, pulmón y estómago, debido a que posee acción desintoxicante y remineralizante, eliminando las toxinas producidas por los procesos metabólicos, la reducción del ácido úrico y el colesterol (FAO, 2011).

Este fruto presenta en su composición una serie de elementos que resultan muy adecuados para prevenir la aparición de enfermedades, dentro de los cuales se encuentran:

- El licopeno: es un pigmento vegetal cuya principal fuente es el tomate y tiene la característica de ser liposoluble. Este compuesto no puede ser sintetizado por el organismo y por lo tanto, debe obtenerse a través de la dieta. El licopeno es un carotenoide acíclico formado por 40 átomos de carbono, teniendo tanto enlaces sencillos como dobles que se alternan, siendo necesario que existan al menos 7 dobles enlaces conjugados para que este pigmento produzca color. Cuanto mayor es el número de enlaces dobles, mayor es la longitud de onda de la luz absorbida y más rojo será el tomate. El licopeno posee propiedades antioxidantes que resultan eficientes como agente quimiopreventivo, debido a que actúa reduciendo la oxigenación de las proteínas de baja densidad (LDL, siglas en inglés), haciendo descender los niveles de colesterol en sangre (Llamas, 2008; Vitale et al., 2010).
- El glutatión y su enzima glutatión S-transferasa (GST): son componentes con propiedades antioxidantes que se encuentran en su totalidad en la piel del tomate, por lo cual se recomienda consumir el fruto crudo. La GST ayuda a eliminar los radicales libres responsables de la aparición de muchas enfermedades. La GST pertenece a una familia de enzimas de gran importancia en mecanismos de desintoxicación celular, eliminando xenobióticos o sustancias nocivas para las células (Ortiz, 2001).

Conviene tener presente que el tomate contiene abundante vitamina C y β -caroteno (provitamina A), y que sus contenidos en un solo fruto suministra una cuarta parte de las necesidades diarias de esas sustancias en la dieta humana, por lo que se debe atender también a este aspecto en la recolección y conservación del tomate fresco (Artés y Artés, 2007).

3.3. FISIOLÓGÍA POSCOSECHA DEL TOMATE

La poscosecha es el período comprendido entre la cosecha del producto y su distribución al consumidor final, por lo tanto está relacionada tanto con la manipulación, transformación y comercialización del producto, como con la etapa productiva del mismo (Arcila, 2002). Martínez et al., (2003) definen la poscosecha como el periodo transcurrido entre el momento en que un producto es recolectado, una vez que ha llegado a su madurez fisiológica, hasta que es consumido en estado fresco, preparado o transformado industrialmente.

Ríos et al., (2003) indica que la cosecha del tomate puede ser realizada en forma manual o mecánica. La forma manual se utiliza tanto para el consumo del tomate en fresco como para el que será usado en la industria, mientras que la recolección mecánica se utiliza casi exclusivamente para el tomate destinado a la industria. En el caso de la cosecha manual para el consumo en fresco, el tomate puede cortarse junto con el cáliz y la base del pedúnculo, pero comúnmente se cosecha el fruto dejando el cáliz en la planta, lo que origina una leve herida que se seca rápidamente. De esta manera se evita que los pedúnculos dañen a otros frutos durante el almacenamiento en cestos o cajones para el transporte durante la distribución.

La manera en que se efectúa la recolección influye sobre la calidad del producto. Esto está relacionado con la producción de daños mecánicos o manuales en los tomates, por la presencia de otros materiales. Los daños mecánicos producidos en el tomate durante la carga son consecuencia de la energía cinética que llevan estos frutos al momento del impacto. La intensidad de los daños es variable y oscila desde simples grietas en la piel (frutos rajados) hasta lesiones que afectan a la cavidad carpelar (ICMSF, 2001; Ríos et al., 2003).

La cosecha del tomate es una actividad muy importante de la cual depende, en gran parte, la calidad final del fruto. El momento más adecuado para la cosecha viene determinado por las preferencias del mercado, aspecto que se debe tener en cuenta en el momento de elegir con qué grado de madurez se cosecharán los frutos. Por ello se recomienda la recolección de los tomates con un 25% de maduración, con una coloración verde intensa, ya que por ser este un fruto climatérico seguirá madurándose hasta que llegue al consumidor (Cornejo, 2009).

La primera etapa en la vida poscosecha de un producto vegetal es el momento de la recolección. En la mayoría de los productos frescos, dicha recolección se realiza manualmente, por lo que la decisión de si el producto ha alcanzado la madurez correcta para la cosecha recae en el cosechador (Reid, 2007). La recolección en una época inadecuada favorece el desarrollo de anomalías que son perjudiciales para la conservación del producto (Solís y Valadez, 1993).

Los productos vegetales son especies vivas que siguen respirando después de su cosecha. La respiración va acompañada de la transpiración del agua contenida en las células. Es por esta transpiración que los productos hortofrutícolas se marchitan. El estado de madurez de dichos productos vegetales es importante para obtener, tras su procesado, un producto con las características deseadas.

La respiración es uno de los principales procesos fisiológicos que se presentan en un producto cosechado o en cualquier parte de la planta; puede describirse como la degradación oxidativa de sustancias como almidón, azúcares y ácidos orgánicos, para la producción de energía (Bosquez, 2006; Lvidal, 2009; Sañudo et al., 2010). La tasa respiratoria es un excelente indicador de la actividad metabólica de los tejidos, por lo que proporciona una guía útil para la vida potencial de almacenamiento del producto (Wills et al., 1999; Bosquez, 2006). Aranceta (2006) señala que la intensidad respiratoria depende de factores internos (características y composición del vegetal) y externos (temperatura y disponibilidad de gases de la atmósfera, principalmente O₂ y CO₂).

Durante la respiración se genera calor, que al ser liberado al medio que rodea al vegetal, puede afectar al producto cosechado, por lo que la medición de este calor es de gran utilidad para determinar los requerimientos de refrigeración y ventilación de frutas y hortalizas durante su manejo poscosecha; en general, cuanto mayor es la tasa respiratoria de un producto, menor es su vida útil de almacenamiento. Es conveniente, tener presente que la vida útil de los productos vegetales en el período poscosecha depende de una serie de factores, entre los que se pueden mencionar la tasa respiratoria ya citada anteriormente, la variedad y el grado de maduración del producto, así como también la temperatura y la concentración de los gases en el ambiente que les rodea (FAO, 2000).

Reina (2006) señala que la respiración es necesaria para la obtención de energía y que el calor que se produce durante este proceso debe ser disipado de alguna manera, o de lo contrario el producto se calentará, sobreviniendo la degradación de los tejidos y la muerte. La actividad respiratoria está estrechamente relacionada con los cambios en la maduración, la calidad, periodo de almacenamiento, rapidez de aparición de ciertas fisiopatías, el manejo del producto y los tratamientos poscosecha.

Asimismo, es importante tener en consideración que los productos vegetales también transpiran, es decir, pierden agua. Mientras estos alimentos permanecen unidos a la planta de procedencia, las pérdidas ocasionadas por la respiración y la transpiración se compensan mediante el flujo de la savia, que contiene agua, fotosintatos (especialmente sacarosa y almidón) y minerales. Tras la recolección, continúan respirando y transpirando y, como han perdido contacto con la fuente de agua, fotosintatos y minerales, dependen exclusivamente de sus reservas alimenticias y de su propio contenido de agua (FAO, 2000).

La actividad respiratoria es el mejor indicador de la vida útil así como del calor que puede generar un producto vegetal. En la Tabla 3 se observa una clasificación de los productos vegetales dependiendo de la tasa respiratoria que presentan después de la cosecha (Bosquez, 2006).

Tabla 3. Clasificación de los productos vegetales en función de su tasa respiratoria poscosecha

Tipo de actividad respiratoria	Tasa de respiración (5°C) mg CO₂/kg x h	Producto vegetal
Muy baja	< 5	Dátil, frutos secos y nueces
Baja	5 a 10	Manzana, cítricos, uvas, kiwi, caqui, ciruela y granada
Moderada	10 a 20	Albaricoque, plátano, cereza, pera, nectarina, melocotón, higo, mango y tomate
Alta	20 a 40	Aguacate, parchita, mora, coliflor, zanahoria y lechuga
Muy alta	40 a 60	Alcachofa, brócoli y col de Bruselas
Altísima	> 60	Espárrago, champiñón y guisante

Fuente: Bosquez, 2006.

Según Reina (2006) los frutos, como órganos vivos, llevan a cabo un proceso fisiológico después de haber sido separados de las plantas que les dieron origen. Durante las primeras etapas del desarrollo, los frutos presentan una actividad respiratoria elevada, la cual va disminuyendo a medida que el desarrollo avanza y, durante la fase de madurez comestible, ciertos tipos de frutos exhiben un resurgimiento de esta actividad antes de entrar a la senescencia. Dicho resurgimiento es de menor intensidad al registrado al inicio del desarrollo. Otro grupo de frutos exhibe una disminución paulatina en su actividad respiratoria hasta las últimas etapas del desarrollo.

El proceso de maduración de los frutos es una transformación bioquímica que ocurre normalmente gracias a determinadas enzimas (Fernández, 2004). Ramírez (2004) señala que la maduración está ligada a complejos procesos de transformación de los componentes de estos productos. Los productos vegetales, al ser recolectadas, quedan separados de su fuente natural de nutrientes, pero sus tejidos todavía respiran y siguen activos. Los azúcares y otros componentes sufren importantes modificaciones, formándose anhídrido carbónico (CO₂) y agua. Todos estos procesos tienen gran

importancia porque influyen en los cambios que se producen durante el almacenamiento, transporte y comercialización de dichos productos, afectando también, en cierta medida, su valor nutritivo.

Zeiger y Taiz (2006) indican que a medida que los frutos maduran, en los tejidos aumenta la tasa de biosíntesis del ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) y del etileno. Las actividades enzimáticas de la ACC oxidasa y la ACC sintetasa aumentan a medida que aumentan los niveles de ácido ribonucleico mensajero (ARNm) de los genes que codifican a cada enzima. Sin embargo, la aplicación de ACC a frutos no maduros solo aumenta ligeramente la producción de etileno, indicando que el aumento de la actividad de la ACC oxidasa es la etapa limitante de la maduración. A medida que el tejido de los productos de origen vegetal envejece se produce una disminución en la tasa de respiración; sin embargo, algunas hortalizas como el tomate, muestran en el tiempo un súbito incremento en la actividad metabólica y en la tasa de respiración. Este fenómeno recibe el nombre de climaterio y está generalmente relacionado con cambios externos en la apariencia del producto, característicos de la madurez y senescencia, tales como cambios en la composición, desarrollo de color externo y cambios en la textura y el sabor (Barreiro y Sandoval, 2006).

Ramírez (2004) señala que una forma de clasificar los productos vegetales es en climatéricos y no climatéricos, debido a la presencia o no de un incremento de la respiración dependiente del oxígeno; dicho aumento en la respiración se denomina subida climatérica.

En la Tabla 4 se muestran algunos ejemplos de frutos climatéricos y no climatéricos (Zeiger y Taiz, 2006).

Tabla 4. Principales frutos climatéricos y no climatéricos

Frutos climatéricos	Frutos no climatéricos
Aguacate	Cereza
Ciruela	Cítricos
Higo	Frambuesa
Mango	Fresa
Manzana	Limón
Melocotón	Mandarina
Melón	Naranja
Pera	Pimentón
Plátano	Sandía
Tomate	Uva

Fuente: Zeiger y Taiz, 2006.

Reina (2006) define a los frutos climatéricos como aquellos que exhiben un alto incremento en la tasa de producción de CO₂ y etileno, coincidiendo con la maduración, tales como el tomate, el melocotón, etc., capaces de generar etileno, que es la fitohormona necesaria para que el proceso de maduración continúe aun cuando el fruto esté separado de la planta. Estos frutos incrementan marcadamente su ritmo respiratorio y la producción de etileno durante la maduración organoléptica por lo que además de ser autónomos desde el punto de vista madurativo, sus cambios en el sabor, aroma, color y textura están asociados con un aumento transitorio de la actividad respiratoria y vinculados estrechamente a la producción autocatalítica del etileno. Los frutos no climatéricos son aquellos frutos que no exhiben incrementos en la tasa de producción de CO₂ y de etileno durante la maduración, como los cítricos, la fresa, etc., y por lo tanto, la madurez comercial solamente se alcanza en la planta.

En concordancia, García (2008) indica que los frutos climatéricos son los frutos que maduran en respuesta a la presencia de etileno y/o a un aumento brusco en la producción de etileno, mientras que los frutos no climatéricos son aquellos donde la maduración no depende esencialmente de la presencia del etileno, por cuanto la cantidad de etileno que desprenden es muy pequeña y casi constante.

Aranceta (2006) señala que en los frutos climatéricos, al llegar a la madurez, la intensidad respiratoria aumenta bruscamente hasta un máximo o pico climatérico y luego disminuye, mientras que en los no climatéricos la intensidad respiratoria apenas se modifica al alcanzar la madurez fisiológica y permanece constante, incluso después de la recolección; es decir, que cuando los frutos climatéricos maduran, la velocidad de la respiración se eleva llegando a un máximo y luego disminuye hasta el comienzo del envejecimiento, mientras que en las frutas no climatéricas la tasa de respiración decrece gradualmente.

La diferencia entre frutas climatéricas y no climatéricas atiende a la fisiología del vegetal y, específicamente, al patrón de respiración y de producción de etileno. Todos los frutos que maduran en respuesta al etileno muestran un aumento en la respiración antes de la fase de maduración, llamado climaterio (Rodríguez y Magro, 2008; Gil, 2010).

Considerando que el etileno acelera los procesos de maduración, es preciso evitar su acumulación mediante ventilación, a fin de aumentar el periodo de conservación de los frutos. Si este compuesto gaseoso, producido por un fruto maduro, se acumula en las cercanías de frutos no maduros, puede desencadenar rápidamente su maduración, lo que contribuiría a acelerar el deterioro de ellos (Ramírez, 2004).

El estado de desarrollo de un fruto o parte de la planta puede ejercer un efecto muy pronunciado sobre la velocidad respiratoria y metabólica del tejido vegetal después de la cosecha. Por lo general, las células jóvenes, de crecimiento activo, tienen mayor velocidad respiratoria que las células senescentes o maduras. Sin embargo, se debe considerar que existen también algunos factores que afectan la relación entre madurez y actividad respiratoria, por ejemplo, la especie, la parte de la planta bajo consideración y los diferentes estados de madurez (Reina, 2006).

La maduración de un fruto es un proceso fisiológico y bioquímico irreversible, que está bajo control genético y hormonal, comprendido entre las fases de crecimiento (alta división celular) y senescencia; este proceso, acompañado por múltiples cambios a nivel celular, más que por un aumento de tamaño, proporciona las características óptimas para su consumo. La etapa de maduración requiere de la síntesis de nuevas

proteínas y ARNm, así como de nuevos pigmentos y componentes del sabor, procesos anabólicos que requieren de energía y compuestos carbonados, los cuales son proporcionados mediante la respiración (Melgarejo et al., 2004).

Tras su recolección, los frutos sufren numerosos cambios físico-químicos los cuales son determinantes de su calidad. Después de cosechados, específicamente los frutos climatéricos pasan por 4 estados de desarrollo fisiológico: preclimaterio, climaterio, madurez de consumo y senescencia (Arrieta et al., 2006).

FAO (2010) define el grado de madurez como el índice más usado para la cosecha de frutos, pero debe diferenciarse la madurez fisiológica de la madurez comercial o de consumo (López, 2003). La primera es aquella que se alcanza una vez que se ha completado el desarrollo de las frutas u hortalizas, mientras que la segunda se refiere al estado en el cual el producto es requerido por el mercado (Figura 3).

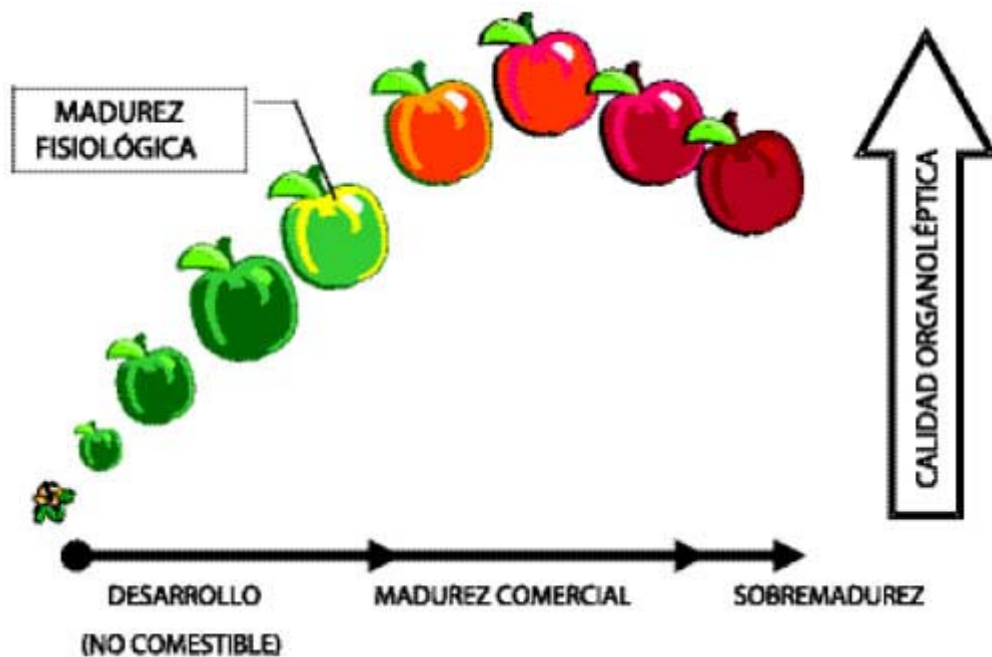


Figura 3. Estados de madurez de un fruto

Fuente: FAO, 2010.

Por su parte, Sañudo et al. (2010) definen la madurez fisiológica como el estado de desarrollo donde el fruto, o parte de la planta, continuará con su ontogenia aún después de ser cosechado. La madurez de consumo o comercial es el estado de

desarrollo donde el fruto o parte de la planta posee las cualidades deseadas por el consumidor con un propósito específico.

La sobremadurez es el estado que sigue a la madurez comercial, donde la preferencia por parte de los consumidores disminuye, fundamentalmente porque el fruto se ablanda y pierde parte del sabor y aroma característicos. Sin embargo, es el estado adecuado para la elaboración de algunos dulces o salsas. La madurez comercial puede coincidir o no con la madurez fisiológica. En la mayor parte de los frutos el máximo desarrollo se alcanza antes que el producto llegue al estado de preferencia de los consumidores, pero en aquellos que son consumidos inmaduros la madurez comercial se puede alcanzar antes que la fisiológica (FAO, 2010).

Hortalizas como tomates, pimentones, ajíes (chiles), entre otros, sufren un proceso de maduración que es parte esencial de su desarrollo y que conduce eventualmente al envejecimiento y muerte de los tejidos. La velocidad y naturaleza del proceso de maduración difiere significativamente entre especies vegetales, variedades de una misma especie, diferentes grados de madurez de la misma variedad, y también entre zonas de producción (FAO, 1987).

En el proceso de maduración de los tomates, el proceso de respiración continúa incluso después del envasado; por ello, la disponibilidad de oxígeno es crítica para evitar la respiración anaeróbica y preservar la calidad del producto, por lo que se debe garantizar el acceso al mismo mediante la perforación de los envases o el uso de películas permeables a dicho gas (Kantola y Helén, 2001).

El tomate por ser climatérico, está sujeto a sufrir cambios en el sabor, aroma, color y textura que están asociados a aumento transitorio de la tasa de respiración y vinculados estrechamente a la producción autocatalítica de etileno, hormona clave en el proceso de maduración. El grado de madurez es el índice usado para la cosecha de este fruto, diferenciado por los distintos colores que adopta iniciando desde verde intenso, verde claro, pintón, rosado, rojo pálido, hasta rojo (Figura 4). El cambio de color es el signo externo más evidente de la maduración y se debe, en primera instancia, a la degradación de la clorofila (desaparición del color verde) y a la síntesis de los pigmentos específicos de la especie. Cuanto más avanzada es la madurez más se

intensifica el color rojo del tomate, reduciéndose la vida comercial poscosecha (FAO, 2011).



Figura 4. Estados de madurez del tomate

Fuente: FAO, 2011.

De igual manera, Cantwell y Kasmire (2007) realizan una descripción de los estados de desarrollo y madurez de los tomates comercializados en fresco (Tabla 5). En ella se relacionan 9 estados de madurez del tomate con las 6 categorías de clasificación del tomate según su color, propuesta por el USDA (1991).

Tabla 5. Estados de desarrollo y madurez de tomates comercializados en fresco

Estado	Clasificación USDA	Descripción
Immadero	-	Las semillas se pueden cortar con un cuchillo filoso al rebanar el fruto; no hay material gelatinoso en ningún lóbulo; el fruto se encuentra a más de 10 días de alcanzar el estado quebrante (breaker).
Verde-sazón A (Green)	1	Completo desarrollo de las semillas y no se las puede cortar al rebanar el fruto; se encuentra material gelatinoso en al menos un lóbulo; el fruto se encuentra a 6–10 días del estado irrupción del color (breaker). Este es el límite mínimo de cosecha.
Verde-sazón B (Green)	1	El material gelatinoso está bien desarrollado en los lóbulos pero el fruto está aun completamente verde; está entre 2 y 5 días de alcanzar el estado quebrante (Breaker).
Verde-sazón C (Green)	1	Coloración rojiza interna en el extremo floral del fruto, sin que se presente cambio externo en el color; está entre 1 y 2 días de alcanzar el estado quebrante (Breaker).
Quebrante (Breaker)	2	Primera manifestación de una coloración rojiza en el extremo floral del fruto.
Cambiante (Turning)	3	Más del 10% pero menos del 30% de la superficie del fruto muestra un cambio definido de color, del verde a amarillo bronceado, rosado, rojo o combinación de ellos.
Rosado (Pink)	4	Más del 30 por ciento pero menos del 60 por ciento de la superficie del fruto muestra un color rosado o rojo.
Rojo claro (Light Red)	5	Más del 60 por ciento de la superficie en el fruto, muestra un color de rosa-rojizo a rojo, pero menos del 90% de la superficie exhibe color rojo.
Rojo (Red)	6	Más del 90% de la superficie del fruto muestra color rojo.
Rojo completo	-	El fruto ha desarrollado una coloración roja completa. El fruto tiene más aroma y es más blando que el fruto en estado rojo.

Fuente: Cantwell y Kasmire, 2007.

Las alteraciones fisiológicas que ocurren en los tomates durante la fase de poscosecha ocasionan pérdidas de calidad que afectan las características organolépticas del tomate que perciben los consumidores, como su apariencia, sabor, textura, pérdida de peso, traduciendo a su vez en pérdidas económicas (Ojeda, 2011).

El daño por frío es uno de los desórdenes fisiológicos que más afecta al tomate, el cual es causado por exposiciones a temperaturas de refrigeración (8°C). Si se almacenan tomates a temperaturas inferiores a 10°C durante 2 semanas o a 5 °C durante un período superior a 6 días, el daño por frío será notable. Esto ocurre básicamente en tomates en su primer grado de maduración fisiológica (verde intenso), cuando han sido enfriados durante un tiempo prolongado y provoca el que no maduren uniformemente aún después de ser transferidos a condiciones óptimas de maduración, haciéndose susceptibles a podredumbres, básicamente por *Alternaria* spp. Este tipo de daño se evidencia mediante punteado superficial, ablandamiento superior al normal para cierto grado de madurez, y pardeado de las semillas (Guzmán et al., 1998).

Otros desórdenes fisiológicos que pueden afectar de igual manera al tomate son la sobreproducción de etileno, el oxígeno disponible, el dióxido de carbono y los reguladores del crecimiento, provocando una maduración irregular de los frutos (Guzmán et al., 1998; FAO, 2011).

Asimismo, el daño mecánico en los tomates es el principal factor alterante durante la comercialización. Es de gran importancia debido a que los manipuladores muchas veces no reconocen cuán perjudicial puede ser golpear los tomates en el proceso de recolección y traslado, debido a que dichos daños no son detectados hasta que los tomates maduran. El problema comienza en la cosecha y continúa hasta el consumo del producto. Los tomates deben ser transportados en cajas o cestas para que no sufran deterioro. Se debe tener cuidado en el momento del transporte debido a que pueden sufrir daños si el contenedor de cosecha o transporte es muy profundo; de igual manera, pueden ser deteriorados durante la descarga. Los vehículos cargados con el tomate cosechado deben estacionarse en áreas techadas para evitar que el producto se caliente. Los frutos pueden descargarse en agua dentro de tanques con agua corriente para reducir daños físicos, efectuándose dicha descarga de forma manual o en mediante cintas transportadoras (Crisosto et al., 1999).

Igualmente se pueden ocasionar daños mecánicos en las operaciones de descarga en seco, dando lugar a magulladuras, raspaduras y fracturas. El grado de madurez de los tomates puede influenciar el tipo y la cuantía del daño. Existe mayor incidencia de daño en frutos rojos que en verdes, debido a que mientras mayor sea el grado de madurez, más blando es el fruto, y a su vez más susceptible de sufrir golpes y magulladuras (Ojeda, 2011).

3.4. CONSERVACIÓN POSCOSECHA DE PRODUCTOS VEGETALES. CASO DE ESTUDIO: TOMATE

Según Barreiro y Sandoval (2006) los productos de origen vegetal poseen una barrera natural constituida por la epidermis, la cual les sirve de protección y regula factores tan importantes como el intercambio de gases metabólicos, la transpiración, la volatilización de compuestos aromáticos y la resistencia a los daños por frío, protegiendo al producto de daños mecánicos, ataques microbianos y penetración de agentes químicos.

Las frutas y las hortalizas se cosechan, generalmente, cuando alcanzan una calidad visual o comestible óptima. Sin embargo, como son sistemas biológicos vivos, se deterioran tras la recolección y la velocidad de este deterioro varía considerablemente en función del producto que se trate, dependiendo del ritmo metabólico de éste, produciéndose generalmente, en un corto periodo de tiempo. Si la transferencia de estos alimentos del productor al consumidor final, a través de las cadenas de comercialización más simples, tiene lugar en un corto período de tiempo, el deterioro poscosecha tiene escasa importancia. No obstante, las distancias entre las zonas de producción y los centros de consumo, tanto en los países en vías de desarrollo como en los desarrollados, así como la proliferación de grandes urbes con sistemas de comercialización complejos y el incremento del comercio internacional, han aumentado de forma considerable el tiempo entre la recolección de los productos y su llegada al consumidor, y a este tiempo debe añadirse el de almacenamiento intencionado de ciertos productos, para colocarlos en el mercado en el momento más oportuno, teniendo en cuenta la relación entre la oferta y la demanda. Las cadenas modernas de comercialización, que han incrementado la demanda de estos productos, han hecho imprescindible el desarrollo y la aplicación

de tecnologías poscosecha que permitan el mantenimiento de la calidad durante períodos de tiempo cada vez más prolongados (Wills et al., 1999).

Asimismo, los consumidores de frutas y hortalizas son cada vez más exigentes en cuanto a la calidad de estos productos. La solución idónea para preservar la calidad global (físico-química, microbiológica, sensorial y nutritiva) de los productos hortofrutícolas y satisfacer las crecientes exigencias de los mercados, consiste en mejorar los tratamientos posrecolección (Cáceres et al., 2003).

La conservación de la calidad de un producto vegetal, lograda con las diferentes prácticas de conservación, es uno de los principales objetivos técnicos a los que se enfrentan las empresas dedicadas a la comercialización de frutas y hortalizas (Zoffoli, 2009).

La producción de frutas y hortalizas de calidad, así como el mantenimiento y la maximización de la misma durante las fases de poscosecha y la distribución, están asociadas con una minuciosa introducción de tecnologías muy diversas que se aplican en cada fase, incluyendo los procesos de producción, cosecha y poscosecha. Se trata de tecnologías indispensables para asegurar la calidad e inocuidad del producto (Bosquez, 2006).

La conservación de las frutas y hortalizas se basa principalmente en reducir la actividad metabólica de estos productos; con esto, se logran efectos sobre la calidad al retrasar el proceso de solubilización de las pectinas (ablandamiento), degradación de ácidos y clorofila (degradación del color verde, amarillamiento) y los desórdenes relacionados con la senescencia (Zoffoli, 2009).

Los métodos tradicionales de conservación destruyen o inactivan enzimas así como microorganismos patógenos y causantes de alteraciones, actuando sobre los factores que afectan a su actividad tales como el pH (acidificación artificial o fermentación bajo control), la disponibilidad de agua (deshidratación y concentración por evaporación) y el potencial de óxido-reducción (aplicación de vacío, gases inertes y atmósferas controladas). Asimismo, la adición o exposición a sustancias inhibitoras (conservantes o antisépticos) y la aplicación de altas y bajas temperaturas

(pasteurización, esterilización, refrigeración y congelación) son alternativas para prolongar la vida comercial de los alimentos. También existe la posibilidad de utilizar métodos de conservación basados en más de uno de los principios anteriormente mencionados, con lo cual se incrementa la vida útil de los productos y/o se reduce la intensidad de los tratamientos aplicados individualmente (Casp y Abril, 2003).

La correcta manipulación poscosecha de las frutas y hortalizas exige tener en cuenta que se trata de estructuras vivas y que estos productos no solo se encuentran vivos cuando están unidos a la planta de procedencia, ya que tras la recolección continúan estándolo y siguen desarrollando los procesos metabólicos y manteniendo los sistemas fisiológicos que operaban mientras se hallaban unidos a la planta de origen (Wills et al., 1999).

Trejo (2007) señala que la aplicación de tecnologías poscosecha implica el conocimiento de los principios básicos que regulan el comportamiento del producto cosechado, y de la tecnología de manejo necesaria para su adecuada conservación en estado natural, teniendo como objetivo fundamental el mantenimiento de la integridad física y la calidad del producto fresco.

La creciente atención prestada en los últimos años a las tecnologías poscosecha ha sido consecuencia de la utilización de prácticas de manipulación posrecolección inadecuadas, que inducen a grandes pérdidas (Wills et al., 1999).

El fin primordial de las tecnologías poscosecha es el desarrollo de métodos que disminuyan, cuanto sea posible, el deterioro de los productos durante el período entre la recolección y su ingesta por parte del consumidor. Sin embargo, esto requiere un conocimiento profundo de la estructura, la composición, la bioquímica y la fisiología de los productos hortofrutícolas, ya que las tecnologías poscosecha conducen básicamente a reducir el ritmo metabólico de los productos, sin inducir procesos anómalos. Es importante considerar que aunque existan aspectos estructurales y metabólicos comunes, los diferentes tipos de productos pueden exhibir distintas repuestas a situaciones poscosecha concretas (Wills et al., 1999).

Es por ello que Lamúa (2000) señala que es muy importante tener en consideración que para optimizar las tecnologías posrecolección es necesario conocer los denominados “puntos críticos”, en función de la especie, variedad y grado de madurez en el momento de la recolección, ya que unas condiciones inadecuadas pueden inducir alteraciones fisiológicas.

En la actualidad, el objetivo de la producción de frutas y hortalizas es lograr productos de calidad, de larga duración en el mercado, y que puedan ser transportados a grandes distancias. Es por esto que para realizar un manejo poscosecha eficiente se deben conocer las características del producto, del ambiente de conservación y del medio biótico. La interacción entre todas ellas y los factores de precosecha determinan la calidad y la capacidad de conservación de los productos hortofrutícolas (Trejo, 2007).

El método más común para prolongar la vida poscosecha de frutas y hortalizas es el almacenamiento en condiciones de refrigeración, ya que las bajas temperaturas disminuyen la respiración y retardan la maduración y la senescencia (Barreiro y Sandoval, 2006). La refrigeración, aplicada lo más pronto posible, por ejemplo, a una fruta u hortaliza recién cosechada, y mantenida durante el transporte, el almacenamiento y la venta, permite conservar las características de calidad de los productos vegetales prácticamente intactas, ya que se disminuye la velocidad de ciertas reacciones físicas y químicas (Durán, 2006).

Sin embargo, no siempre es factible la aplicación de esta tecnología por no contarse con los equipos y las personas requeridos para este tipo de almacenamiento y de allí que, por ejemplo, en la mayoría de los países en vías de desarrollo es empleada muy poca o ninguna refrigeración durante el almacenamiento y el transporte de frutas y hortalizas a los mercados, e inclusive, en algunos casos, estos productos son siempre mantenidos a temperatura ambiente antes de ser procesados (Lamúa, 2000).

El tomate es un fruto muy perecedero, que sufre deterioro rápidamente, lo que disminuye su tiempo de vida útil, es decir, el período de tiempo transcurrido desde la cosecha y que se extiende hasta el inicio de la podredumbre, debido a problemas en el transporte, almacenamiento y comercialización. La aplicación de tratamientos poscosecha en el tomate permite conservar su calidad e incrementar su vida útil, aunque

cabe destacar que también existen pérdidas poscosecha importantes si no se controlan estos tratamientos. Los esfuerzos en investigación han contribuido a aumentar la producción de tomate, pero el fin de obtener el máximo beneficio servirá sólo si el aumento de la producción se complementa con esfuerzos similares para reducir al mínimo las pérdidas poscosecha y mejorar la vida del producto (Nasrin et al., 2008).

El tomate, por su gran producción de etileno, puede madurar rápidamente haciéndose susceptible a experimentar cambios que pueden conllevar al deterioro y podredumbre; por ello se recomienda que al ser cosechado se someta a tratamientos adecuados para mantener su calidad organoléptica, destinados a evitar posibles pérdidas posrecolección. El tiempo de almacenamiento va a depender de la manipulación a la que haya sido sometido el producto así como de las condiciones externas, la resistencia al ataque de los microorganismos, la temperatura de almacenamiento y la composición gaseosa del medio que lo rodea (Salunke y Kadam, 2003; Barco et al., 2011).

Entre los tratamientos que pueden ser aplicados a los productos vegetales se encuentra el escaldado, cuya función primordial es la inactivación de enzimas responsables del deterioro de la calidad durante la conservación. En vegetales no escaldados pueden desarrollarse sabores indeseables así como una pérdida de color durante el almacenamiento, debido a que las enzimas pueden entrar en contacto con sustratos provenientes de estructuras celulares que han sido dañadas durante la conservación a bajas temperaturas de tejidos que no fueron escaldados. Una de estas enzimas es la pectin metil esterasa, que pertenece al grupo de enzimas que degradan la pectina, que es un heteropolisacárido responsable de la integridad de los tejidos vegetales. Muchas de las frutas y hortalizas contienen cantidades sustanciales de esta enzima, que puede causar deterioro de la textura en tomates procesados (Begum y Brewer, 2001).

El escaldado reduce la pérdida de textura en los productos inhibiendo la actividad de la pectin metil esterasa así como la actividad de otras enzimas deteriorativas. Los vegetales son comúnmente escaldados empleando la inmersión convencional en agua caliente. Sin embargo, en el caso del tomate puede causar cambios en el color del producto final, debido a que el licopeno, principal pigmento de dicha hortaliza, se ve afectado no solo por la exposición al oxígeno del aire sino también

por el calentamiento durante el procesado, que puede causar isomerización de los dobles enlaces *trans* presentes en dicho pigmento, a su forma *cis*, provocando dicho cambio en la estructura una reducción en la intensidad del color (Begum y Brewer, 2001).

El calentamiento poscosecha es un tratamiento físico no contaminante que retrasa los procesos relacionados con la maduración, reduce los daños por frío y controla la actividad de los patógenos, por lo cual es comúnmente utilizado comercialmente para el control de la calidad de los productos frescos (Akbudak et al., 2007).

El procesamiento térmico es uno de los tratamientos de conservación más usuales debido a que reduce eficientemente la población microbiana, destruye las enzimas naturales, y origina productos hortofrutícolas más apetitosos. Pueden emplearse distintas intensidades de procesamiento de frutas y hortalizas y es importante definir los términos en los que se va llevar a cabo el citado tratamiento térmico. La esterilización se refiere a la completa destrucción de microorganismos y sus esporas; las condiciones típicamente empleadas son calor húmedo a 121°C (250°F) durante 15 minutos. Por otra parte, el escaldado o blanqueo es un tratamiento térmico cuyo principal objetivo es la inactivación de las enzimas naturales causantes del deterioro del producto. Los tratamientos de escaldado generalmente dan como resultado la destrucción de algunos microorganismos, pero éste no debe ser el objetivo cuando se establecen las condiciones de escaldado (Barrett, 2007).

Muchas frutas y vegetales toleran la exposición al agua a temperaturas entre 50 y 60°C durante un máximo de 10 minutos, pero una exposición más corta a esas temperaturas puede controlar muchos patógenos presentes (Lurie, 1998).

Según Brecht et al., (1999), el tratamiento de tomates verdes-maduros de las variedades “Sanibel”, “Florida47” y “SunPride”, mediante inmersión en agua a 50°C durante 5 minutos, no causa ningún daño detectable en los frutos.

Nguyen et al. (2003) estudiaron el efecto de la inmersión de tomates “Coco” en agua caliente en un rango de temperaturas de 34,5 y 63°C, empleando tiempos de exposición de 10 segundos a 210 minutos, sobre indicadores de calidad del producto y

determinaron que los tratamientos a altas temperaturas durante tiempos cortos fueron más efectivos para mantener la calidad de los frutos y para retrasar el desarrollo del color y ralentizar el proceso de maduración de los tomates.

El tratamiento con agua tibia de tomates verdes-maduros y rosados incrementa la firmeza de estos frutos pero no tiene efecto sobre el pH. No se han observado efectos perjudiciales del tratamiento con agua tibia a temperaturas entre 30°C y 45°C (El Assi, 2004).

Para evitar las podredumbres del tomate, en EE.UU. se utilizan baños en agua caliente entre 46 y 60°C durante tiempo comprendidos entre 45 minutos y 30 segundos respectivamente, mientras que con aire caliente se aplican entre 40 y 70°C durante 24 a 1 horas, respectivamente, siendo agua caliente es más eficaz (Artés y Artés, 2007).

Akbudak et al., (2007) determinaron el efecto de la inmersión de tomates en agua caliente (54°C) durante 5 minutos, sobre la acidez titulable del producto durante el almacenamiento en refrigeración, observando a lo largo de la conservación una disminución en los valores de este parámetro en todos los grupos evaluados, siendo los cambios fueron más rápidos en el grupo control que en el tratado mediante inmersión en agua caliente. Estos autores también determinaron el efecto de la inmersión de tomates en agua caliente sobre el contenido de sólidos solubles totales durante el almacenamiento en refrigeración, señalando una disminución en los cambios de este parámetro durante su conservación, en comparación con el grupo control. Asimismo, determinaron el efecto de la referida inmersión en agua caliente sobre la firmeza del tomate y se observaron que en los frutos tratados de la variedad “Alona” este parámetro se redujo de 13,05 N (día 0) a 6,87 N (día 28), mientras que en las muestras del grupo control esta reducción fue de 13,15 N a 1,67 N, respectivamente, evidenciándose la efectividad de la inmersión en agua caliente en el retraso de la disminución de la firmeza del tomate durante su almacenamiento. En tomates de la variedad “Naomi” se observó la misma tendencia. Por otra parte, la inmersión de tomates en agua caliente redujo la pérdida de peso durante el almacenamiento en refrigeración a un 8,19% tras 28 días de almacenamiento, mientras que los tomates no tratados tuvieron una pérdida de peso del 12,40% al cabo de este tiempo.

Otros tratamientos poscosecha, tales como la aplicación de películas comestibles también pueden incrementar la vida comercial de estos productos (Hall, 1989; Akbudak et al., 2007).

La aplicación de parafina sobre la superficie del tomate tiene la propiedad de reducir las bacterias y hongos, que pueden llevar a su deterioro. La aplicación del encerado es recomendable debido a su bajo costo, en comparación con otros métodos de conservación (Artés, 2006; Abdulkadir y Aminu, 2007). Hoy en día, los productores de tomates aplican cera en los frutos como transportador de fungicidas y para aumentar el brillo, así como para evitar daños por frío y mantener la calidad del producto (Mejía et al., 2009).

Magashi y Bukar (2007) evaluaron la efectividad del encerado con parafina a pH 9 y 10, aplicado en tomates almacenados a temperatura ambiente y determinaron al cabo de 4 días de almacenamiento una reducción del 73,9 y 81,0% de la carga inicial de bacterias aerobias mesófilas a pH 9 y 10, respectivamente, mientras que la reducción en la población inicial de hongos fue del 40,0 y 50,0% a pH 9 y 10 respectivamente, demostrándose el efecto antibacteriano y antifúngico de estos tratamientos aplicados en la superficie de tomates.

Mejía et al., (2009) aplicaron cera manualmente, con una brocha, sobre la superficie limpia y seca de tomates y los evaluaron durante su almacenamiento, inicialmente a 5 y 12°C durante 5, 10, 15 y 20 días, tras lo cual los transfirieron a un ambiente a 22°C y los analizaron los 3, 6, 9 y 12 días. Los autores determinaron que durante la maduración, tanto en los tomates encerados como en los no tratados, se observó un patrón típico asociado con la reducción de la concentración de ácidos orgánicos y la acumulación de azúcares, propio de los procesos respiratorios normales. En relación con el contenido en sólidos solubles totales, se obtuvo que tanto en los tomates encerados como en los no tratados hubo un incremento los primeros 6 días de almacenamiento a 22°C y posteriormente se evidenció un descenso en los valores de este parámetro, lo cual es debido a que al inicio de la maduración el almidón es hidrolizado aumentando entonces el contenido en sólidos solubles totales pero una vez que la hortaliza está totalmente madura este contenido disminuye debido a un incremento en la tasa de respiración. En esta investigación también se determinó que la

aplicación de cera reduce la pérdida de peso en los tomates, al disminuir su tasa de transpiración.

En un estudio realizado por Dilmaçunal et al., (2011), los autores determinaron que el encerado de tomates mediante la atomización de aceite mineral y posterior almacenamiento a 20°C, dio lugar a que tras 16 días de almacenamiento, los frutos mostraran un contenido en sólidos solubles totales de 4,58%, mientras que los del grupo control presentaron un 4,88%. La disminución de la tasa de respiración provoca una reducción de la síntesis y el uso de metabolitos, resultando esto en un menor contenido en sólidos. En este mismo estudio, observaron que al cabo de 12 días de almacenamiento los tomates encerados presentaron valores de acidez titulable de 0,30%, mientras que en los no tratados fue de 0,23%; sin embargo, el pH de los frutos encerados no fue significativamente diferente del de los no tratados. También indicaron que el encerado de tomates redujo la pérdida de la firmeza inicial (13,53 N), tras 20 días de almacenamiento a 20°C en un 12,8%, mientras que en aquellos frutos no tratados esta pérdida fue del 27,4%. Por otra parte, también señalaron que al cabo de 20 días los tomates encerados habían perdido alrededor del 5% de su peso, mientras que los no tratados (control) en ese tiempo tuvieron una pérdida de peso del 8%. En relación con los cambios de color del tomate durante su almacenamiento, los autores indican que no observaron que el encerado tuviese un efecto significativo sobre el valor final de los parámetros L^* , a^* y b^* , en comparación con el grupo control; sin embargo, los cambios de color asociados con la maduración se produjeron con mayor rapidez en los frutos no tratados.

Otro tratamiento poscosecha consiste en la aplicación de agua clorada, como agente desinfectante en la industria de frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas. Su actividad antimicrobiana depende de la cantidad de hipoclorito de sodio disuelto en el agua que entra en contacto con las células microbianas y del pH final del agua. Las concentraciones normalmente empleadas oscilan entre 50 y 200 mg/l y el tiempo de contacto entre 1-2 minutos (Oluwatosin et al., 2011).

La cloración, desde hace décadas, ha tenido muchas aplicaciones en la producción, cosecha, manipulación poscosecha y comercialización de las frutas y hortalizas frescas. El principal uso del cloro es inactivar o destruir bacterias patógenas,

virus, hongos, y otros microorganismos asociados con alimentos, aguas de riego, equipos agrícolas, superficies de contacto y zonas de contacto humano con productos frescos. En la industria de vegetales mínimamente procesados es común el uso de agua clorada en concentraciones de 50 a 100 µg de cloro/ml, para la eliminación de bacterias en aguas de lavado y sistemas de enfriamiento con agua. Para las operaciones de saneamiento poscosecha del tomate se recomiendan concentraciones de cloro entre 200 y 350 µg/ml; sin embargo, la fuente y la calidad del agua utilizada en las operaciones de poscosecha es un punto crítico de control en esta industria, por lo que debe utilizarse agua potable, debido a que el cloro es altamente reactivo con cualquier material vegetal, cuando está presente el oxígeno (Suslow, 2004).

Segall (1968) determinó que la desinfección de tomates mediante lavado en tanques con agua con 50 ppm de cloro y posterior almacenamiento a 60°F, reduce la incidencia de pudrición blanda en los frutos tras 3 días de conservación.

Mohammed et al., (1999) determinaron que en tomates de diferentes variedades, lavados por inmersión en agua con 300 mg/l de cloro durante 3 minutos y almacenados a 20°C, se produce un descenso significativo la acidez titulable de las muestras durante su almacenamiento, hasta alcanzar valores entre 0,19 y 0,33% al cabo de 21 días de conservación.

Bartz et al., (2001) evaluaron la efectividad del lavado de tomates con agua clorada a una concentración de 20 mg/l y con tiempos de exposición de 30 y 45 segundos, en la eliminación de *Geotrichum candidum* y *Rhizopus stolonifer* y encontraron que no hubo crecimiento de estos microorganismos durante 48 a 72 horas tras el tratamiento, señalando igualmente que las concentraciones de cloro libre no producen una barrera química que prevenga la entrada de estos microorganismos al tejido vegetal, a través de heridas.

Felkey et al., (2006) examinaron la eficacia de la aplicación de cloro para la desinfección de la superficie de tomates verdes sin signos de deterioro, contaminados con *Salmonella* spp., lavándolos en canales de agua a 25 y 35°C con 150 mg/l de cloro, durante 30, 60 y 120 segundos. Asimismo, determinaron que en el tratamiento a 25°C la población inicial (6,52 log₁₀ UFC/ml) se redujo a 3,49, 3,29 y 0,16 log₁₀ UFC/ml tras

los tiempos de contacto antes referidos, respectivamente, mientras que a 35°C las poblaciones finales se redujeron a 4,06, 2,81 y 1,49 log₁₀ UFC/ml, lo que evidenció una mayor efectividad del cloro a la menor temperatura ensayada.

Mahovic et al., (2006) evaluaron el efecto de la aplicación de dióxido de cloro sobre el crecimiento microbiano en tomates y determinaron que la exposición a una dosis de 20 mg/kg de este compuesto durante 2 horas provoca el aclarado de las lesiones de forma inmediata. Al cabo de 6 días de almacenamiento a 20°C se inició el crecimiento de mohos en los frutos tratados, siendo inclusive mayor que en los tomates no tratados.

Nasrin et al., (2008) trataron tomates sumergiéndolos durante 5 minutos en agua con 200 ppm de cloro, almacenándolos posteriormente a temperatura ambiente (entre 20 y 25°C; 70 a 90% HR) y observaron un retraso en los cambios en la acidez y en el contenido en sólidos solubles que comúnmente se dan durante el almacenamiento. Además con este tratamiento los tomates extienden su vida útil hasta aproximadamente 17 días, mientras que en los tomates no tratados este periodo es de aproximadamente 7 días. Estos autores también observaron que los tomates no tratados al cabo de 20 días de almacenamiento exhibieron una pérdida de peso de 7,49%, mientras que en los tratados con cloro este valor fue de 4,90%.

Oluwatosin et al., (2011) evaluaron el efecto del lavado por inmersión en agua con 200 mg/l de cloro en la sobrevivencia de *Listeria monocytogenes* inoculada en la superficie y el interior de tomates, y confirmaron que el cloro es más efectivo sobre los patógenos presentes en la superficie de los vegetales que sobre aquellos ubicados internamente, aunque en ambas zonas solo logró reducir 3 ciclos logarítmicos de la carga inicial inoculada (6 log₁₀ UFC/ml).

Capítulo 4

Capítulo 4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. MATERIAL

4.1.1. Material vegetal

El material vegetal para la caracterización fisicoquímica y microbiológica del tomate margariteño estuvo constituido por tomates (*Lycopersicon esculentum* var. “España”), cultivados en una plantación comercial en Paraguachí, Municipio Antolín del Campo, Estado Nueva Esparta, Venezuela, con una extensión de 5.000 m², los cuales fueron cosechados durante el mes de septiembre de los años 2008, 2009 y 2010.

Para la evaluación de la efectividad de los tratamientos de pre-envasado sobre el incremento de la vida comercial de este tomate se utilizaron tomates cosechados en el año 2010.

En cada muestreo se efectuó la cosecha de la totalidad de los tomates presentes en las plantas del sembradío en ese momento, que presentaran las características físicas y de maduración deseadas, que serán detalladas posteriormente, y de éstos se efectuó una selección al azar de los tomates que serían destinados al estudio.

4.1.2. Recolección, transporte y recepción

La recolección de los tomates se realizó manualmente, a primera hora de la mañana. Inmediatamente, las muestras fueron transportadas a temperatura ambiente, en cajas de cartón con orificios de ventilación a la Unidad de Investigación de Tecnología de Alimentos, de la Universidad de Oriente, en la población de Boca del Río, Venezuela.

Para la caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño se cosecharon en cada una de las anualidades ensayadas tomates (N = 10 muestras para análisis físico-químicos y 10 muestras para análisis microbiológicos) con características similares de maduración correspondientes a un estado “rojo-maduro-firme”,

caracterizados por un color rojo y una textura firme, sin daños ni magulladuras visibles y aproximadamente de la misma forma y tamaño (Figura 5).



Figura 5. Tomate margariteño (*Lycopersicon esculentum* var. “España”), en estado de maduración rojo

Para la evaluación de la efectividad de distintos tratamientos poscosecha en el incremento de la vida comercial del tomate margariteño conservado a temperatura ambiente, se seleccionaron 160 tomates (N =160 muestras) procedentes de la misma finca, encontrándose los frutos en un estado de maduración verde-maduro (Figura 6). Igualmente se comprobó que los tomates no presentaran daños ni magulladuras visibles y que tuvieran aproximadamente la misma forma, tamaño y apariencia.



Figura 6. Tomate margariteño (*Lycopersicon esculentum* var. “España”), en estado de maduración verde-maduro

4.1.3. Envasado y almacenamiento poscosecha

Una vez recepcionados los tomates en la Unidad de Investigación de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Oriente, se establecieron 3 grupos de 40 tomates cada uno, los cuales fueron sometidos a los siguientes tratamientos de conservación poscosecha:

1. Inmersión en agua caliente a 60°C durante 30 segundos.
2. Inmersión en agua clorada (150 mg/l de hipoclorito de sodio (ClONa) a 2°C y pH 7,5 durante 5 minutos y posterior enjuague de los frutos con agua, seguido de un secado con toallas de papel para absorber el exceso de agua superficial.
3. Cobertura de la zona peduncular con parafina sólida comercial (Rebain Internacional®, Caracas, Venezuela), tal y como se muestra en la Figura 7.

Asimismo, se estableció un cuarto grupo (grupo control) constituido también por 40 tomates.



Figura 7. Tomate margariteño var. “España” tras la aplicación de parafina en la zona peduncular

Tras la aplicación de los tratamientos de pre-ensado objeto de estudio, todos los tomates, incluidos los que constituyeron el grupo de control, fueron pesados individualmente en una balanza electrónica (0-210 ± 0,001 g; modelo C-600-SX, Cobos, Barcelona, España) con la finalidad de poseer un registro de su peso inicial y poder determinar posteriormente su pérdida de peso durante su conservación

poscosecha a temperatura ambiente ($t^a = 30^{\circ}\text{C}$; HR = 90%). A continuación, fueron colocados de forma individual dentro de recipientes plásticos, de ptereftalato de polietileno (PET), transparentes (tipo cristal), de 0,5 mm de espesor, incoloros, con dimensiones de 15 x 10 x 8 cm y con tapa, a los cuales se les realizaron 3 orificios de 5 mm de diámetro en cada uno de sus lados (incluyendo tapa y fondo), para ventilación (Figura 8).



Figura 8. Tomate margariteño var. “España” envasado y codificado

Una vez envasados, los tomates fueron almacenados en un lugar limpio, seco, con iluminación natural (ventanas) y a temperatura ambiente (30°C , 90% HR), al objeto de simular las condiciones venezolanas de almacenamiento poscosecha empleadas en esta hortaliza. Los tomates fueron mantenidos bajo esas condiciones durante todo el periodo de ensayo.

4.1.4. Análisis de las muestras

Para llevar a cabo la caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño, éstos fueron analizados inmediatamente después de ser cosechados.

En el caso de la determinación de la efectividad de los distintos tratamientos previos al envasado en la vida útil poscosecha de los frutos conservados a temperatura ambiente, se seleccionaron 6 tomates de cada uno de los tratamientos así como del control, inmediatamente después del envasado (tiempo 0), así como cada 72 horas (hasta el noveno día de almacenamiento) y luego cada 48 horas (hasta que el producto mostró signos evidentes de deterioro). De los tomates seleccionados en cada una de las fechas de control establecidos, se eligieron 3 tomates que fueron inicialmente evaluados

desde el punto de vista sensorial, para posteriormente realizar la evaluación físico-química de los mismos, mientras que los otros 3 fueron destinados a la evaluación de calidad microbiológica del producto durante su almacenamiento poscosecha.

4.2. MÉTODOS

Los parámetros físico-químicos seleccionados para la caracterización del tomate margariteño fueron: peso, tamaño del fruto (diámetros axial y ecuatorial), color (L^* , a^* , b^* , C^* , y h^*), fuerza máxima de corte, contenido en sólidos solubles totales, pH y acidez titulable, y para la caracterización microbiológica se realizó un recuento de microorganismos aerobios revivificables a 37°C y de mohos y levaduras. Para la evaluación de la efectividad de los tratamientos de pre-ensado en el incremento de la vida comercial del tomate margariteño, se realizaron las mismas determinaciones físico-químicas (excepto tamaño del fruto) y microbiológicas que para la caracterización; adicionalmente, se determinó la pérdida de peso del producto durante su conservación a temperatura ambiente y se efectuó una evaluación sensorial de su apariencia general externa.

4.2.1. Determinación de parámetros físico-químicos de calidad en el tomate margariteño

La determinación de la calidad físico-química de los frutos se efectuó mediante técnicas de análisis destructivo tradicional.

4.2.1.1. Peso del fruto

Los frutos fueron pesados de forma individual empleando para ello una balanza electrónica (0–210 ± 0,001 g; modelo C-600-SX, Cobos, Barcelona, España).

4.2.1.2. Tamaño del fruto

Se realizó la determinación de los diámetros ecuatorial y axial de los frutos de forma individual, empleando para ello un calibrador digital de precisión (0-300 ± 0,01 mm; Comecta, Barcelona, España).

4.2.1.3. Color externo

La determinación del color externo de los frutos se realizó de forma individual. Se tomaron 4 medidas alrededor del ecuador del fruto, distanciadas 90°, realizándose la media de los valores obtenidos. Los parámetros determinados fueron: L^* (luminosidad), a^* (variación rojo-verde), b^* (variación amarillo-azul), C^* (cromaticidad o saturación) = $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$, y ángulo hue h^* (matiz) = $\arctan(b^*/a^*)$. Para esta determinación se utilizó un colorímetro Chroma METTER CR-400 (Konica Minolta Sensing INC., Osaka Japón), empleando como iluminante el iluminante C con un ángulo de observación de 2° (CIE, 2004).

4.2.1.4. Fuerza máxima de corte

Para la determinación de la fuerza máxima de corte, los tomates fueron cortados longitudinalmente en 3 partes iguales. Las medidas de fuerza máxima de corte de los tomates se realizaron empleando el cortador Warner-Bratzler (Salter, Manhacidez titulablean, Kansas, EE.UU.), siguiendo el método de Ferreira et al., (2006) que consiste en la obtención de la curva de registro al corte del producto mediante el empleo de la célula de corte de Warner-Bratzler adaptada al cabezal del equipo. La velocidad de desplazamiento del cabezal fue de 200 mm/min.

4.2.1.5. Contenido en sólidos solubles totales

El contenido en sólidos solubles totales del tomate, expresado en °Brix, fue medido por refractometría, empleando para ello un refractómetro tipo Abbé de temperatura compensada (modelo B, Zeiss, Oberkochen, Wurt, Alemania).

4.2.1.6. pH

La medida del pH fue realizada por potenciometría empleando un pH-metro automático (Crison pH burette 24, Crison, Alella, Barcelona, España).

4.2.1.7. Acidez titulable

La acidez titulable se midió por titración empleando para ello NaOH 0,1 N hasta pH final de 8,2. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico. Para dichas determinaciones se empleó un titrador automático (Crison pH burette 24, Crison, Alella, Barcelona, España).

4.2.1.8. Pérdida de peso

Tras la evaluación sensorial, cada tomate se pesó en la balanza antes referida para determinar la pérdida de peso durante el almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente (excepto en el tiempo 0), calculando el porcentaje de pérdida de peso de cada tomate respecto a su peso inicial (Kantola y Helén, 2001; Mejía et al., 2009; Nasrin et al., 2008).

Todas las medidas de los parámetros físico-químicos en el tomate fueron realizadas por triplicado.

4.2.2. Determinación de parámetros microbiológicos de calidad en el tomate margariteño#

Con el fin de conocer la calidad microbiológica del producto se realizó el recuento de los principales grupos de microorganismos que pueden contribuir al deterioro de su calidad físico-química y sensorial (Farber et al., 2003; Barth et al., 2009). En cada análisis fueron evaluados 3 tomates realizándose las determinaciones por duplicado.

Se llevaron a cabo las siguientes determinaciones de calidad microbiológica:

- Microorganismos aerobios revivificables a 37°C. Se determinó el número de microorganismos por gramo mediante recuento en placas en profundidad de 1 ml de diluciones seriadas a partir de 10 g de muestra homogeneizada en agua peptona tamponada, utilizando agar nutritivo de recuento “Plate Count Agar”

(PCA) e incubando las placas en posición invertida a 37°C durante 72 horas (Aguayo et al., 2004; Odriozola-Serrano et al., 2009).

- Mohos y levaduras. Se determinó el número total de mohos y levaduras por gramo mediante recuento en placas con agar dicloran-rosa de Bengala-cloranfenicol, de 0,1 ml, de diluciones seriadas preparadas a partir de 10 g de muestra homogeneizada en agua de triptona soja, e incubando las placas sin invertir, a temperatura ambiente ($\pm 29^{\circ}\text{C}$), protegidas de la luz y durante 72 horas (Aguayo et al., 2004; Odriozola-Serrano et al., 2009).

Transcurridos los tiempos de incubación señalados se procedió a efectuar el recuento de colonias en aquellas placas donde crecieron al menos 30 colonias, para determinar así las unidades formadoras de colonias (UFC)/g de producto. Es importante indicar que se consideraron como colonias de mohos a aquellas grandes, filamentosas y de forma irregular y de levaduras a las colonias pequeñas de forma regular, mates o brillantes y de superficie más o menos convexa (Allaert y Escolà, 2002).

4.2.3. Evaluación sensorial del tomate margariteño

Las determinaciones sensoriales fueron llevadas a cabo en el laboratorio 107 de la Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar de la Universidad de Oriente, en Boca del Río, Isla de Margarita, con anterioridad a la realización de las determinaciones físico-químicas de calidad. Un panel compuesto por 30 catadores no entrenados, consumidores habituales de tomate margariteño (10 panelistas por cada tomate) determinaron sensorialmente la apariencia visual externa (Figura 9), para lo cual se utilizó una escala hedónica de 1 a 7, donde 1 correspondía a “me desagrade extremadamente” y 7 a “me agrada extremadamente” (Artés et al., 1999; Brew et al., 2006; Cantwell et al., 2009; Balkaya et al., 2010).

Fecha:				
Apreciado panelista: a continuación se le presentan 4 tomates margariteños con sus respectivos códigos. Por favor escriba cada código entre paréntesis e indique su nivel de Agrado/Desagrado respecto a la APARIENCIA GENERAL del producto. Por favor NO LO TOQUE .				
	CÓDIGOS			
APARIENCIA GENERAL	()	()	()	()
Me agrada extremadamente	_____	_____	_____	_____
Me agrada mucho	_____	_____	_____	_____
Me agrada ligeramente	_____	_____	_____	_____
Me es indiferente	_____	_____	_____	_____
Me desagrada ligeramente	_____	_____	_____	_____
Me desagrada mucho	_____	_____	_____	_____
Me desagrada extremadamente	_____	_____	_____	_____
Muchas Gracias				

Figura 9. Ficha de cata para la evaluación sensorial de la apariencia general externa del tomate margariteño var. “España”

La evaluación sensorial del producto se efectuó con el mismo número de panelistas, pero dichos panelistas no necesariamente fueron siempre las mismas personas, método que según Santa Cruz et al., (2005) se utiliza cuando el número de muestras es muy grande para ser evaluado por los mismos consumidores. Los consumidores fueron escogidos al azar entre estudiantes, profesores, obreros y secretarías de la Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente, Venezuela.

Para evitar errores psicológicos y de tendencia, las evaluaciones se realizaron siempre en el mismo ambiente. Los panelistas fueron colocados de manera que no interactuaran entre sí y se les dio instrucciones de cómo debía realizarse la evaluación, haciendo énfasis en el uso y el significado de la escala hedónica.

4.2.4. Determinación de la vida comercial sensorial y microbiológica del tomate margariteño#

La vida comercial del tomate margariteño desde el punto de vista de su calidad sensorial se determinó tras el análisis de los resultados de la evaluación hedónica

anteriormente descrita, estableciendo como límite mínimo de aceptabilidad la categoría “Me gusta ligeramente”.

Para determinar la vida comercial del producto desde el punto de vista microbiológico, para cada tipo de microorganismo analizado se ajustaron los datos a un modelo de cinética de primer orden y se resolvió la ecuación expuesta a continuación, según lo indicado por Piangentini et al., (2004):

$$VU = \frac{\ln \frac{M_t}{M_0}}{K}$$

donde:

VU: Vida útil microbiológica (días).

M₀: Recuento inicial del microorganismo (UFC/g).

M_t: Recuento de microorganismos en el tiempo t (UFC/g).

K: Constante.

4.2.5. Análisis estadísticos

Con los resultados obtenidos de las determinaciones de calidad físico-química y microbiológica destinados a la caracterización del tomate margariteño var. “España” se realizó análisis de varianza y test de comparación de medias Duncan ($p = 0,05$), utilizando como fuente de variación fue el año agrícola.

También se realizó un análisis de varianza multifactorial y un test de comparación de medias Duncan ($p = 0,05$) para cada uno los distintos parámetros de calidad físico-química, microbiológica y sensorial (variables dependientes) evaluados, durante el almacenamiento poscosecha del tomate margariteño a temperatura ambiente, siendo las fuentes de variación: el tratamiento aplicado previo al envasado del producto y el tiempo de almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente.

Los resultados de este último análisis estadístico permitieron establecer la evolución de la calidad físico-química, microbiológica y sensorial del tomate margariteño durante el almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente, con y sin aplicación de tratamientos pre-ensado, así como comparar el efecto de dichos tratamientos de pre-ensado sobre la calidad físico-química y microbiológica, así como sobre la apariencia visual externa del producto durante su almacenamiento, al objeto determinar el tratamiento más efectivo para incrementar la vida comercial del tomate margariteño conservado a temperatura ambiente.

En todos los casos, se empleó el paquete estadístico Statgraphics Centurion XV (StatPoint Inc., Warrenton, Northern Virginia, Estados Unidos).

Capítulo 5

Capítulo 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL TOMATE MARGARITEÑO

En la Tabla 6 se muestran los valores medios de los principales parámetros de calidad físico-química del tomate margariteño var. “España” recolectado en estado rojo-maduro-firme durante los años agrícolas 2008, 2009 y 2010.

Tabla 6. Características físico-químicas del tomate margariteño var. “España”, en estado de maduración rojo. Periodo 2008-2010

Parámetro	Valores medios
Peso (g)	122,43 ± 3,72
Diámetro ecuatorial (cm)	9,60 ± 0,50
Diámetro axial (cm)	7,80 ± 0,30
<i>L</i> *	62,12 ± 3,91
<i>a</i> *	12,93 ± 2,44
<i>b</i> *	21,08 ± 3,06
<i>C</i> *	24,27 ± 2,93
<i>h</i> *	46,34 ± 4,86
Fuerza máxima de corte (N)	7,90 ± 2,80
Contenido en sólidos solubles totales (°Brix)	5,90 ± 0,30
pH	4,06 ± 0,11
Acidez titulable (% ácido cítrico)	0,71 ± 0,09

El análisis de varianza realizado para cada uno de los parámetros físico-químicos evaluados para la caracterización del tomate margariteño evidenció que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en ninguna de las características del tomate en función del año de cosecha.

Los tomates presentaron para las 3 campañas agrícolas analizadas un peso medio de 122,43 g, un diámetro ecuatorial de 9,6 cm y un diámetro axial de 7,8 cm. Showalter (1972) indica que el tamaño de los frutos es un factor económico importante debido a que los precios de venta son más altos en el caso de tomates de mayor tamaño.

Mohammed et al., (1999) determinaron un peso medio entre 58 y 68 g en tomates no procesados procedentes de 8 variedades, valores inferiores al encontrado en el tomate margariteño, lo que evidencia que es un producto que dentro de su especie posee una mayor peso que otras variedades.

Por otra parte, Rodríguez y Parra (2006) caracterizaron 17 variedades autóctonas de tomates cultivadas en la Comunidad Valenciana (España), y según dichos autores, el tomate var. “Rosa” presenta una apariencia casi idéntica a la del tomate margariteño, y señalan que dicha variedad es ligeramente achatada (al igual que el tomate estudiado en esta investigación), de tamaño grande, con un diámetro entre 7,0 y 10,0 cm (coincidiendo con el del tomate margariteño) y con un peso medio entre 140 y 300 g, rango que excede la media de peso encontrada en el tomate objeto de estudio. Asimismo, la Norma Codex Stan 293-2007 (Codex Alimentarius, 2007) realiza una clasificación del tomate según el valor de su diámetro ecuatorial que va desde calibre 0 (≤ 20 mm de diámetro) hasta calibre 10 (> 102 mm), lo que permite catalogar al tomate margariteño con un calibre 9 (> 82 y ≤ 102 mm de diámetro). Por su parte, FAO (2006) clasifica el tomate según diámetro ecuatorial en 4 categorías que van desde pequeño (máximo 47 mm) hasta extra (> 70 mm), lo que sitúa al tomate margariteño dentro de la categoría extra; según el peso, la clasificación abarca 3 categorías: de pequeño (hasta 60 g) a grande (> 80 g), perteneciendo el tomate estudiado en esta investigación dentro de esta última categoría.

En cuanto al color del tomate margariteño, se obtuvieron valores de L^* de $62,12 \pm 3,91$, lo que sitúa al producto en una posición intermedia en cuanto a “claridad” y “oscuridad” (CIE, 2004), y que se corresponde con la de un tomate rojo-naranja a rosado-naranja, según clasificación de Cantwell (2004).

El parámetro L^* del fruto está influenciado por el estado de maduración en el que son cosechados los frutos, ya que se produce una reducción en la luminosidad de la piel del fruto durante el desarrollo de los mismos. Dicha reducción puede ser debida al aumento del contenido en carotenoides que se produce a lo largo de la maduración (Huff, 1984).

Los valores medios de a^* y b^* obtenidos son consecuencias de la presencia de pigmentos rojos (principalmente licopeno) y amarillos (xantofila) (Fox y Cameron, 2002; Artés y Artés, 2007).

En relación con el parámetro h^* , el valor obtenido fue de 46,34, se corresponde con un color intermedio entre el rojo (0) y el amarillo (90), de acuerdo con la carta de colores CIELAB (CIE, 2004). De igual manera, en el tomate el valor promedio de C^* obtenido (24,27) evidencia una baja pureza del color, mostrando la mezcla de compuestos pigmentados rojos y amarillos presentes en el tomate.

Asimismo, el tomate margariteño se caracteriza por presentar valores de fuerza máxima de corte en torno a $7,9 \pm 2,8$ N, valor superior al determinado por Ramírez et al., (2004) en tomates mexicanos.

En relación al contenido en sólidos solubles totales, los valores mostrados ($5,9 \pm 0,3$ °Brix), entran dentro del rango de 4 a 6 °Brix recomendado para tomates por Arana et al., (2007), debido a que dichos valores del parámetro analizado correlacionan con el de tomates con características organolépticas óptimas.

Asimismo, el pH obtenido ($4,06 \pm 0,11$), se encuentra dentro del rango de pH de 4 a 5, citado por Arana et al., (2007), quienes señalan que los tomates con estos valores de pH presentan sabor, aroma y textura óptimos. De igual forma, en función del valor de pH obtenido, el tomate margariteño puede ubicarse dentro de la categoría de alimentos ácidos, con pH entre 3,7 y 4,5, de acuerdo con la clasificación realizada por Corzo (1993).

También se aprecia que la acidez titulable del tomate fue de $0,71 \pm 0,09\%$ de ácido cítrico, valor un ligeramente superior al indicado por Lamúa (2000) y Cantwell (2004), quienes señalan que la acidez del tomate se ubica dentro del rango de 0,2 a 0,6%. Sin embargo, Reina (1998) analizando tomates cosechados en Neiva, Colombia, obtuvo valores de acidez alrededor de 1,20% de ácido cítrico.

Los resultados de los análisis estadísticos realizados para cada uno de los parámetros microbiológicos evaluados en la caracterización del tomate margariteño var.

“España” evidenció que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) para ninguno de los microorganismos evaluados durante los 3 años estudiados. En la Tabla 7 se muestran los resultados de la caracterización microbiológica del tomate margariteño en el periodo 2008-2010.

Tabla 7. Características microbiológicas del tomate margariteño var. “España”, en estado de maduración rojo. Periodo 2008-2010

Microorganismo	Recuento estándar (UFC/g)
Aerobios mesófilos	$8,60 \times 10^2 \pm 1,10 \times 10^1$
Mohos	$6,40 \times 10^2 \pm 2,30 \times 10^1$
Levaduras	$1,50 \times 10^2 \pm 1,80 \times 10^1$

Se puede observar que los microorganismos predominantes en el tomate margariteño durante los años agrícolas 2008 a 2010 fueron los aerobios mesófilos, seguidos de los mohos y finalmente las levaduras, que estuvieron presentes en menor cuantía.

Brackett (2001) señala que entre los factores intrínsecos de interés que influyen en la microflora que se desarrolla en productos vegetales se incluyen el pH y la actividad de agua (a_w); sin embargo, la a_w de los productos vegetales es lo suficientemente alta como para permitir el crecimiento de las bacterias, por lo que no se considera un factor limitante para su desarrollo.

Las hortalizas, con pH próximos a la neutralidad, moderado contenido de azúcares y elevada a_w ($> 0,90$) son sensibles al crecimiento de determinadas especies de hongos, como *Fusarium*, *Sclerotinia* y *Diplodia* (Lamúa, 2000).

Según Brackett (2001) la mayoría de las hortalizas tienen un pH entre 5,0 y 6,0 que por lo tanto no inhibe el desarrollo microbiano, con excepción de los tomates, cuyo pH es inferior, situándose en valores comprendidos entre 4,0 y 4,4.

Hernández (2009) determinó un pH promedio del tomate margariteño en estado pintón de 4,04, una a_w de 0,982 y un contenido de sólidos solubles de 5,3 °Brix, lo que justifica la relativa baja carga microbiana inicial de dichos tomates.

Brackett (2001) y Durán (2006), señalan que cuanto más cerca del suelo crecen las plantas, más propensos son a contaminarse con los microorganismos presentes en el mismo. El hecho de que los tomates margariteños analizados provengan de plantas con una altura alrededor de 1,5 m, permite afirmar que los microorganismos presentes en este producto no provienen del suelo.

Jay (2002) señala que los recuentos de microorganismos aeróbicos en placas del orden de 10^6 a 10^7 UFC/g son comunes en hortalizas, lo que permite afirmar que la carga microbiana del tomate margariteño es relativamente baja, al ser casi la mitad de lo considerado como normal en dichos productos vegetales.

Asimismo, el Real Decreto 3484/2000, de 29 de diciembre, por el que se establecen las normas de higiene para la elaboración, distribución y comercio de comidas preparadas (BOE num. 11, de 12 de enero de 2001) establece que el número de bacterias en frutas y hortalizas considerado como un riesgo alimentario es de 10^7 UFC/g, valor muy superior al encontrado en el vegetal en estudio, por lo que se puede señalar que según ese criterio los tomates analizados no poseen una carga microbiana que represente un riesgo para la salud de los consumidores. Sin embargo, no se puede obviar el hecho de que en esos alimentos pudieran existir patógenos productores de enfermedades, en concentraciones muy inferiores a la referida, suficientes para provocar diversos padecimientos.

El ICMSF (2001) señala que las poblaciones medias de mohos en hortalizas están entre 10^3 y 10^4 UFC/g o cm^2 . Ávila et al., (2008) determinaron una carga de mohos en tomates de $1,7 \times 10^3$ UFC/g, similar a la que exhibe el tomate margariteño.

En las hortalizas crudas, la población microbiana está influida por varios factores, además de la microflora inicial, tales como el estado higiénico de las manos del personal que interviene en la recolección, recorte y selección del producto, así como el envase donde éste está contenido (ICMSF, 2001).

5.2. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DURANTE EL ALMACENAMIENTO POSCOSECHA A TEMPERATURA AMBIENTE DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL DEL TOMATE MARGARITEÑO SOMETIDO A DISTINTOS TRATAMIENTOS PREVIOS A SU ENVASADO

Debido a la presencia de signos evidentes de deterioro (textura muy blanda, presencia de exudación y superficie arrugada), a los 13 días de almacenamiento (grupo control), a los 15 días de almacenamiento (tomates tratados con agua caliente y con agua clorada), y a los 21 días de almacenamiento (tomates encerados), en el grupo control, los análisis se realizaron hasta los 11 días de conservación, mientras que para los tomates tratados con agua caliente y con agua clorada, dichos ensayos continuaron hasta los 13 días de conservación, prolongándose hasta los 19 días, en el caso de los tomates encerados.

Los resultados de dichos análisis para los distintos parámetros de calidad seleccionados realizados entre los días 0 y 11 de almacenamiento, fueron analizados mediante un test de análisis de la varianza (ANOVA) multifactorial, siendo las variables independientes el tratamiento de pre-ensado aplicado y el tiempo de almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente transcurrido.

Asimismo, se realizó un test ANOVA de un solo factor (tratamiento de conservación aplicado) con los datos de laboratorio obtenidos para los distintos parámetros de calidad seleccionados a los 13 días de almacenamiento, así como un test ANOVA de un solo factor (tiempo de conservación) para estudiar los valores que presentaban los parámetros de calidad de los tomates encerados entre los días 15 y 19 de almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente.

De forma general, se puede afirmar que los resultados de los análisis estadísticos de los parámetros color (L^* , a^* , b^* , C^* y h^*), acidez titulable, pH, contenido en sólidos solubles totales, fuerza máxima de corte, y pérdida de peso, recuento de aerobios mesófilos, mohos y levaduras, así como de la apariencia general, determinaron una interacción estadísticamente significativa ($p < 0,05$) entre las variables: tratamiento de pre-ensado y tiempo de almacenamiento poscosecha. A su vez, a los 13 días de

almacenamiento en todos los parámetros seleccionados se manifestó un efecto estadísticamente significativo ($p < 0,05$) del tratamiento de pre-ensado aplicado sobre los parámetros analizados. De igual forma, en el caso de los tomates encerados conservados entre los días 15 al 19 de almacenamiento, se determinó un efecto estadísticamente significativo ($p < 0,05$) del tiempo de almacenamiento sobre el parámetro de calidad estudiado en dichos tomates.

5.2.1. Evolución del color

Todos los grupos de tomates evaluados mostraron una tendencia a la disminución de la luminosidad (L^*) durante el periodo de almacenamiento evaluado, es decir, que los tomates tienden a oscurecerse durante su conservación a temperatura ambiente (Figura 10).

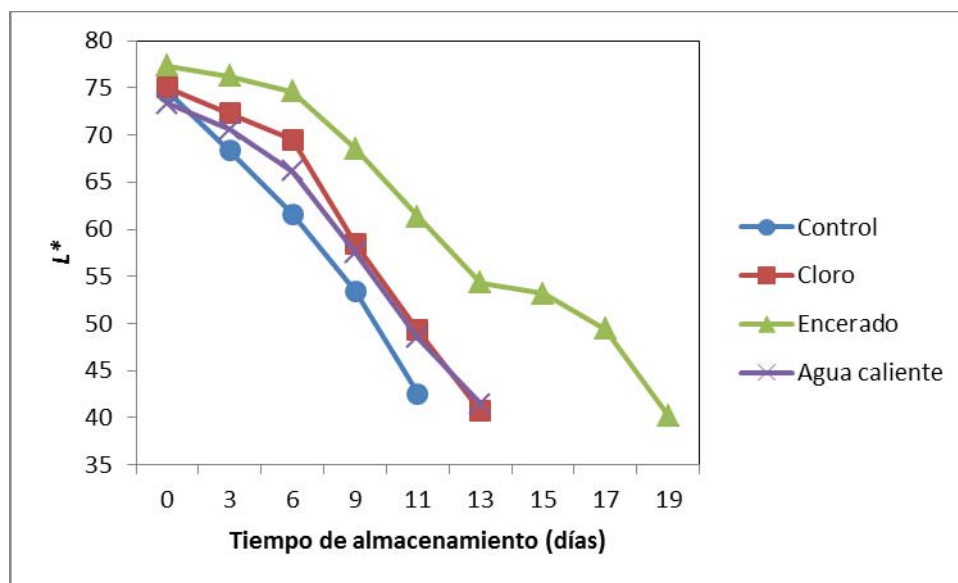


Figura 10. Evolución de L^* del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente

En la Figura 11 se aprecia que todos los grupos de tomates evaluados mostraron una tendencia al aumento del parámetro a^* durante el periodo de almacenamiento evaluado, es decir, que los tomates tienden a hacerse menos verdes y más rojos durante su conservación a temperatura ambiente.

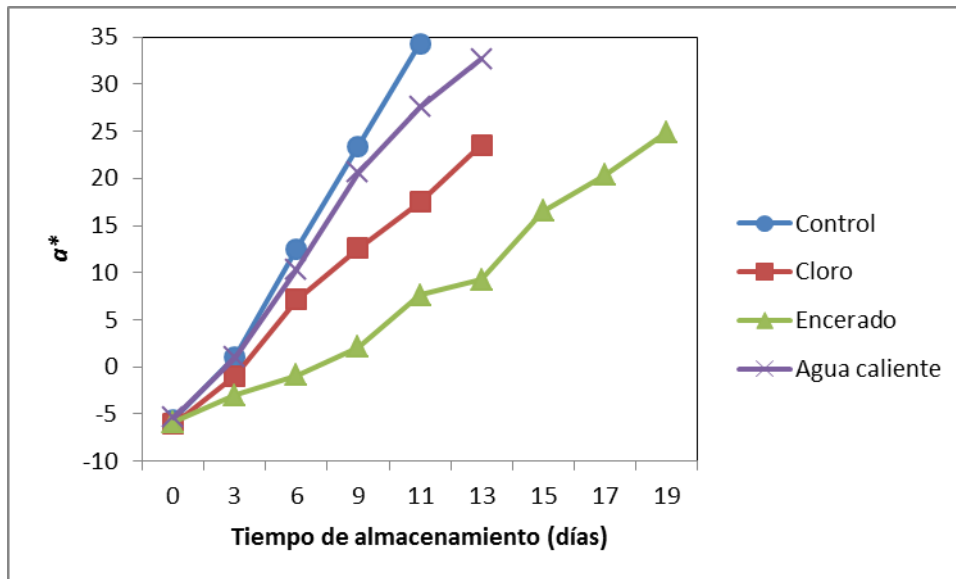


Figura 11. Evolución de a^* del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente

En los tomates del grupo control y los tratados con agua caliente se produjo una disminución del parámetro b^* durante el periodo de almacenamiento evaluado, es decir, que los tomates durante su conservación a temperatura ambiente van siendo menos amarillos; en los tomates encerados y tratados con cloro se obtuvo un aumento del parámetro b^* hasta los 6 días de almacenamiento, que indica la presencia de una coloración más amarilla en los frutos. A partir del día 9 se apreció el mismo descenso del valor b^* observado en los otros grupos evaluados (Figura 12).

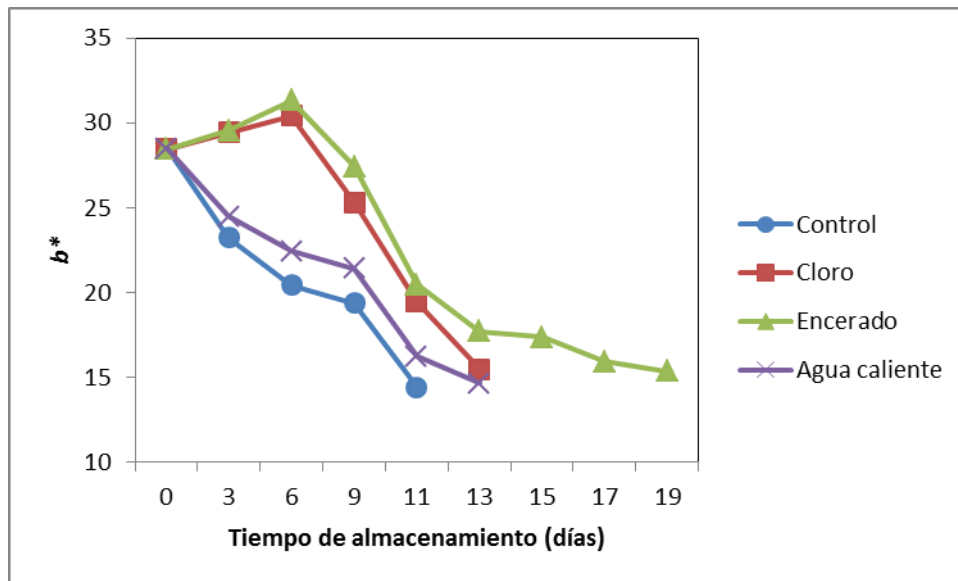


Figura 12. Evolución de b^* en el tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente

En la Figura 13 se representan la evolución del parámetro C^* en todos los grupos de tomates evaluados durante el almacenamiento poscosecha, observándose que en cada tratamiento los frutos durante su almacenamiento mostraron para este parámetro de color una tendencia inversa a la exhibida para el parámetro h^* , es decir, que los tomates del grupo control y los tratados con agua caliente mostraron un descenso de C^* durante los 3 primeros días de almacenamiento, a partir de los cuales se observó un aumento en los valores de este parámetro. Los tomates encerados y los tratados con agua clorada presentaron un aumento de C^* hasta el día 6, luego un descenso hasta el día 11 (tratados con agua clorada) y el día 13 (tomates encerados) y a partir de allí hubo un aumento de este parámetro.

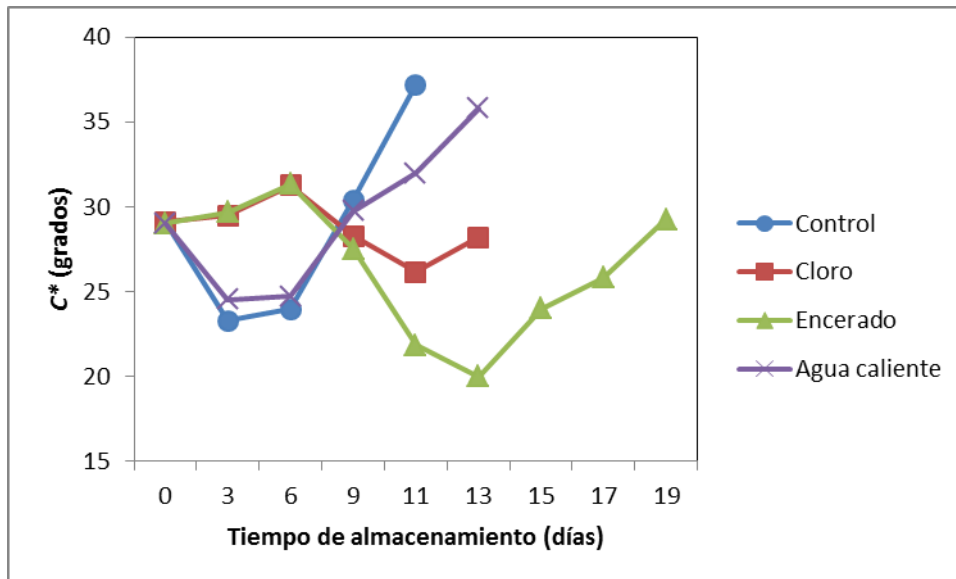


Figura 13. Evolución de C^* en el tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-envasado durante su almacenamiento a temperatura ambiente

En la Figura 14 se aprecia que los tomates del grupo control y los tratados con agua caliente mostraron un aumento de h^* entre los días 0 y 3 y a partir de allí se observó un descenso en este parámetro. En los tomates tratados con agua clorada y encerados hubo una disminución de este parámetro los primeros 3 y 6 días de conservación, respectivamente. Posteriormente, se observó un aumento y un posterior descenso de h^* , fluctuaciones que se corresponden en el tiempo con las variaciones observadas en el parámetro b^* .

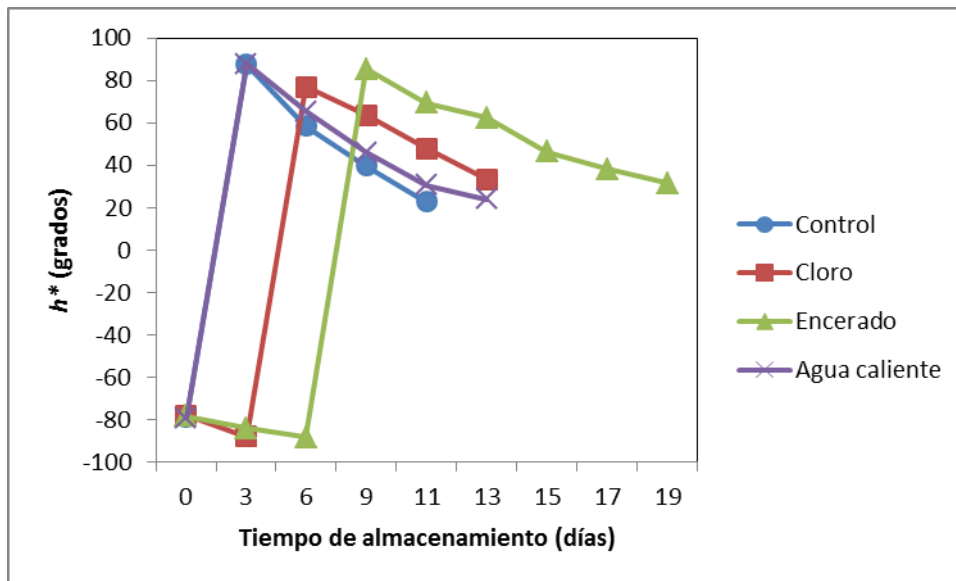


Figura 14. Evolución de h^* en el tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente

En la Tabla 8 se muestran de los valores promedios de los parámetros de color (L^* , a^* , b^* , C^* y h^*) analizados en tomate margariteño, sometido a distintos tratamientos de pre-ensado durante 11 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 8. Evolución de los parámetros de color analizados en tomates margariteños var. “España”, sometidos a distintos tratamientos de pre-ensado durante 11 días de almacenamiento a temperatura ambiente

Parámetro	Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)				
		0	3	6	9	11
L^*	Control	74,53 ⁿ ±0,69	68,37 ^l ±0,50	61,62 ^g ±0,47	53,44 ^d ±0,95	42,52 ^a ±0,46
	Agua caliente	73,34 ^m ±0,81	70,60 ^k ±0,69	66,14 ^b ±0,89	57,55 ^e ±0,62	48,47 ^b ±0,61
	Agua clorada	75,04 ⁿ ±1,49	72,28 ^l ±0,43	69,50 ^l ±0,77	58,45 ^f ±0,85	49,29 ^c ±0,98
	Encerado	77,30 ^p ±0,64	76,25 ^o ±0,78	74,60 ⁿ ±0,77	68,53 ⁱ ±1,00	61,30 ^g ±0,75
a^*	Control	-5,61 ^{bc} ±0,42	1,06 ^f ±0,06	12,50 ^k ±0,68	23,39 ⁿ ±0,85	34,29 ^p ±0,42
	Agua caliente	-5,39 ^c ±0,35	0,98 ^f ±0,18	10,31 ^j ±0,70	20,65 ^m ±0,29	27,53 ^o ±0,67
	Agua clorada	-6,06 ^a ±0,30	-0,98 ^e ±0,15	7,13 ^h ±0,56	12,58 ^k ±0,50	17,50 ^l ±0,33
	Encerado	-5,86 ^{ab} ±0,22	-3,01 ^d ±0,09	-0,90 ^e ±0,10	2,13 ^g ±0,20	7,64 ⁱ ±0,44
b^*	Control	28,48 ^k ±0,42	23,24 ^g ±0,41	20,43 ^d ±0,64	19,37 ^c ±0,77	14,43 ^a ±1,07
	Agua caliente	28,47 ^k ±0,41	24,49 ^h ±0,21	22,44 ^f ±1,13	21,43 ^c ±0,47	16,22 ^b ±0,47
	Agua clorada	28,44 ^k ±0,35	29,44 ^l ±0,50	30,41 ^m ±0,77	25,30 ⁱ ±0,66	19,44 ^c ±0,32
	Encerado	28,43 ^k ±0,28	29,53 ^l ±0,38	31,33 ⁿ ±0,41	27,43 ^j ±0,86	20,45 ^d ±0,40
C^*	Control	29,03 ^{hi} ±0,40	23,27 ^b ±0,40	23,96 ^c ±0,67	30,37 ^k ±0,93	37,21 ⁿ ±0,69
	Agua caliente	28,97 ^h ±0,43	24,51 ^d ±0,20	24,71 ^d ±1,04	29,76 ^l ±0,34	31,96 ^m ±0,57
	Agua clorada	29,08 ^{hi} ±0,35	29,46 ^{ij} ±0,50	31,24 ^l ±0,82	28,26 ^g ±0,63	26,16 ^e ±0,31
	Encerado	29,03 ^{hi} ±0,26	29,68 ^j ±0,37	31,34 ^l ±0,41	27,52 ^f ±0,85	21,83 ^a ±0,45
h^*	Control	-78,86 ^{cd} ±0,88	87,38 ^q ±0,18	58,55 ^k ±1,55	39,63 ^h ±1,29	22,80 ^f ±1,43
	Agua caliente	-79,27 ^c ±0,64	87,72 ^q ±0,43	65,30 ^m ±1,90	46,05 ⁱ ±0,84	30,52 ^g ±1,05
	Agua clorada	-77,97 ^c ±0,61	-88,10 ^a ±0,30	76,82 ^o ±0,88	63,56 ^l ±1,10	48,00 ^j ±0,74
	Encerado	-78,34 ^{de} ±0,48	-84,18 ^b ±0,20	-88,37 ^a ±0,17	85,55 ^p ±0,52	69,51 ⁿ ±1,06

Media ± desviación típica.

Diferentes letras en el mismo parámetro indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En la Tabla 9 se muestran los valores promedios de los parámetros de color analizados en tomates margariteños sometidos a distintos tratamientos de conservación poscosecha a los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 9. Valores promedios de los parámetros de color analizados en tomates margariteños var. “España”, sometidos a distintos tratamientos de pre-ensado a los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente

Parámetro	Tratamiento		
	Agua caliente	Agua clorada	Encerado
L^*	41,48 ^b ±0,90	40,67 ^a ±1,11	54,34 ^c ±0,80
a^*	32,68 ^c ±0,53	23,55 ^b ±0,62	9,24 ^a ±0,24
b^*	14,63 ^a ±0,54	15,46 ^b ±0,33	17,71 ^c ±0,45
C^*	35,80 ^c ±0,64	28,18 ^b ±0,57	19,98 ^a ±0,36
h^*	24,11 ^a ±0,64	33,29 ^b ±0,86	62,42 ^c ±1,05

Media ± desviación típica.

Diferentes letras en la misma fila para los parámetros analizados indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En la Tabla 10 se muestran los valores promedios de los parámetros de color analizados en tomates margariteños encerados en el periodo comprendido entre 15 y 19 días de almacenamiento poscosecha.

Tabla 10. Valores promedios de los parámetros de color analizados en tomates margariteños var. “España” encerados, almacenados entre 15 y 19 días a temperatura ambiente

Parámetro	Tiempo de almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente		
	Día 15	Día 17	Día 19
L^*	53,19 ^c ±0,92	49,45 ^b ±1,64	40,25 ^a ±1,29
a^*	16,56 ^a ±0,55	20,32 ^b ±0,55	24,91 ^c ±0,55
b^*	17,36 ^c ±0,53	15,93 ^b ±0,34	15,35 ^a ±0,41
C^*	29,26 ^c ±0,50	25,82 ^b ±0,52	24,00 ^a ±0,61
h^*	46,36 ^c ±1,12	38,10 ^b ±0,83	31,64 ^a ±0,90

Media ± desviación típica.

Diferentes letras en la misma fila para los parámetros analizados indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Se puede observar que el día 0 los tomates tratados con agua caliente presentaron un valor L^* significativamente menor ($p < 0,05$) que el de los tomates de los otros grupos evaluados. A los 3, 6, 9 y 11 días de almacenamiento se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los valores L^* promedio de los diferentes grupos estudiados, siendo siempre mayor el valor L^* de los tomates encerados, seguido del de los tomates tratados con agua clorada, luego el de los tomates

tratados con agua caliente y finalmente el del grupo control, que mostró en todos los días de almacenamiento los menores valores de luminosidad (Tabla 8).

A los 13 días de almacenamiento el valor L^* de los tomates tratados con agua clorada fue significativamente menor ($p < 0,05$) que el de los tratados con agua caliente, mientras que el de los tomates encerados fue significativamente mayor ($p < 0,05$) que el de los otros grupos (Tabla 9).

Entre los días 15 al 19 de almacenamiento a temperatura ambiente y para los tomates encerados, se observó una disminución del parámetro L^* de 53,19 (día 15) a 40,25 (día 19) (Tabla 10).

En los 4 grupos estudiados se observó que a lo largo del almacenamiento a temperatura ambiente se produjo una disminución significativa ($p < 0,05$) del valor L^* , encontrándose además diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los promedios de L^* obtenidos en los días de almacenamiento evaluados. En el grupo control, L^* se redujo de 74,53 (día 0) a 42,52 (día 11); en los tomates encerados esta reducción fue de 77,30 (día 0) a 40,25 (día 19), mientras que los tomates tratados con agua clorada y con agua caliente en el día 0 presentaron un valor L^* promedio de 75,04 y 73,34, respectivamente, el cual se redujo, tras 13 días de almacenamiento, hasta valores de 40,67 y 41,48 (Tablas 8 a 10).

Estos resultados coinciden con lo indicado por Núñez (1996) y Cantwell (2004), quienes señalan que la luminosidad del tomate disminuye en la medida que va madurando y durante su almacenamiento poscosecha, adquiriendo un color rojo intenso. Según Kantola y Helén (2001) dichos cambios de color durante la maduración son debidos principalmente por la transformación de los cloroplastos en cromoplastos. En las etapas iniciales de la maduración, las membranas tilacoides de los cloroplastos, los gránulos de almidón y la clorofila son degradados, y se acumulan en los plastidios nuevos pigmentos carotenoides como el β -caroteno y el licopeno, que son responsables de los colores rojos y anaranjados en tomates.

Respecto al parámetro a^* , se puede observar que el día 0 los tomates tratados con agua clorada presentaron un valor a^* significativamente menor ($p < 0,05$) que el de

los tomates control y el de los tratados con agua caliente, mientras que dicho parámetro los tomates encerados fue significativamente menor ($p < 0,05$) al presentado por los tomates tratados con agua caliente. A los 3 días de almacenamiento los tomates encerados mostraron un valor a^* significativamente menor ($p < 0,05$) que los tratados con agua clorada, y ambos grupos presentaron un valor a^* significativamente menor ($p < 0,05$) que los tomates del grupo control y los tratados con agua caliente, no encontrándose diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los valores a^* de estos 2 últimos grupos. A los 6, 9 y 11 días de almacenamiento se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los valores a^* de los diferentes grupos estudiados, siendo siempre menor el valor a^* , el presentado por los tomates encerados, seguido del de los tomates tratados con agua clorada, posteriormente el de los tomates tratados con agua caliente y finalmente el del grupo control, que mostró en todos los días de almacenamiento los mayores valores de a^* (Tabla 8).

A los 13 días de almacenamiento el valor a^* de los tomates encerados fue significativamente menor ($p < 0,05$) que el de los tratados con agua clorada, mientras que el de los tomates tratados con agua caliente fue significativamente mayor ($p < 0,05$) que el de los otros grupos (Tabla 9).

Entre los días 15 y 19 de almacenamiento a temperatura ambiente, y para los tomates encerados (Tabla 10), se observó un incremento del parámetro a^* de 16,56 (día 15) a 24,91 (día 19).

En los 4 grupos estudiados se observó que a lo largo del almacenamiento a temperatura ambiente se produjo un aumento significativo ($p < 0,05$) del valor a^* , encontrándose además diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los valores de a^* obtenidos en los días de almacenamiento evaluados. En el grupo control, a^* se incrementó de -5,61 (día 0) a 34,29 (día 11); en los tomates encerados este aumento fue de -5,86 (día 0) a 24,91 (día 19), mientras que los tomates tratados con agua clorada y con agua caliente en el día 0 mostraron valores de a^* de -6,06 y -5,39, respectivamente, los cuales se incrementaron, tras 13 días de almacenamiento, a 23,55 y 32,68 (Tablas 8 a 10).

El hecho de que todos los grupos de tomates evaluados mostrasen un aumento del parámetro a^* durante el periodo de almacenamiento evaluado, indica que los tomates tienden a hacerse menos verdes y más rojos durante su conservación a temperatura ambiente.

Kantola y Helén (2001) señalan que desde el inicio de la maduración de los tomates se produce un incremento en el parámetro a^* (verde-rojo).

Mejía et al., (2009) indican que durante la maduración, tanto en tomates encerados como en los no tratados, se observa un incremento en los valores de a^* , siendo más pronunciado este aumento durante los primeros 6 días de almacenamiento a 22°C, lo cual está directamente asociado con los cambios en el color de la piel de los tomates, de verde a rojo, hecho que puede ser atribuido a la pérdida de clorofila y a la síntesis de licopeno, produciéndose ésta con mayor lentitud en los tomates encerados que en los no tratados. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el presente estudio, en cuanto al incremento del valor a^* en todos los grupos evaluados durante el almacenamiento. Sin embargo, en este trabajo se observó que la velocidad de este incremento fue prácticamente constante durante todo el periodo de análisis.

Nunes y Emond (1999), al tratar pimienta verde mediante inmersión en agua clorada con 0, 50, 100, 150 y 200 mg/l durante 20, 30 y 45 minutos, observaron que no hubo un efecto significativo de los tratamientos aplicados sobre los parámetros L^* , a^* y b^* . Sin embargo, al incrementar la concentración de cloro y el tiempo de inmersión disminuyó el contenido de clorofila en el producto, lo que hace suponer que se produjo una degradación de la clorofila y como consecuencia, el producto presentó una coloración menos verde, aunque la presencia de otros pigmentos puede enmascarar esta situación.

Mejía et al., (2009) indicaron que durante la maduración, tanto de tomates encerados como no tratados, presentaron un incremento en los valores de a^* , siendo más pronunciado este aumento durante los primeros 6 días de almacenamiento a 22°C, lo cual está directamente asociado con los cambios en el color de la piel de los tomates, de verde a rojo, que puede ser atribuido a la pérdida de clorofila y la síntesis de

licopeno, que se produjo con mayor lentitud en los tomates encerados que en los no tratados.

En relación con el parámetro b^* se observó que el día 0 no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los valores de dicho parámetro presentados por los diferentes grupos de tomates evaluados, pero tanto a los 3 como a los 6 días de almacenamiento se pudo apreciar que el grupo control presentó un valor de b^* significativamente menor ($p < 0,05$) que el de los tomates tratados con agua caliente, mientras que los tomates encerados y los tratados con agua clorada no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en los valores de dicho parámetro, que fueron significativamente mayores ($p < 0,05$) que los de los otros 2 grupos. A los 9 y a los 11 días de almacenamiento los tomates encerados presentaron un valor b^* significativamente mayor ($p < 0,05$) que los otros grupos, seguido del de los tomates tratados con agua clorada, los tratados con agua caliente y los del grupo control, que presentaron siempre los valores de b^* más bajos (Tabla 8).

A los 13 días de almacenamiento se mantuvo la tendencia observada en los días anteriores, ya que los tomates encerados mostraron un valor de b^* significativamente mayor ($p < 0,05$) que el de los tratados con agua clorada, mientras que los tratados con agua caliente presentaron un valor de b^* significativamente menor ($p < 0,05$) que los otros grupos de tomates (Tabla 9).

Entre los 15 y 19 días de almacenamiento se produjo una disminución significativa ($p < 0,05$) del valor de b^* en los tomates encerados (Tabla 10).

Tanto en el grupo control como en los tomates tratados con agua caliente se pudo apreciar durante almacenamiento una disminución significativa ($p < 0,05$) de los valores de b^* en los tomates, pasando de 28,47 (día 0) hasta 14,43 y 14,63 (días 11 y 13, respectivamente). Por su parte, en los tomates encerados y en los tratados con agua clorada se observó que los valores de b^* se incrementaron desde 28,43 y 28,04 (día 0, respectivamente), hasta 33,36 y 30,41 (día 6), pero a partir de los 9 días de almacenamiento se apreció una disminución significativa ($p < 0,05$) de b^* en ambos grupos de tomates, hasta alcanzar un valor de 15,46 (día 13) en los tratados con agua clorada y de 15,35 (día 19) en los encerados (Tablas 8 a 10).

Begun y Brewer (2001) indican que la inmersión de tomates en agua a 100°C durante 4 minutos dio lugar a tomates más rojos y amarillos. En el presente estudio también se observó esa misma tendencia al incremento de L^* y a^* en los tomates tratados con agua caliente, pero no en el caso de b^* , hecho que pudiese ser debido a que en el primer estudio los tomates fueron tratados en estado pintón, mientras que en la presente investigación se utilizaron tomates verdes-maduros.

Begun y Brewer (2001) determinaron que el escaldado de tomates provocó una reducción del parámetro L^* de 40,65 a 39,76, un incremento del valor a^* de 7,15 a 30,80 y un aumento del valor b^* de 19,38 a 31,49, todo ello como consecuencia de la inmersión de este producto durante 4 minutos en agua hirviendo, es decir, que este tipo de escaldado produjo tomates más rojos y amarillos.

Dilmaçunal et al., (2011) indican que el encerado de tomates mediante la atomización de aceite mineral y almacenamiento durante 20 días a 20°C, no tuvo un efecto significativo sobre el valor final de los parámetros L^* , a^* y b^* , en comparación con los del grupo control. Sin embargo, los cambios de color asociados con la maduración se produjeron con mayor rapidez en los frutos no tratados, al igual que ocurrió en el presente estudio.

En cuanto a C^* , los resultados evidencian que en el tiempo 0 no se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre el valor C^* de los tomates de los diferentes grupos estudiados. Sin embargo, a los 3 y 6 días de almacenamiento se obtuvo que el valor de C^* de los tomates del grupo control fue significativamente menor ($p < 0,05$) que el de los tomates tratados con agua caliente, mientras que los tomates encerados y tratados con agua clorada mostraron un C^* significativamente mayor ($p < 0,05$) que el de los otros grupos, sin haber diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los valores de ambos grupos. Posteriormente a los 9 y 11 días de almacenamiento, se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los valores del parámetro C^* de todos los grupos de tomates estudiados, siendo en este caso menor el de los tomates encerados, seguido del de los tomates tratados con agua clorada, los sometidos a inmersión en agua caliente y los del grupo control, que mostraron el valor de C^* más alto (Tabla 8). A los 13 días de almacenamiento se

mantuvo la tendencia observada el día 11 (Tabla 9). Entre los 15 y 19 días de almacenamiento se produjo una disminución significativa ($p < 0,05$) del parámetro C^* en los tomates encerados (Tabla 10).

Begun and Brewer (2001) determinaron que el escaldado de tomates provocó un incremento del parámetro C^* de 19,79 a 44,04, como consecuencia de la inmersión de este producto en agua a 100°C durante 4 minutos. En el presente estudio se observó esa misma tendencia en los tomates tratados con agua caliente, pero a partir del día 3 de almacenamiento. Asimismo, Cantwell (2004) señala que durante la maduración del tomate se producen fluctuaciones en el valor de C^* , evidenciándose inicialmente una disminución en el valor de este parámetro, al pasar el producto de verde-maduro a rosado-naranja; posteriormente se produce un incremento cuando el tomate adquiere una coloración naranja-rojiza, y finalmente se producen disminuciones hasta alcanzarse un color rojo-oscuro. En esta investigación y para los primeros 11 días de almacenamiento se observó esa disminución inicial y posterior aumento del valor C^* en los tomates control y en los tratados con agua caliente, mientras que en los tomates lavados con agua clorada y en los encerados el comportamiento puede ser descrito como aumento-disminución-aumento, debido al desarrollo de una tonalidad amarilla al inicio del almacenamiento, anteriormente ya citada, y que ocasiona cierta heterogeneidad en el color del tomate.

En cuanto a los valores de h^* de los tomates margariteños sometidos a tratamientos de pre-ensado, se observa que el día 0 los valores de este parámetro en el tomate verde-maduro se encontraron entre -79,27 y -77,97. A los 3 días de almacenamiento los tomates tratados con agua clorada mostraron un h^* significativamente menor ($p < 0,05$) que el de los encerados, mientras que los tomates del grupo control y los tratados con agua caliente presentaron valores significativamente mayores ($p < 0,05$) que los otros grupos. El día 6 se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los valores de h^* de todos los grupos de tomates estudiados, siendo menor el de los tomates encerados, seguido del grupo control, los tratados con agua caliente y el de los tratados con agua clorada, que fue el mayor. Los días 9 y 11 también se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los valores de h^* de todos los grupos estudiados, pero se observó que el grupo control presentó el h^* más bajo, seguido del grupo tratado con agua caliente, los tomates tratados con agua

clorada y los encerados, que presentaron el mayor valor de h^* (Tabla 8). El día 13 de almacenamiento se mantuvo la tendencia observada los días 9 y 11, ya que se determinó un valor de h^* en los tomates encerados significativamente mayor ($p < 0,05$) que en los otros 2 grupos, mientras que el valor medio de este parámetro en los tomates tratados con agua caliente fue significativamente ($p < 0,05$) el menor de todos (Tabla 9). Entre los días 15 al 19 de almacenamiento se observó una disminución significativa ($p < 0,05$) en el valor promedio de h^* de los tomates encerados (Tabla 10).

En todos los grupos de tomates estudiados se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los valores de h^* obtenidos los días de almacenamiento evaluados. En el grupo control h^* se incrementó de -78,86 (día 0) a 87,38 (día 3) y luego presentó una disminución continua hasta alcanzar un valor de 22,80. En los tomates encerados hubo una disminución de -78,34 (día 0) a -88,37 (día 6), el día 9 se observó un aumento (85,55) y a partir de allí se observó una disminución de h^* hasta alcanzar 31,64 (día 19). En los tomates tratados mediante inmersión en agua caliente pudo apreciarse que el valor de h^* el día 0 (-79,27) se incrementó a 87,72 el día 3 y a partir de allí se evidenció un descenso de h^* hasta alcanzar 24,11 el día 13 de almacenamiento. En lo referente al grupo tratado con agua clorada, hubo una disminución en este parámetro del día 0 (-77,97) al día 3 (-88,10), para luego incrementarse hasta 76,82 el día 6 y a partir de allí disminuir continuamente hasta 33,29 el día 13, fluctuaciones que se corresponden en el tiempo con las variaciones observadas en el parámetro b^* (Tablas 8 a 10).

De acuerdo con Cantwell (2004), el parámetro h^* en el tomate disminuye en la medida que éste va madurando y durante su almacenamiento poscosecha, pasando de una coloración verde-amarillenta a una coloración rojo-naranja. En el presente estudio se observó que en todos los tomates evaluados hubo fluctuaciones en el parámetro h^* , con tendencia a la disminución hacia el final del almacenamiento.

Según Artés y Artés (2007) la maduración del tomate durante el climaterio se manifiesta en una rápida evolución del color verde, con degradación de clorofilas, y aparición de tonos anaranjados y rojos. Estos autores señalan además que el color rojo del tomate resulta de la sustitución de las clorofilas por los pigmentos carotenoides, con aumento del licopeno, que es el caroteno específico y más abundante en las variedades

rojas, amarillas y anaranjadas, así como de las xantofilas, cuando los cloroplastos se convierten en cromoplastos. La síntesis de pigmentos amarillentos precede a la de los rojizos, pero la masiva acumulación de estos últimos termina enmascarando a los primeros.

Lo anteriormente expuesto, en relación con la formación de compuestos amarillos y rojos durante el climaterio del tomate, explica las fluctuaciones del parámetro h^* en este producto a lo largo de su conservación poscosecha. En este caso se observó que el encerado y el lavado con agua clorada produjeron mayores fluctuaciones del parámetro h^* en los tomates durante su conservación poscosecha a temperatura ambiente.

5.2.2. Evolución de la calidad físico-química

Todos los grupos de tomates evaluados mostraron una tendencia a la disminución de la acidez titulable durante el periodo de almacenamiento evaluado (Figura 15).

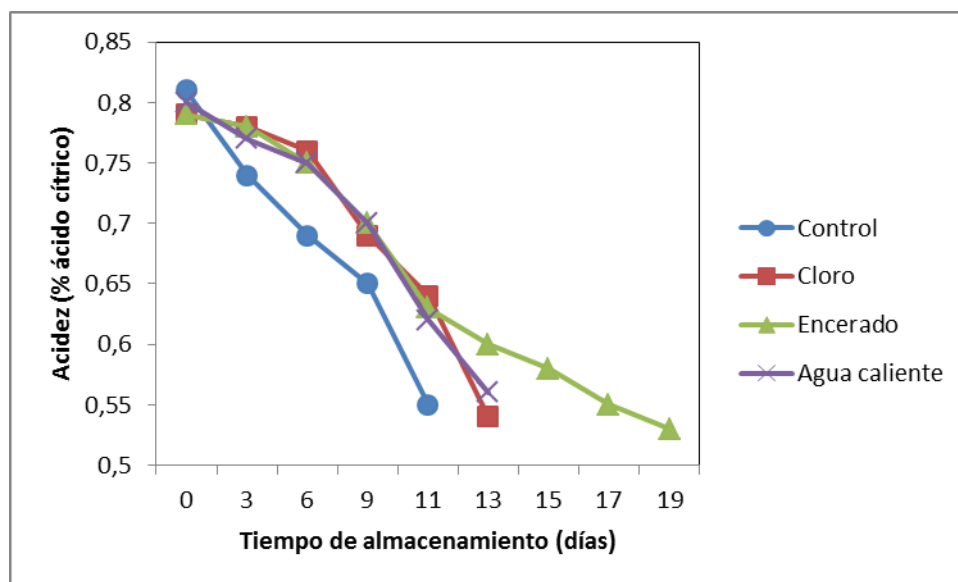


Figura 15. Evolución de la acidez titulable del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente

Respecto al pH, los tomates del grupo control, así como los tratados con agua clorada y con agua caliente presentaron un incremento en sus valores de pH durante el almacenamiento a temperatura ambiente, mientras que los tomates encerados mostraron un descenso en este parámetro durante los primeros 6 días de almacenamiento, iniciándose a partir de ese momento el ascenso del pH observado en los otros grupos (Figura 16).

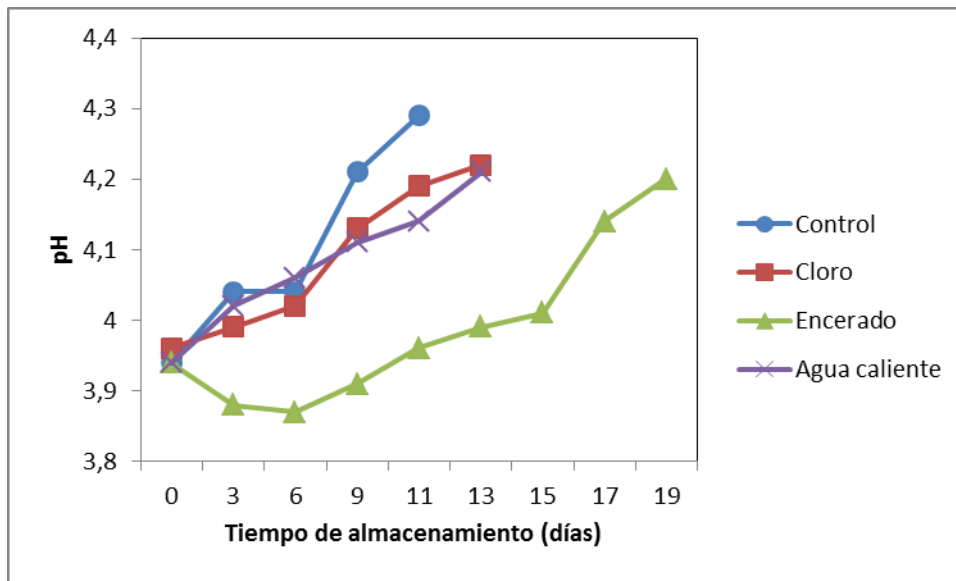


Figura 16. Evolución del pH del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente

Todos los grupos de tomates estudiados presentaron un incremento inicial del contenido en sólidos solubles totales, hasta los días 6 de almacenamiento (grupo control), 9 días (tomates tratados con agua clorada y con agua caliente) y 13 días (tomates encerados), para posteriormente disminuir durante la conservación poscosecha a temperatura ambiente (Figura 17).

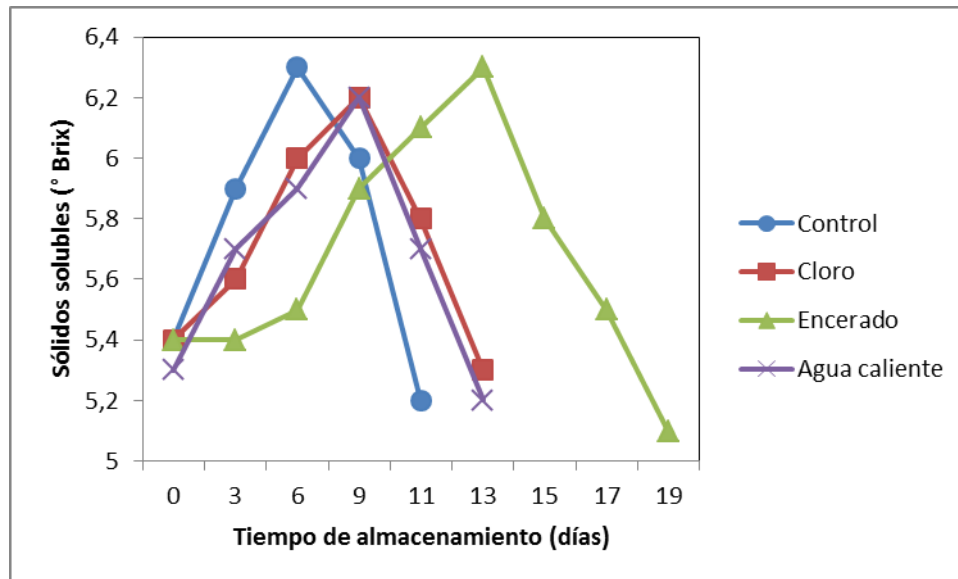


Figura 17. Evolución del contenido en sólidos solubles totales del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente

Respecto al comportamiento del parámetro fuerza de corte, se observa que todos los grupos de tomates evaluados presentaron un descenso continuo de este parámetro durante el almacenamiento a temperatura ambiente (Figura 18).

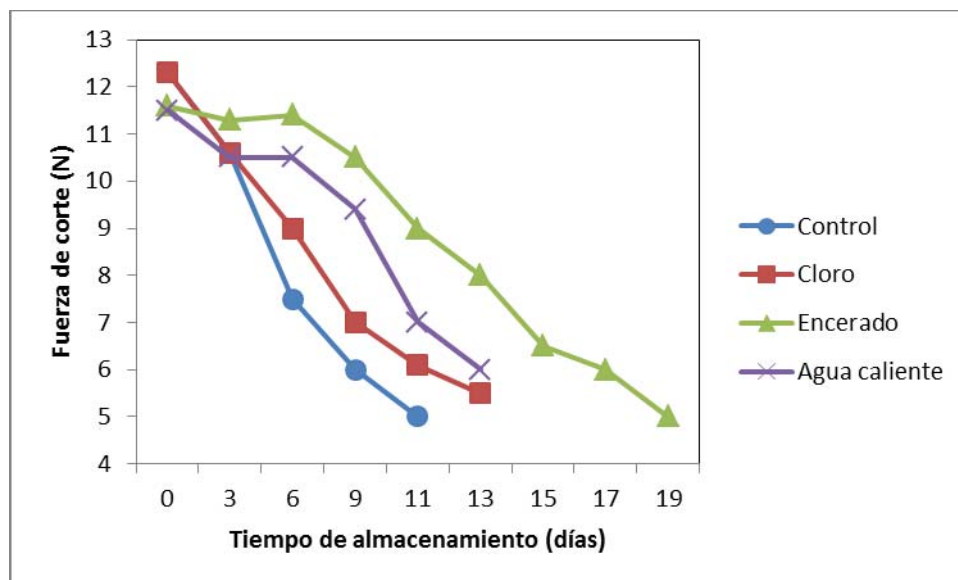


Figura 18. Evolución de la fuerza máxima de corte del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente

En la Figura 19 se observa que la pérdida de peso de todos los grupos de tomate evaluados fue incrementándose a lo largo del almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente.

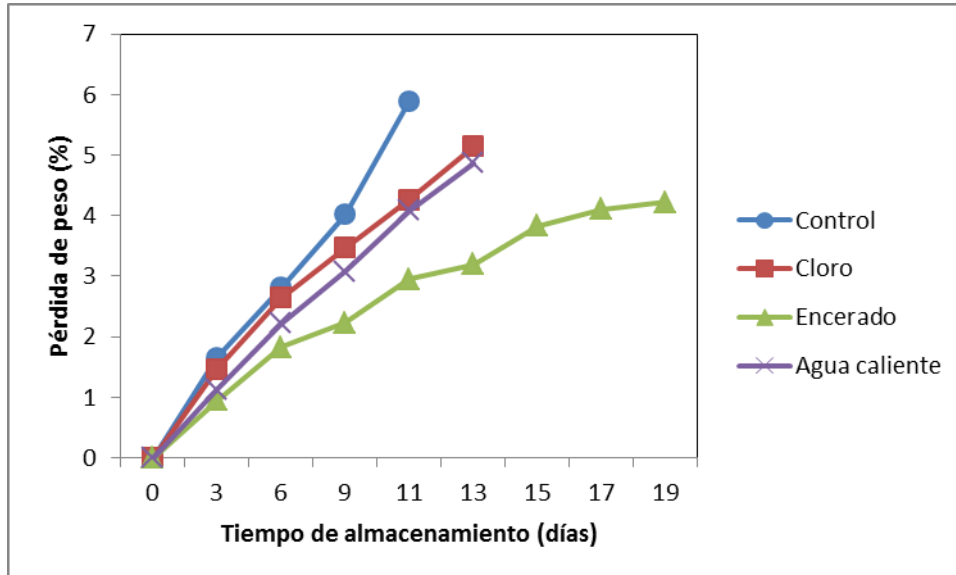


Figura 19. Evolución de la pérdida de peso del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente

En la Tabla 11 se muestran los resultados del análisis estadístico de los parámetros de calidad físico-química (acidez titulable, pH, contenido en sólidos solubles totales, fuerza máxima de corte, y pérdida de peso) analizados en tomates margariteños sometidos a distintos tratamientos de pre-ensado durante un periodo máximo de 11 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 11. Evolución de los parámetros de calidad físico-química analizados en tomates margariteños var. “España”, sometidos a distintos tratamientos de pre-ensado durante 11 días de almacenamiento a temperatura ambiente

Parámetro	Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)				
		0	3	6	9	11
Acidez titulable (% ácido cítrico)	Control	0,81 ^m ±0,01	0,74 ^l ±0,01	0,69 ^e ±0,01	0,65 ^d ±0,01	0,55 ^a ±0,03
pH	Agua caliente	0,80 ^{lm} ±0,03	0,77 ^{hi} ±0,02	0,75 ^{fg} ±0,01	0,70 ^c ±0,03	0,62 ^b ±0,01
	Agua clorada	0,79 ^{kl} ±0,02	0,78 ^{ijk} ±0,01	0,76 ^{gh} ±0,01	0,69 ^e ±0,02	0,64 ^c ±0,01
	Encerado	0,80 ^{lm} ±0,02	0,78 ^{ijk} ±0,02	0,75 ^{fg} ±0,01	0,70 ^c ±0,02	0,63 ^c ±0,02
	Control	3,94 ^{bc} ±0,04	4,04 ^{ef} ±0,10	4,04 ^{ef} ±0,06	4,21 ^h ±0,08	4,29 ⁱ ±0,01
Contenido en sólidos solubles totales (°Brix)	Agua caliente	3,94 ^{bc} ±0,06	4,02 ^{ef} ±0,02	4,06 ^f ±0,03	4,11 ^g ±0,01	4,14 ^g ±0,03
	Agua clorada	3,96 ^{cd} ±0,03	3,99 ^{de} ±0,02	4,02 ^{ef} ±0,01	4,13 ^g ±0,05	4,19 ^h ±0,01
	Encerado	3,94 ^{bc} ±0,03	3,88 ^a ±0,10	3,87 ^a ±0,01	3,91 ^{ab} ±0,03	3,96 ^{cd} ±0,03
	Control	5,40 ^{bc} ±0,10	5,90 ^{gh} ±0,20	6,30 ^k ±0,10	6,00 ^{hi} ±0,20	5,20 ^a ±0,10
Fuerza máxima de corte (N)	Agua caliente	5,30 ^{ab} ±0,10	5,70 ^{ef} ±0,10	5,90 ^{gh} ±0,20	6,20 ^{ik} ±0,10	5,70 ^{ef} ±0,00
	Agua clorada	5,40 ^{bc} ±0,10	5,60 ^{de} ±0,20	6,00 ^{hi} ±0,00	6,20 ^{ik} ±0,10	5,80 ^{fg} ±0,10
	Encerado	5,40 ^{bc} ±0,10	5,40 ^{bc} ±0,30	5,50 ^{cd} ±0,30	5,90 ^{gh} ±0,10	6,10 ^{ij} ±0,20
Pérdida de peso (%)	Control	12,30 ^g ±0,70	10,60 ^e ±0,70	7,50 ^c ±0,40	6,00 ^b ±0,40	5,00 ^a ±0,40
	Agua caliente	11,50 ^f ±0,70	10,50 ^e ±0,30	10,50 ^e ±0,40	9,40 ^d ±0,50	7,00 ^c ±0,00
	Agua clorada	12,30 ^g ±0,70	10,60 ^e ±0,70	9,00 ^d ±0,70	7,00 ^c ±0,00	6,10 ^b ±0,40
	Encerado	11,60 ^f ±0,50	11,30 ^f ±0,90	11,40 ^f ±0,40	10,50 ^e ±0,40	9,00 ^d ±0,40
Pérdida de peso (%)	Control	0,00 ^a ±0,00	1,66 ^e ±0,06	2,81 ⁱ ±0,11	4,02 ^m ±0,01	5,90 ^p ±0,03
	Agua caliente	0,00 ^a ±0,00	1,13 ^c ±0,02	2,22 ^g ±0,03	3,08 ^k ±0,03	4,09 ⁿ ±0,04
	Agua clorada	0,00 ^a ±0,00	1,47 ^d ±0,01	2,65 ^h ±0,04	3,47 ^l ±0,03	4,27 ^o ±0,01
	Encerado	0,00 ^a ±0,00	0,95 ^b ±0,02	1,83 ^f ±0,04	2,23 ^g ±0,03	2,95 ^j ±0,06

Media ± desviación típica.

Diferentes letras en el mismo parámetro indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En la Tabla 12 se muestran los valores promedio de los parámetros físico-químicos de calidad analizados en tomates margariteños, sometidos a distintos tratamientos de pre-ensado a los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 12. Valores promedio de los parámetros físico-químicos de calidad analizados en tomates margariteños var. España, sometidos a distintos tratamientos de pre-ensado a los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente

Parámetro	Tratamiento		
	Agua caliente	Agua clorada	Encerado
Acidez titulable (% ácido cítrico)	0,56 ^b ±0,01	0,54 ^a ±0,01	0,60 ^c ±0,03
pH	4,21 ^b ±0,02	4,22 ^b ±0,02	3,99 ^a ±0,03
Contenido en sólidos solubles totales (°Brix)	5,20 ^a ±0,20	5,30 ^a ±0,30	6,30 ^b ±0,20
Fuerza máxima de corte (N)	6,00 ^a ±0,40	5,50 ^a ±0,40	8,00 ^b ±0,70
Pérdida de peso (%)	4,87 ^b ±0,03	5,14 ^c ±0,02	3,20 ^a ±0,03

Media ± desviación típica.

Diferentes letras en la misma fila para los parámetros analizados indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En la Tabla 13 se muestran los valores promedios de todos los parámetros físico-químicos analizados en tomates margariteño encerados en el periodo comprendido entre 15 y 19 días de almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente.

Tabla 13. Valores promedios de los parámetros físico-químicos de calidad analizados en tomates margariteños var. España encerados, almacenados entre 15 y 19 días a temperatura ambiente

Parámetro	Tiempo de almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente		
	Día 15	Día 17	Día 19
Acidez titulable (% ácido cítrico)	0,58 ^c ±0,01	0,55 ^b ±0,02	0,53 ^a ±0,03
pH	4,01 ^a ±0,01	4,14 ^b ±0,01	4,20 ^c ±0,08
Contenido en sólidos solubles totales (°Brix)	5,80 ^c ±0,30	5,50 ^b ±0,40	5,10 ^a ±0,20
Fuerza máxima de corte (N)	6,60 ^b ±0,70	6,00 ^b ±0,40	5,00 ^a ±0,80
Pérdidas de peso (%)	3,83 ^a ±0,07	4,12 ^b ±0,02	4,22 ^c ±0,03

Media ± desviación típica.

Diferentes letras en la misma fila para los parámetros analizados indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La acidez titulable de los distintos grupos de tomates analizados presenta en el día 0 de almacenamiento valores comprendidos entre 0,79 y 0,81% de ácido cítrico. En los tomates control, encerados y sometidos a tratamiento en agua caliente se evidenció

una disminución significativa ($p < 0,05$) de la acidez titulable durante los días evaluados, hasta alcanzar valores al día 11 de 0,55; 0,63 y 0,62 respectivamente. En los tomates tratados con agua clorada no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la acidez titulable entre los 0 y 3 días de almacenamiento, pero en los días restantes la acidez mostró el mismo comportamiento que en los otros grupos, con un valor de 0,64% el día 11. A los 3, 6 y 9 días de almacenamiento no detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre la acidez titulable de los tomates encerados y los tratados con agua clorada y agua caliente, pero estos grupos siempre presentaron valores de acidez titulable significativamente mayores ($p < 0,05$) que los del grupo control. A los 11 días de almacenamiento los tomates encerados y tratados con agua clorada mostraron una acidez titulable significativamente mayor ($p < 0,05$) que la de los tratados con agua caliente, mientras que los tomates control tuvieron la menor acidez titulable entre los grupos (Tabla 11).

A los 13 días de almacenamiento la acidez titulable de los tomates encerados fue significativamente mayor ($p < 0,05$) que la de aquellos tratados con agua caliente, y ésta significativamente mayor ($p < 0,05$) que la de los tomates inmersos en agua clorada (Tabla 12). En todos los casos los valores fueron menores a los determinados en los anteriores días de almacenamiento.

La acidez titulable de los tomates encerados disminuyó significativamente ($p < 0,05$) entre los 15 y 19 días de almacenamiento alcanzando un valor de 0,53 % el día 19 (Tabla 13).

Reina (1998) observó fluctuaciones de este parámetro en el tomate cultivado en Neiva (Colombia), con una tendencia hacia la disminución en el porcentaje de acidez durante su conservación en condiciones ambientales (28°C y 65% HR).

Mohammed et al., (1999) determinaron que en tomates de diferentes variedades, lavados por inmersión en agua con 300 mg/l de cloro durante 3 minutos y almacenados a 20°C, se produjo un descenso significativo en la acidez titulable de las muestras durante su almacenamiento, hasta alcanzar valores entre 0,19 y 0,33% al cabo de 21 días de conservación.

El descenso de la acidez es debido a la actividad metabólica que experimentan los productos hortofrutícolas durante la maduración, ya que en este periodo hay una intensa actividad enzimática que provoca una complicada red de cambios metabólicos que se traslapan y acoplan, lo que da origen a la conversión de los ácidos orgánicos de reserva en azúcares, que serán consumidos durante la respiración celular (Badui, 2006).

Akbudak et al., (2007) señalan que la disminución de la acidez durante el almacenamiento de los tomates se debe a la utilización de los ácidos en la respiración y a otros procesos fisiológicos.

En cuanto al pH inicial de los tomates se observa que presentó valores entre 3,94 y 3,96, sin que existieran diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los grupos estudiados. A los 3 y 6 días de almacenamiento no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el pH de los tomates control y el de los tratados con agua clorada y con agua caliente, mientras que los tomates encerados mostraron un pH significativamente menor ($p > 0,05$). A los 9 días el grupo control presentó un pH significativamente mayor ($p < 0,05$) que el de los otros grupos, mientras que el pH de los tomates encerados fue significativamente ($p < 0,05$) el menor de todos, no encontrándose diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el pH de los tomates tratados con agua clorada y agua caliente. A los 11 días de almacenamiento no se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el pH de todos los grupos, siendo mayor el del control (4,29), seguido del grupo tratado mediante inmersión en agua con cloro (4,19), luego el de los tomates inmersos en agua caliente (4,14) y el menor pH fue el de los tomates encerados (3,96) (Tabla 11).

Es importante señalar que en el grupo control se detectó un aumento significativo ($p < 0,05$) del pH entre los días 0 y 3 de almacenamiento, así como entre los días 6 al 9 y del 9 al 11. En este grupo no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) en el pH de los tomates entre los días 3 y 6. En los tomates encerados se produjo una disminución significativa ($p < 0,05$) del pH entre los días 0 a 3; no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el pH de los días 3 al 6 ni del 6 al 9, pero de los días 9 al 11 hubo un aumento significativo del pH ($p < 0,05$). En los tomates tratados con agua caliente hubo un aumento significativo ($p < 0,05$) del pH de los días 0 al 3 y del 6 al 9, no encontrándose diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el pH de los días 3 y 6 ni

entre el de los 9 y 11 días de almacenamiento. En los tomates tratados con agua clorada se detectó un aumento significativo del pH ($p < 0,05$) entre los días 0 a 6 de almacenamiento, así entre los días 6 a 9 y entre los 9 y 11 días de conservación.

A los 13 días de almacenamiento se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el pH de los tomates encerados (3,99), y el de aquellos tratados con agua caliente y con agua clorada (4,21 y 4,22), entre los cuales no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) (Tabla 12). También se observó que el pH de los tomates encerados se incrementó de 4,01 (día 15) a 4,20 (día 19) (Tabla 13).

Reina (1998), al estudiar el comportamiento del pH de tomates almacenados a 28°C y 65% HR, apreció fluctuaciones en el pH del producto, con una tendencia hacia el aumento del valor de este parámetro, lo que coincide con la tendencia observada en el presente estudio. De acuerdo con Berbesí et al., (2006) el incremento en el pH puede deberse al hecho de que los ácidos orgánicos de reserva presentes en las vacuolas de las células, son transformados por la propia célula a azúcares que son utilizados para la respiración, lo que ocasiona una disminución de la acidez del medio y con ello un aumento del pH.

Mohammed et al., (1999) determinaron que en tomates de diferentes variedades, lavados por inmersión en agua con 300 mg/l de cloro durante 3 minutos y almacenados a 20°C, se produjo un incremento significativo en el pH de las muestras durante su almacenamiento, hasta alcanzar valores entre 4,11 y 4,51 al cabo de 21 días de conservación.

Barco et al., (2009) observaron un descenso en el pH de bananos recubiertos con cera comercial, durante los primeros 2 días de almacenamiento, y a partir de allí se apreció el típico aumento del pH, propio de la maduración. En el grupo control, así como en los bananos tratados con solución de almidón, no se apreció ese descenso inicial de pH. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en la presente investigación, lo que hace suponer que el encerado puede provocar la acumulación de gases que afectan el pH, pero no la acidez titulable del producto (no hay síntesis ni degradación de ácidos), ya que en este último parámetro si se observó en todo momento el descenso propio de los procesos de maduración.

Contreras et al., (2008) aplicaron un recubrimiento de quitosano en naranjas conservadas a 20°C y determinaron el contenido interno de CO₂ y O₂ por cromatografía gaseosa, observando que el recubrimiento modificó la atmósfera interna del fruto, aumentando los niveles de CO₂ y disminuyendo la concentración de O₂. Esto refuerza la suposición anterior de que el encerado de tomates provoca un descenso inicial del pH por acumulación de CO₂, sin que esto afecte la acidez titulable.

Asimismo, Babitha y Kiranmayi (2010) observaron un aumento en el pH de tomates almacenados a temperatura ambiente, desde 3,61 (día 1) hasta 6,0 (día 24).

En lo concerniente a los valores del contenido en sólidos solubles totales de los tomates almacenados a temperatura ambiente, éstos muestran un valor inicial de dicho parámetro comprendido entre 5,3 y 5,4 °Brix. A los 3 días de almacenamiento el mayor contenido de sólidos solubles fue presentado por los tomates control seguido de los inmersos en agua caliente, el de los tratados con agua clorada y el de los encerados. En este día se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre todos los grupos. A los 6 días de almacenamiento se observaron esos mismos resultados excepto que no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los valores de dicho parámetro de los tomates tratados con agua clorada y con agua caliente. A los 9 días el contenido en sólidos solubles totales de los tomates tratados con agua clorada y agua caliente fue significativamente mayor ($p < 0,05$) que el del grupo control y el de los tomates encerados, entre los cuales no detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$). En el día 11 se evidenció un contenido en sólidos solubles totales en los tomates encerados (6,1 °Brix) significativamente mayor ($p < 0,05$) que en los tomates tratados con agua clorada y con agua caliente, entre los cuales no detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$), mientras que el valor de dicho parámetro en los tomates control (5,2 °Brix) fue significativamente menor ($p < 0,05$) que los de los otros grupos estudiados (Tabla 11). En el grupo control se observó un aumento significativo ($p < 0,05$) del contenido en sólidos solubles totales entre los días 0 al 3 y del 3 al 6, mientras que hubo una disminución significativa ($p < 0,05$) entre los días 6 a 9 y del 9 al 11. En los tomates encerados no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los valores de dicho parámetro de los días 0 y 3 ni entre los de los días 3 y 6, mientras que hubo un aumento significativo ($p < 0,05$) en el contenido en sólidos solubles totales entre los días 6 y 9 y

entre los 9 y 11 días de almacenamiento. Tanto en los tomates tratados con agua clorada como en los tratados con agua caliente se observó un aumento significativo ($p < 0,05$) del contenido en sólidos solubles totales de los días 0 a 3, 3 a 6 y del 6 al 9, mientras que entre los días 9 y 11 se detectó una disminución significativa ($p < 0,05$) en este parámetro (Tabla 11).

A los 13 días de almacenamiento no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el contenido en sólidos solubles totales de los tomates tratados con agua caliente y agua clorada (entre 5,2 y 5,3 °Brix), mientras que el de los tomates encerados fue significativamente ($p < 0,05$) mayor (6,3 °Brix) (Tabla 12).

Entre los días 15 a 19 de almacenamiento a temperatura ambiente se produjo una disminución significativa ($p < 0,05$) en el contenido en sólidos solubles totales de los tomates encerados, de 5,8 a 5,1 °Brix (Tabla 13).

Reina (1998) observó fluctuaciones en el contenido en sólidos solubles totales de tomates cultivados en la ciudad de Neiva, Colombia, y almacenados en condiciones ambientales (28°C y 65% HR), con tendencia hacia el aumento. Por su parte, Artés y Artés (2007) señalan que los considerables cambios físicos y químicos que se producen en la maduración del tomate durante el climaterio se pueden manifestar a través de un ligero aumento, aunque con frecuencia no significativo, de los sólidos solubles presentes en el mismo.

Mohammed et al., (1999) determinaron que en tomates de diferentes variedades, lavados por inmersión en agua con 300 mg/l de cloro durante 3 minutos y almacenados a 20°C, se produjo un incremento significativo en el contenido en sólidos solubles de las muestras durante su almacenamiento, hasta alcanzar valores entre 4,3 y 5,1% al cabo de 21 días de conservación, mientras que en aquellos tomates no procesados los valores a este tiempo estuvieron entre 3,6 y 4,0%.

Akim et al., (2008) determinaron que durante el almacenamiento en refrigeración de rodajas de tomate se produjo un incremento en el contenido en sólidos solubles totales, de 3,9 (día 0) a 4,7% (día 10), mientras que la acidez titulable

disminuyó de 0,53 a 0,58%, respectivamente. El pH el día 0 fue de 4,1 y a los 10 días de conservación se incrementó a 4,6.

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), en los productos hortofrutícolas, a lo largo del desarrollo de su madurez, los nutrientes en forma de almidón se transforman en azúcares, lo que conlleva al referido aumento del contenido de sólidos solubles (OCDE, 1998). Sin embargo, Cordeiro et al., (2007) afirman que en algunos casos no ocurre este aumento en el contenido en sólidos solubles totales después de la cosecha ya que el producto puede que no contenga reservas de almidón, debido a que las mismas ya fueron consumidas durante la maduración del fruto en la planta, y en consecuencia, durante la conservación poscosecha, tal y como lo señalan Damasceno et al., (2005), lo que podría evidenciarse es un descenso en el contenido en sólidos solubles totales como consecuencia de la acción microbiana, ya que los hongos y bacterias utilizan los azúcares del fruto como sustrato para su metabolismo.

Akbudak et al., (2007) determinaron el efecto de la inmersión de tomates en agua caliente (54°C) durante 5 minutos, sobre el contenido en sólidos solubles totales de este producto durante el almacenamiento en refrigeración y observaron una disminución en los cambios de este parámetro durante su conservación, en comparación con el grupo control, lo que indica un retardo en la maduración del producto como consecuencia de la aplicación del tratamiento.

Mejía et al., (2009) determinaron que durante la maduración, tanto en tomates encerados como en los no tratados, se observó un patrón típico asociado con la reducción de la concentración de ácidos orgánicos y la acumulación de azúcares, propio de los procesos respiratorios normales. En lo referente al contenido en sólidos solubles totales, se obtuvo que tanto en los tomates encerados como en los no tratados hubo un incremento los primeros 6 días de almacenamiento a 22°C y posteriormente, se evidenció un descenso en los valores de este parámetro, lo cual es debido a que al inicio de la maduración el almidón es hidrolizado aumentando entonces el contenido en sólidos solubles totales, pero una vez que el tomate está totalmente maduro este contenido disminuye debido a un incremento en la tasa de respiración.

Nasrin et al., (2008) trataron tomates sumergiéndolos durante 5 minutos en agua con 200 ppm de cloro, almacenándolos posteriormente en condiciones ambientales (entre 20 y 25°C; 70 a 90% HR) y observaron un retraso en los cambios en la acidez y sólidos solubles que comúnmente se dan durante el almacenamiento, y que además, con este tratamiento los tomates extendieron su vida útil hasta aproximadamente 17 días, mientras que en los tomates no tratados este periodo fue de aproximadamente 7 días.

En un estudio realizado por Dilmaçunal et al., (2011) se determinó que el encerado de tomates mediante la atomización de aceite mineral y posterior almacenamiento a 20°C, provocó que tras 16 días de almacenamiento los frutos presentaran un contenido en sólidos solubles totales de 4,58%, mientras que los del grupo control presentaron un 4,88%. La disminución de la tasa de respiración provoca una reducción de la síntesis y el uso de metabolitos, resultando esto en un menor contenido en sólidos solubles totales. En este mismo estudio se observó que al cabo de 12 días de almacenamiento los tomates encerados mostraron una acidez titulable de 0,30%, mientras que en los no tratados fue de 0,23%; sin embargo, el pH de los frutos encerados no fue significativamente diferente del de los no tratados.

El análisis de la fuerza máxima de corte de los tomates durante el almacenamiento a temperatura ambiente evidenció valores en el tiempo 0 entre 11,5 y 12,3 N. A los 3 días de almacenamiento la fuerza de corte de los tomates encerados fue significativamente mayor ($p < 0,05$) que la de los otros grupos, entre los cuales no detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$). A los 6, 9 y 11 días de almacenamiento se mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la fuerza de corte de los 4 grupos estudiados, siendo en todo momento mayor la de los tomates encerados, seguida de la de los tomates que fueron inmersos en agua caliente, la de los tomates lavados con agua clorada y la del grupo control (Tabla 11). En el grupo control la fuerza de corte disminuyó significativamente ($p < 0,05$) durante los días de almacenamiento, de 12,3 N (día 0) a 5,0 N (día 11). En los tomates tratados con agua clorada se observó esta misma tendencia, obteniéndose una fuerza de corte de 6,1 N, a los 11 días de almacenamiento. En los tomates encerados no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la fuerza de corte, entre los días 0 a 6 de almacenamiento, pero si se produjo una disminución significativa de este parámetro ($p < 0,05$) entre los días 6 y 9, y 9 a 11. En los tomates tratados con agua caliente se observó una disminución significativa

($p < 0,05$) en la fuerza de corte entre los 0 a 3 días de almacenamiento, al igual que de los 6 a 9 días y de los días 9 al 11. En este grupo no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los valores de fuerza de corte correspondiente a los días 3 y 6.

A los 13 d de almacenamiento no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre la fuerza de corte promedio de los tomates tratados con agua clorada y agua caliente (entre 5,5 y 6,0 N), pero la de los tomates encerados fue significativamente mayor (8,0 N) ($p < 0,05$) (Tabla 12). La fuerza de corte de los tomates encerados disminuyó significativamente ($p < 0,05$) pasando de 6,6 N a 5,0 N, entre los 15 y 19 días de almacenamiento (Tabla 13).

En tomates orgánicos envasados en películas plásticas biodegradables y almacenados a 11°C, se determinó que la firmeza de este producto disminuyó de 4,3 a 2,6 N/mm, tras 22 días de almacenamiento (Kantola y Helén, 2001).

Artés y Artés (2007) señalan que el descenso de la firmeza es una característica de la maduración del tomate durante el climaterio. El ablandamiento del tomate durante su maduración se debe a la despolimerización de las pectinas de la pared celular y de la lámina media de los tejidos del parénquima, producido principalmente por la acción de las enzimas polisacárido hidrolasas, entre las cuales la poligalacturonasa es una de las más abundantes y la mayor responsable de dicha despolimerización. Asimismo, Cantwell (2004) afirma que el tomate exhibe una tendencia hacia la disminución de la fuerza de corte durante su maduración y conservación poscosecha.

Akim et al., (2004) determinaron que la firmeza de rodajas de tomate almacenadas en refrigeración disminuyó de 4,8 (día 0) a 3,0 (día 10), utilizando una escala en donde 1 equivale a muy suave y 5 corresponde a muy firme.

Akbudak et al., (2007) determinaron el efecto sobre la firmeza en tomates, de la inmersión en agua caliente (54°C) durante 5 minutos, durante el almacenamiento en refrigeración, observando que en los frutos tratados de la variedad "Alona" este parámetro se redujo de 13,05 N (día 0) a 6,87 N (día 28), mientras que en las muestras del grupo control esta reducción fue de 13,15 a 1,67 N, respectivamente, evidenciándose la efectividad de la inmersión en agua caliente en la ralentización de la disminución de

la firmeza del tomate durante su almacenamiento. En tomates de la variedad “Naomi” se observó la misma tendencia. Estos autores señalan que estos resultados pueden deberse a la supresión directa de la actividad de las enzimas pectinesterasa y poligalacturonasa, que comúnmente favorecen el ablandamiento poscosecha de los frutos, o bien al bloqueo de la síntesis de etileno, que controla la actividad de estas enzimas.

En un estudio realizado por Dilmaçunal et al., (2011) se observó que el encerado de tomates redujo la pérdida de la firmeza inicial (13,53 N), tras 20 días de almacenamiento a 20°C, en un 12,8%, mientras que en aquellos frutos no tratados esta pérdida fue del 27,4%.

En relación con la pérdida de peso de los tomates durante el almacenamiento, en todos los grupos estudiados se produjo un aumento significativo ($p < 0,05$) de la pérdida de peso durante dicho almacenamiento, alcanzándose, al cabo de 11 días de conservación a temperatura ambiente, un 5,90% de pérdida de peso en los tomates del grupo control, 4,27% en los tomates tratados con agua clorada, 4,09% en los tratados con agua caliente y 2,95% en los tomates encerados. En todos los días de almacenamiento estudiados se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la pérdida de peso de los tomates de los diferentes grupos estudiados, siendo en todo momento mayor la pérdida en los tomates del grupo control, seguidos de los tratados con agua clorada, agua caliente y los tomates encerados (Tabla 11).

A los 13 días de almacenamiento, la pérdida de peso de los tomates tratados con cloro (5,14%) fue significativamente mayor ($p < 0,05$) que la de los tratados con agua caliente (4,87%), mientras que la de los tomates encerados (3,20%) fue significativamente ($p < 0,05$) la menor de todas (Tabla 12).

Entre los días 15 y 19 de almacenamiento se produjo un aumento significativo ($p < 0,05$) de la pérdida de peso en los tomates encerados, hasta alcanzar un valor final de 4,22% (Tabla 13).

Autores como Reina (1998), Barreiro y Sandoval (2006) y Kader (2007), indican que el tomate puede perder hasta el 10% de su peso como consecuencia de la pérdida de agua.

Kantola y Helén (2001) evaluaron los cambios en la calidad de tomates orgánicos envasados en películas plásticas biodegradables y almacenados a 11°C, y determinaron que las pérdidas de peso en este producto tras 3 semanas de almacenamiento estuvieron comprendidas entre 1,7 y 2,7%. Asimismo, los autores afirman que los tomates pierden su vigor de manera significativa cuando la pérdida de peso alcanza entre el 5 y 6%.

Akim et al., (2004) determinaron una pérdida de peso en rodajas de tomate almacenadas en refrigeración entre el 1 y 1,8%, al cabo de 10 días de almacenamiento.

Akbudak et al., (2007) determinaron que la inmersión de tomates en agua caliente (54°C) durante 5 minutos, redujo la pérdida de peso durante el almacenamiento en refrigeración a un 8,19%, tras 28 días de conservación, mientras que los tomates no tratados mostraron una pérdida de peso del 12,40% al cabo de dicho tiempo.

Nasrin et al., (2008) trataron tomates sumergiéndolos durante 5 minutos en agua con 200 ppm de cloro y los almacenaron en condiciones ambientales (entre 20 y 25°C; 70 a 90% HR), y observando que los tomates no tratados al cabo de 20 días de almacenamiento exhibieron una pérdida de peso del 7,49%, mientras que en los tratados con cloro este valor fue de 4,90%.

Mejía et al., (2009) determinaron que la aplicación de cera reduce la pérdida de peso en los tomates, al disminuir su tasa de transpiración.

Dilmaçunal et al., (2011) enceraron tomates mediante la atomización de aceite mineral, y los almacenaron a 20°C, indicando que al cabo de 20 días los tomates encerados habían perdido alrededor del 5% de su peso, mientras que los no tratados (control) en ese tiempo presentaron una pérdida de peso del 8%.

5.2.3. Evolución de la calidad microbiológica

Las Figuras 20, 21 y 22 muestran la evolución del crecimiento microbiano de microorganismos aerobios mesófilos, mohos y levaduras, respectivamente, en los

grupos de tomates evaluados. Del análisis de las mismas, se puede afirmar que se produjo un incremento de la presencia de estos microorganismos en los frutos durante su almacenamiento a temperatura ambiente.

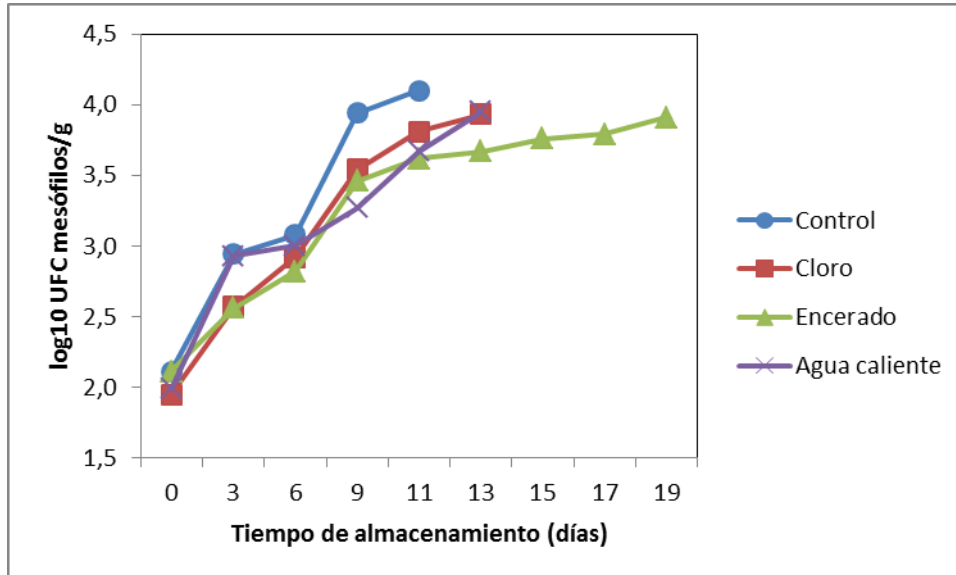


Figura 20. Evolución del recuento de aerobios mesófilos en tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente

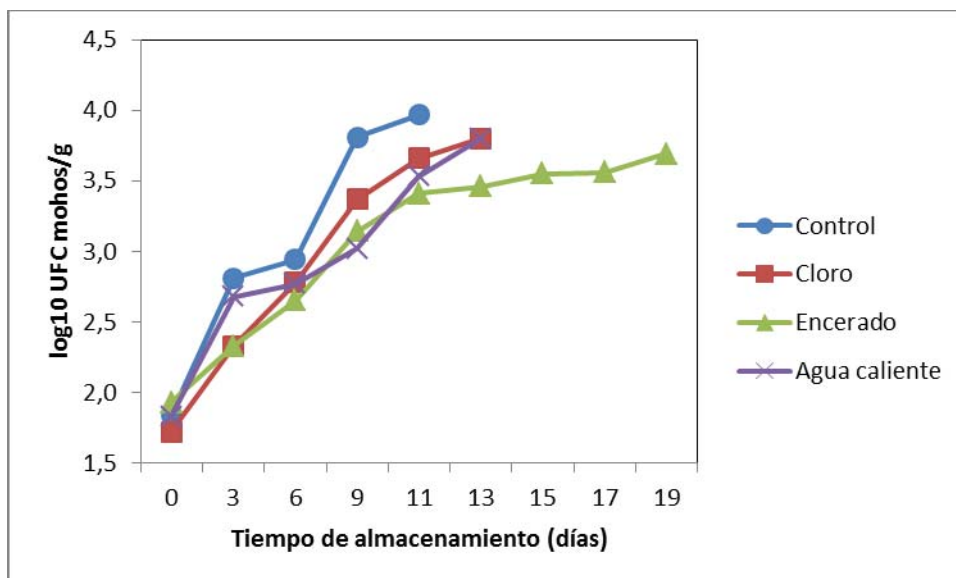


Figura 21. Evolución del recuento de mohos en tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente

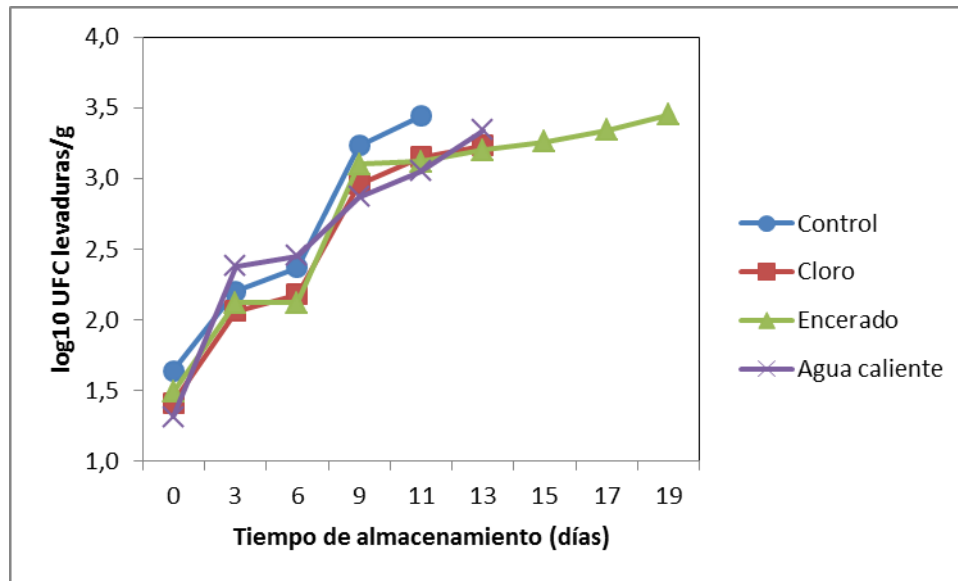


Figura 22. Evolución del recuento de levaduras en tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente

En la Tabla 14 se muestran los resultados de los análisis estadísticos de los recuentos de microorganismos aerobios mesófilos, mohos y levaduras en tomates margariteños var. “España” sometidos a distintos tratamientos de pre-ensado durante 11 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 14. Evolución de microorganismos aerobios mesófilos, mohos y levaduras en el tomate margariteño var. “España”, sometido a distintos tratamientos de pre-ensado durante 11 días de almacenamiento a temperatura ambiente

Microorganismos	Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)				
		0	3	6	9	11
Aerobios mesófilos (log ₁₀ UFC/g)	Control	2,11 ^b ±0,02	2,94 ^e ±0,02	3,08 ^g ±0,04	3,94 ^m ±0,02	4,10 ⁿ ±0,03
	Agua caliente	1,99 ^a ±0,04	2,93 ^e ±0,02	3,00 ^f ±0,04	3,27 ^h ±0,04	3,67 ^k ±0,07
	Agua clorada	1,95 ^a ±0,03	2,57 ^c ±0,06	2,92 ^e ±0,03	3,54 ⁱ ±0,06	3,81 ^l ±0,05
	Encerado	2,11 ^b ±0,01	2,56 ^c ±0,07	2,82 ^d ±0,03	3,46 ⁱ ±0,11	3,62 ^k ±0,08
Mohos (log ₁₀ UFC/g)	Control	1,84 ^b ±0,02	2,81 ^f ±0,04	2,94 ^g ±0,04	3,81 ^l ±0,01	3,97 ^m ±0,03
	Agua caliente	1,83 ^b ±0,04	2,68 ^e ±0,04	2,77 ^f ±0,07	3,02 ^g ±0,06	3,53 ^j ±0,10
	Agua clorada	1,72 ^a ±0,06	2,33 ^d ±0,07	2,78 ^f ±0,04	3,37 ⁱ ±0,11	3,66 ^k ±0,06
	Encerado	1,93 ^c ±0,03	2,33 ^d ±0,04	2,65 ^e ±0,10	3,14 ^h ±0,16	3,41 ⁱ ±0,13
Levaduras (log ₁₀ UFC/g)	Control	1,64 ^c ±0,06	2,20 ^d ±0,13	2,37 ^e ±0,16	3,23 ⁱ ±0,11	3,44 ^j ±0,11
	Agua caliente	1,31 ^a ±0,17	2,38 ^e ±0,18	2,45 ^e ±0,07	2,87 ^f ±0,06	3,05 ^{gh} ±0,06
	Agua clorada	1,41 ^{ab} ±0,20	2,06 ^d ±0,12	2,18 ^d ±0,10	2,96 ^{fg} ±0,08	3,15 ^{hi} ±0,07
	Encerado	1,49 ^b ±0,09	2,12 ^d ±0,17	2,12 ^d ±0,18	3,10 ^{ghi} ±0,09	3,12 ^{hi} ±0,03

Media ± desviación típica.

Diferentes letras para cada microorganismo analizado indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En la Tabla 15 se muestran los valores promedios de los parámetros de calidad microbiológica analizados de los tomates margariteños var. “España”, sometidos a distintos tratamientos de conservación poscosecha a los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 15. Valores promedio de los parámetros de calidad microbiológica analizados en el tomate var. “España”, sometido a distintos tratamientos de pre-ensado a los 13 días de almacenamiento

Parámetro	Tratamiento		
	Agua caliente	Agua clorada	Encerado
Aerobios mesófilos (log ₁₀ UFC/g)	3,95 ^b ± 0,03	3,92 ^b ± 0,03	3,67 ^a ± 0,06
Mohos (log ₁₀ UFC/g)	3,80 ^b ±0,02	3,80 ^b ±0,03	3,46 ^a ±0,06
Levaduras (log ₁₀ UFC/g)	3,34 ^b ±0,08	3,23 ^a ±0,09	3,20 ^a ±0,08

Media ± desviación típica.

Diferentes letras para cada microorganismo analizado indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En la Tabla 16 se muestran los valores promedios de los parámetros de calidad microbiológica analizados en tomates margariteños var. “España” encerados, en el periodo comprendido entre 15 y 19 días de almacenamiento poscosecha.

Tabla 16. Valores promedios de los parámetros de calidad microbiológica analizados en tomates margariteños var. “España” encerados, almacenados entre 15 y 19 días a temperatura ambiente

Parámetro	Tiempo de almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente		
	Día 15	Día 17	Día 19
Aerobios mesófilos (\log_{10} UFC/g)	3,76 ^a ±0,06	3,79 ^a ±0,05	3,91 ^b ±0,03
Mohos (\log_{10} UFC/g)	3,55 ^a ±0,08	3,56 ^a ±0,05	3,69 ^b ±0,06
Levaduras (\log_{10} UFC/g)	3,26 ^a ±0,04	3,34 ^b ±0,06	3,45 ^c ±0,05

Media ± desviación típica.

Diferentes letras para cada microorganismo analizado indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Los análisis estadísticos de los recuentos de aerobios mesófilos, mohos y levaduras determinaron una interacción estadísticamente significativa ($p < 0,05$) entre las variables tratamiento de pre-ensado y tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente (Tabla 14). A su vez, a los 13 días de almacenamiento en todos los casos se mostró un efecto estadísticamente significativo ($p < 0,05$) del tratamiento de pre-ensado aplicado sobre la variable respuesta estudiada (Tabla 15). De igual manera, entre los días 15 y 19 de almacenamiento, se determinó un efecto estadísticamente significativo ($p < 0,05$) del tiempo de almacenamiento sobre la variable dependiente estudiada en tomates encerados (Tabla 16).

El día 0 de almacenamiento, el recuento de aerobios mesófilos de los tomates tratados con agua clorada y agua caliente (1,95 y 1,99 \log_{10} UFC/g, respectivamente) fue significativamente menor ($p < 0,05$) que el de los tomates control y encerados (2,11 \log_{10} UFC/g). El día 3 no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el recuento de aerobios mesófilos en los tomates encerados (2,56 \log_{10} UFC/g) y en los tratados con agua clorada (2,57 \log_{10} UFC/g), pero éstos fueron significativamente menores ($p < 0,05$) que los determinados en los tomates control y en los tratados con agua caliente (2,94 y 2,93 \log_{10} UFC/g, respectivamente). El día 6 se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre todos los grupos, siendo menor el recuento de

los tomates encerados, seguido del de los tomates tratados con agua clorada, los tratados con agua caliente y los del grupo control, que presentaron la mayor carga de aerobios mesófilos ($3,08 \log_{10}$ UFC/g) ese día de almacenamiento. El día 9 igualmente se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los recuentos de todos los grupos, pero en este caso el menor recuento ($3,27 \log_{10}$ UFC/g) se observó en los tomates tratados con agua caliente, que fue significativamente menor ($p < 0,05$) que el de los tomates encerados ($3,46 \log_{10}$ UFC/g). En este día, el grupo control presentó el recuento ($3,94 \log_{10}$ UFC/g) significativamente ($p < 0,05$) mayor. El día 11 no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el recuento de aerobios mesófilos de los tomates encerados y los tratados con agua caliente ($3,62$ y $3,67 \log_{10}$ UFC/g, respectivamente), mientras que los tratados con agua clorada mostraron un recuento de $3,81 \log_{10}$ UFC/g, siendo el recuento significativamente mayor ($p < 0,05$) el de los tomates del grupo control ($4,10 \log_{10}$ UFC/g) (Tabla 14).

El día 13 de almacenamiento no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los recuentos de aerobios mesófilos de los tomates tratados con agua clorada y con agua caliente ($3,92$ y $3,95 \log_{10}$ UFC/g, respectivamente), siendo éstos significativamente mayores ($p < 0,05$) que el de los tomates encerados ($3,67 \log_{10}$ UFC/g) (Tabla 15).

Entre los días 15 a 19 de almacenamiento, los tomates encerados presentaron un incremento significativo ($p < 0,05$) del recuento de aerobios mesófilos, pasando de $3,76$ a $3,91 \log_{10}$ UFC/g (Tabla 16).

A lo largo del almacenamiento a temperatura ambiente todos los grupos de tomates estudiados presentaron un incremento significativo ($p < 0,05$) del recuento de microorganismos aerobios mesófilos. En el grupo control el incremento fue de $1,3 \times 10^2$ UFC/g (día 0) a $1,3 \times 10^4$ UFC/g (día 11); en los tomates encerados la carga microbiana se incrementó de $1,3 \times 10^2$ UFC/g (día 0) a $8,1 \times 10^3$ UFC/g (día 19); en los tomates tratados con agua clorada y agua caliente el recuento el día 0 de almacenamiento fue de $8,9 \times 10^1$ y $9,8 \times 10^1$ UFC/g, respectivamente, y se incrementó a $8,3 \times 10^3$ y $4,7 \times 10^3$ UFC/g, a los 13 días de almacenamiento (Tablas 14 a 16).

Felkey et al., (2006) analizaron la eficacia de la aplicación de cloro para la desinfección de la superficie de tomates verdes sin signos de deterioro, contaminados con *Salmonella* spp., lavándolos en canales de agua a 25 y 35°C con 150 mg/l de cloro, durante 30, 60 y 120 s. Los autores determinaron que en el tratamiento a 25°C la población inicial (6,52 log₁₀ UFC/ml) se redujo a 3,49, 3,29 y 0,16 log₁₀ UFC/ml, tras los tiempos de contacto antes indicados, mientras que a 35°C las poblaciones finales se redujeron a 4,06, 2,81 y 1,49 log₁₀ UFC/ml, lo que evidenció una mayor efectividad del cloro a la menor temperatura ensayada.

Kader (2007) señala que en frutas y hortalizas la fase lag puede durar desde unas pocas horas a varios días, dependiendo de las condiciones de almacenamiento. Además, antes de la maduración los productos vegetales generalmente, contienen sustancias, usualmente de naturaleza fenólica, que son tóxicas para los hongos, las cuales van disminuyendo en su concentración a medida que se completa la maduración del producto. En función de esto, cabe esperar que durante el transcurso del almacenamiento el producto sea cada vez más sensible al deterioro microbiano, en particular durante la conservación a temperatura ambiente, donde las reacciones propias de la maduración y el deterioro ocurren con mayor rapidez, lo cual coincide con el crecimiento microbiano observado en el tomate margariteño.

Según Lamúa (2000), a temperaturas de refrigeración en los alimentos predominan las especies psicrótrofas de los géneros *Pseudomonas*, *Achromobacter* y *Flavobacterium*; a temperaturas de 25 a 30°C el desarrollo de mohos y levaduras es máximo, mientras que a temperaturas superiores a 35°C se inhibe el crecimiento de levaduras y se desarrollan bacterias ácido-tolerantes, como las pertenecientes a los géneros *Lactobacillus* y *Leuconostoc*.

Respecto al hecho de que en el tomate margariteño se detectase un mayor crecimiento de bacterias aerobias que de mohos y levaduras, Brackett (2001) señala que las bacterias crecen más rápido que las levaduras y los mohos en la mayoría de las hortalizas, con la consiguiente ventaja que ello supone.

Segall (1968) determinó que la desinfección de tomates mediante lavado en tanques con agua con 50 ppm de cloro y posterior almacenamiento a 60°F, redujo la incidencia de pudrición blanda en los frutos tras 3 días de conservación.

Bartz et al., (2001) evaluaron la efectividad del lavado de tomates con agua clorada con una concentración de 20 mg/l y con tiempos de exposición de 30 y 45 segundos, para la eliminación de *Geotrichum candidum* y *Rhizopus stolonifer*, no detectando crecimiento de estos microorganismos en las 48-72 horas tras el tratamiento. Sin embargo, los autores indicaron que las concentraciones de cloro libre no producen una barrera química que prevenga el ingreso de estos microorganismos en el tejido de los tomates, a través de heridas.

Oluwatosin et al., (2011) evaluaron el efecto del lavado por inmersión en agua con 200 mg/l de cloro sobre la sobrevivencia de *Listeria monocytogenes* inoculada en la superficie y el interior de tomates, y confirmaron que el cloro es más efectivo sobre los patógenos presentes en la superficie de los vegetales que sobre aquellos ubicados internamente, aunque en ambas zonas solo logró reducir en 3 ciclos logarítmicos la carga inicial inoculada (6 log₁₀ UFC/ml).

En lo relación con el análisis de mohos, comparando el efecto de los diferentes tratamientos de pre-ensado sobre el crecimiento de este tipo de microorganismos en el tomate margariteño, se aprecia que en el tiempo 0 no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en los recuentos de mohos en los tomates tratados con agua caliente y los del grupo control (1,83 y 1,84 log₁₀ UFC/g, respectivamente) pero éstos fueron significativamente mayores ($p < 0,05$) que el de los tomates tratados con agua clorada (1,72 log₁₀ UFC/g) y significativamente menores ($p < 0,05$) que el de los tomates encerados (1,93 log₁₀ UFC/g). El día 3 de almacenamiento no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los recuentos de mohos de los tomates tratados con agua clorada y los encerados (2,33 log₁₀ UFC/g), pero éstos fueron significativamente menores ($p < 0,05$) que el de los tratados con agua caliente (2,68 log₁₀ UFC/g) y el del grupo control (2,81 log₁₀ UFC/g). El día 6 el menor recuento de mohos lo presentaron los tomates encerados (2,65 log₁₀ UFC/g), seguido de los tomates tratados con agua caliente y con agua clorada (2,77 y 2,78 log₁₀ UFC/g, respectivamente) y el mayor recuento fue el de los tomates del grupo control

(2,94 log₁₀ UFC/g). El día 9 se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los recuentos de mohos de todos los grupos de tomates estudiados, siendo menor el del grupo tratado con agua caliente (3,02 log₁₀ UFC/g), luego el de los tomates encerados (3,14 log₁₀ UFC/g), los tratados con agua clorada (3,37 log₁₀ UFC/g) y el mayor fue el de los tomates del grupo control (3,81 log₁₀ UFC/g). El día 11 se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los recuento de mohos de todos los grupos de tomates estudiados, siendo menor el del grupo encerado (3,41 log₁₀ UFC/g), luego el de los tomates tratados con agua caliente (3,53 log₁₀ UFC/g), los tratados con agua clorada (3,66 log₁₀ UFC/g) y el mayor recuento fue el de los tomates pertenecientes al grupo control (3,97 log₁₀ UFC/g) (Tabla 14).

A los 13 días de almacenamiento no detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los recuentos de mohos en los tomates tratados con agua caliente y agua clorada (3,80 log₁₀ UFC/g), pero éstos fueron significativamente mayores ($p < 0,05$) que el de los tomates encerados (3,46 log₁₀ UFC/g) (Tabla 15).

Entre los días 15 a 19 de almacenamiento, el recuento de mohos en los tomates encerados se incrementó significativamente ($p < 0,05$), pasando de 3,55 a 3,69 log₁₀ UFC/g, respectivamente (Tabla 16).

A lo largo del almacenamiento a temperatura ambiente todos los grupos de tomates estudiados presentaron un incremento significativo ($p < 0,05$) en el recuento de mohos. En el grupo control el incremento fue de $6,9 \times 10^1$ UFC/g (día 0) a $9,3 \times 10^3$ UFC/g (día 11); en los tomates encerados la carga de mohos se incrementó de $18,5 \times 10^1$ UFC/g (día 0) a $2,6 \times 10^3$ UFC/g (día 19); en los tomates tratados con agua clorada y agua caliente el recuento el día 0 de almacenamiento fue de $5,2 \times 10^1$ y $6,8 \times 10^1$ UFC/g, respectivamente, y se incrementó a $4,6 \times 10^3$ y $3,4 \times 10^3$ UFC/g, a los 13 días de almacenamiento (Tablas 14 a 16).

Brackett (2001) señala a *Geotrichum candidum* como uno de los mohos más frecuentemente desarrollados en tomates, el cual puede causar podredumbre ácida.

Mahovic et al., (2006) evaluaron el efecto de la aplicación de dióxido de cloro sobre el crecimiento microbiano en tomates y determinaron que la exposición a una

dosis de 20 mg/kg de este compuesto durante 2 horas provoca el aclarado de las lesiones de forma inmediata. Al cabo de 6 días de almacenamiento a 20°C se inició el crecimiento de mohos en los frutos tratados, siendo inclusive mayor que en los tomates no tratados.

En relación con el recuento de levaduras en el tomate margariteño, considerando el tratamiento de pre-ensado aplicado, durante el almacenamiento a temperatura ambiente (0-11 días), se obtuvo que en el día 0 el grupo tratado con agua caliente presentó un recuento de levaduras ($1,31 \log_{10}$ UFC/g) significativamente menor ($p < 0,05$) que el de los tomates encerados ($1,49 \log_{10}$ UFC/g), mientras que el grupo control mostró un contenido de levaduras ($1,64 \log_{10}$ UFC/g) significativamente mayor ($p < 0,05$) que todos los otros grupos. A los 3 días de almacenamiento no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los recuentos de levaduras de los tomates tratados con agua clorada, los encerados y los del grupo control, los cuales presentaron recuentos significativamente menores ($p < 0,05$) al de los tomates tratados con agua caliente ($2,38 \log_{10}$ UFC/g). En el día 6 no se determinaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los recuentos de levaduras de los tomates encerados y los tratados con agua clorada, pero estos fueron significativamente menores ($p < 0,05$) que los obtenidos en los tomates del grupo control y en los tratados con agua caliente. A los 9 días de almacenamiento, el recuento de levaduras en los tomates tratados con agua caliente ($2,87 \log_{10}$ UFC/g) fue significativamente menor ($p < 0,05$) que en los tomates encerados ($3,10 \log_{10}$ UFC/g), no encontrándose diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los recuentos de levaduras en los tomates tratados con agua caliente y agua clorada ni entre los tratados con agua clorada y los encerados; el grupo control presentó un población de levaduras ($3,23 \log_{10}$ UFC/g) significativamente mayor ($p < 0,05$) que la de los tomates tratados con agua caliente y agua clorada. A los 11 días de almacenamiento a temperatura ambiente no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los recuentos de levaduras en los tomates encerados, los tratados con agua clorada y con agua caliente, pero el grupo control presentó un recuento ($3,44 \log_{10}$ UFC/g) significativamente mayor ($p < 0,05$) que el de los otros grupos (Tabla 14).

A los 13 días de almacenamiento no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los recuentos de levaduras en los tomates encerados y tratados con agua

clorada, pero éstos fueron significativamente menores ($p < 0,05$) que el determinado en los tomates tratados con agua caliente ($3,34 \log_{10}$ UFC/g) (Tabla 15).

Entre los días 15 a 19 de almacenamiento, se observó un incremento significativo ($p < 0,05$) en el contenido de levaduras en los tomates encerados, pasando de $3,26$ (día 15) a $3,45 \log_{10}$ UFC/g (día 19) (Tabla 16).

En función del tratamiento de pre-ensado aplicado, durante el almacenamiento de los tomates margariteños a temperatura ambiente, el grupo control mostró un aumento significativo ($p < 0,05$) en el contenido de levaduras, de $4,4 \times 10^1$ (día 0) a $2,8 \times 10^3$ UFC/g (día 11). En los tomates encerados no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el contenido de levaduras entre el día 0 ($3,1 \times 10^1$ UFC/g) y el día 3 de almacenamiento, pero sí entre el contaje inicial y el obtenido a los 6 días ($1,3 \times 10^2$ UFC/g), y entre este último y el correspondiente a los 9 días de almacenamiento; entre el contenido de levaduras de los días 9 y 11 no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$); en el día 13 el recuento fue de $1,6 \times 10^3$ UFC/g, y se observó un incremento significativo ($p < 0,05$) en el contenido de levaduras del día 15 ($1,8 \times 10^3$ UFC/g) al día 19 ($2,8 \times 10^3$ UFC/g). En los tomates tratados con agua caliente se apreció un aumento del contenido de levaduras a lo largo del tiempo de almacenamiento, encontrándose diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre todos los tiempos estudiados, excepto entre los días 3 y 6. El contaje inicial de levaduras en este grupo fue de $2,0 \times 10^1$ UFC/g y tras 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente se incrementó hasta $2,2 \times 10^3$ UFC/g. En los tomates tratados con agua clorada, al igual que en los otros grupos estudiados, se observó un incremento de la concentración de levaduras durante el almacenamiento a temperatura ambiente, encontrándose diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los recuentos de todos los días de almacenamiento estudiados, excepto entre los de los días 3 y 6; en estos tomates, el contenido de levaduras se incrementó de $2,6 \times 10^1$ (día 0) a $1,7 \times 10^3$ UFC/g (día 13) (Tablas 14 a 16).

Jay (2002) señala que los recuentos de microorganismos aeróbicos en placas del orden de 10^6 a 10^7 UFC/g son comunes en hortalizas, lo que deja entrever que la carga microbiana inicial de los tomates margariteños estudiados era relativamente baja, al ser muy inferior de lo considerado como normal. Asimismo, según el Real Decreto Español

3484/2000, de 29 de diciembre, por el que se establecen las normas de higiene para la elaboración, distribución y comercio de comidas preparadas (BOE núm. 11, de 12 de enero de 2001) se estima que el número de bacterias en frutas y hortalizas considerado como un riesgo alimentario es de 10^7 UFC/g, valor muy superior al determinado en la hortaliza en estudio, por lo que se puede señalar que según ese criterio los tomates analizados no poseen una carga microbiana que represente un riesgo para la salud de los consumidores.

Por otra parte, Magashi y Bukar (2007) evaluaron la efectividad del encerado con parafina a pH 9 y 10, aplicado en tomates almacenados a temperatura ambiente y determinaron al cabo de 4 días de almacenamiento una reducción del 73,9 y 81,0% de la carga inicial de bacterias aerobias mesófilas a pH 9 y 10 respectivamente, mientras que la reducción en la población inicial de hongos fue de 40,0 y 50,0%, demostrándose el efecto antibacteriano y antifúngico de estos tratamientos aplicados en la superficie de tomates.

5.2.4. Evolución de la apariencia general externa#

Todos los grupos de tomates margariteños evaluados mostraron fluctuaciones en los valores de la apariencia general externa durante el periodo de almacenamiento evaluado (Figura 23). Dichos cambios en las puntuaciones otorgadas por el panel están estrechamente relacionados con los cambios de coloración sufridos por los tomates durante el almacenamiento. Las puntuaciones otorgadas a la apariencia externa se incrementaban a medida que el producto se hacía menos verde y más rojo y, en el caso de los tomates encerados y tratados con agua clorada, disminuyeron a los 6 días de almacenamiento, debido a la tonalidad amarilla que dichos tomates desarrollaron en ese período de tiempo, aunque sin que el producto llegara a desagradar al consumidor. En todos los tratamientos se observó una disminución en las puntuaciones de la apariencia general externa hacia el final del almacenamiento, que se corresponde con la aparición de los primeros signos de deterioro en los tomates.

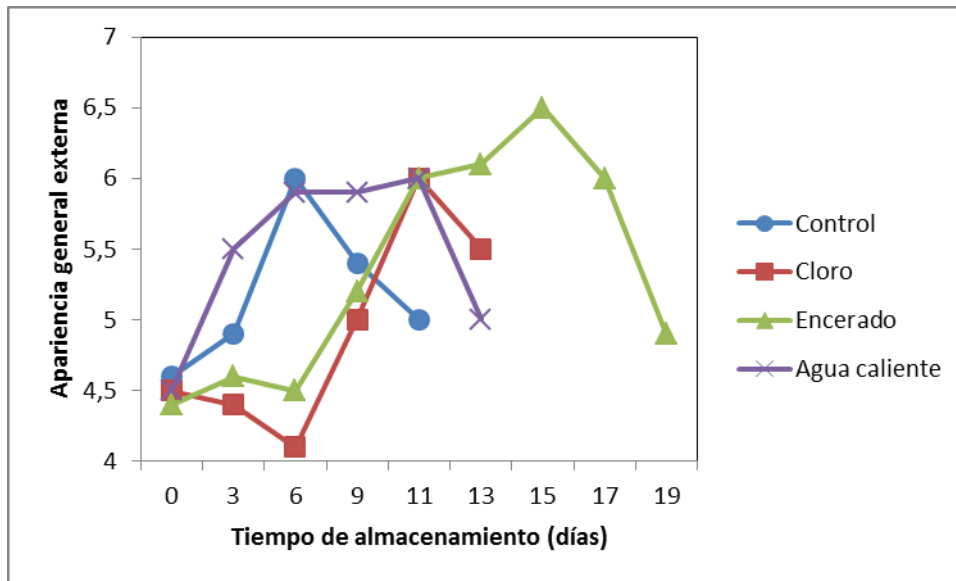


Figura 23. Evolución de la apariencia general externa del tomate margariteño var. “España”, sometido a tratamientos de pre-ensado durante su almacenamiento a temperatura ambiente

En la Tabla 17 se muestran los resultados del análisis estadístico de los valores de la apariencia general externa de los tomates margariteños var. “España” sometidos a distintos tratamientos de pre-ensado durante 11 días de almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente.

Tabla 17. Evolución de la apariencia general externa de tomates margariteños var. “España”, sometidos a distintos tratamientos de pre-ensado durante 11 días de almacenamiento a temperatura ambiente

Parámetro	Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)				
		0	3	6	9	11
Apariencia general externa	Control	4,60 ^b ±0,60	4,90 ^c ±0,40	6,00 ^e ±0,50	5,40 ^d ±0,70	5,00 ^c ±0,50
	Agua caliente	4,50 ^b ±0,90	5,50 ^d ±0,60	5,90 ^e ±0,60	5,90 ^e ±0,60	6,00 ^e ±0,50
	Agua clorada	4,50 ^b ±0,60	4,40 ^{ab} ±0,80	4,10 ^a ±0,30	5,00 ^c ±0,50	6,00 ^e ±0,20
	Encerado	4,40 ^{ab} ±0,80	4,60 ^b ±0,60	4,50 ^b ±0,50	5,20 ^{cd} ±0,60	6,00 ^e ±0,40

Media ± desviación típica.

Diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El análisis estadístico de la evaluación sensorial de los tomates mostró que en el tiempo 0 no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre la percepción de la apariencia general externa de los diferentes grupos estudiados, lo que evidencia que los

tratamientos de pre-ensado aplicados no afectaron inicialmente a dicho parámetro sensorial. Los valores de la aceptabilidad estuvieron comprendidos entre 4,4 y 4,6, es decir, entre “me es indiferente” y “me gusta ligeramente”, debido a que en ese momento los tomates se encontraban en estado verde-maduro y los consumidores prefieren el producto con una coloración roja. A los 3 días de almacenamiento la percepción sensorial de la apariencia general de los tomates tratados con agua clorada (4,4) y encerados (4,6) fue significativamente menor ($p < 0,05$) que la del grupo control (4,9) mientras que la de los tomates tratados con agua caliente fue significativamente ($p < 0,05$) la mayor de todas (5,5). Tras 6 días de almacenamiento la aceptabilidad sensorial de los tomates tratados con agua clorada (4,1) fue significativamente menor ($p < 0,05$) que la de los tomates encerados (4,5), mientras que en ese día de almacenamiento la mayor puntuación en apariencia general la obtuvieron los tomates tratados con agua caliente (5,9) y los tomates del grupo control (6,0). En el día 9 de almacenamiento, los tomates tratados con agua clorada presentaron una puntuación de 5,0, que se corresponde con una categoría de “me agrada ligeramente”; los tomates encerados y los tratados con agua clorada mostraron una aceptabilidad sensorial entre “me agrada ligeramente” y “me agrada mucho”, con puntuaciones entre 5,2 y 5,4, respectivamente. En ese día de almacenamiento, los tomates tratados con agua caliente mostraron una aceptabilidad significativamente mayor (5,9) ($p < 0,05$) que la de los otros grupos. A los 11 días de almacenamiento los tomates encerados, los tratados con agua caliente y los tratados con agua clorada presentaron una aceptabilidad sensorial de la apariencia de 6 puntos (“me agrada mucho”), que fue significativamente mayor ($p < 0,05$) que la de los tomates del grupo control (5,0) (Tabla 17).

En la Tabla 18 se muestran los valores promedios de la apariencia general de los tomates margariteños var. “España”, sometidos a distintos tratamientos de conservación poscosecha a los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 18. Valores promedio de la apariencia visual externa en tomates margariteños var. “España”, sometidos a distintos tratamientos de pre-ensado a los 13 días de almacenamiento

Parámetro	Tratamiento		
	Agua caliente	Agua clorada	Encerado
Apariencia general externa	5,00 ^a ±0,50	5,50 ^b ±0,70	6,10 ^c ±0,30

Media ± desviación típica.

Diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

A los 13 días de almacenamiento la aceptabilidad sensorial de la apariencia general externa de los tomates encerados (6,1) fue significativamente mayor ($p < 0,05$) que la de los tratados con agua clorada (5,5) y ésta a su vez fue significativamente mayor ($p < 0,05$) que la de los tratados con agua caliente (5,0) (Tabla 18).

En la Tabla 19 se muestran los valores promedios de la apariencia general en tomates margariteños var. “España” encerados, en el periodo comprendido entre 15 y 19 días de almacenamiento poscosecha.

Tabla 19. Valores promedios de la apariencia visual externa en tomates margariteños var. “España” encerados, almacenados entre 15 y 19 días a temperatura ambiente

Parámetro	Tiempo de almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente		
	Día 15	Día 17	Día 19
Apariencia general externa	6,50 ^c ±0,50	6,00 ^b ±0,30	4,90 ^a ±0,60

Media ± desviación típica.

Diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Entre los días 15 a 19 de almacenamiento se observó una disminución significativa ($p < 0,05$) de la aceptabilidad sensorial de la apariencia general externa de los tomates encerados, de 6,5 (entre “me agrada mucho” y “me agrada extremadamente”) a 4,9 (entre “me es indiferente” y “me agrada ligeramente”) (Tabla 19).

Analizando los resultados en función del tratamiento de pre-ensado aplicado, se observa que el grupo control incrementó significativamente ($p < 0,05$) su apariencia de 4,3 (día 0) a 4,9 (día 3), alcanzando su valor más alto de aceptabilidad (6,0) el día 6 de almacenamiento, disminuyendo significativamente ($p < 0,05$) a 5,4 (día 9) y a 5,0 (día 11). Los tomates encerados no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la apariencia de los días 0 a 6 de almacenamiento, la cual estuvo comprendida entre 4,4 y 4,6, debido seguramente al retraso de las reacciones propias de la maduración que provocó este tratamiento, incrementándose significativamente ($p < 0,05$) a 5,2 (día 9) y a 6 (día 11). El día 13 presentaron una aceptabilidad de 6,1 y alcanzaron su mayor puntuación el día 15 (6,5), la cual posteriormente disminuyó significativamente ($p < 0,05$) los días 17 (6,0) y 19 (4,9). Los tomates tratados con agua clorada presentaron una disminución significativa ($p < 0,05$) en su apariencia general del día 0 (4,5) al día 6 (4,1), probablemente debido a la tonalidad amarilla que desarrollaron en ese período de almacenamiento. Posteriormente, su aceptabilidad se incrementó significativamente ($p < 0,05$) a 5,0 (día 9) y a 6,0 (día 11), disminuyendo a 5,5 el día 13 de almacenamiento. Los tomates tratados con agua caliente presentaron un incremento significativo ($p < 0,05$) en su apariencia, del día 0 (4,5) al día 3 (5,5), alcanzando su mayor aceptabilidad sensorial entre los días 6 y 11 de almacenamiento, con valores entre 5,9 y 6,0, no presentando diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). El día 13 la aceptabilidad disminuyó a 5,0 (Tablas 17 a 19).

Mohammed et al., (1999) realizaron una evaluación sensorial de la aceptabilidad general de tomates de diferentes variedades tratados mediante inmersión en agua con 330 mg/l de cloro durante 3 minutos, tras 21 días de almacenamiento a 20°C, obteniendo valores de aceptabilidad sensorial entre 1,7 y 4,5, según una escala en la cual 1 correspondía a “me gusta mucho” y 6 equivalía a “me disgusta mucho”, lo que evidenció que el tratamiento aplicado permitió que muchas de las variedades mantuvieran niveles de aceptabilidad altos por parte de los consumidores, tras 3 semanas de conservación, tiempo superior al obtenido en los tomates margariteños tratados con agua clorada, hecho que puede ser debido a que el almacenamiento de éstos últimos se realizó a una temperatura superior (30°C).

Begun y Brewer (2001) determinaron que el escaldado de tomates provocó un incremento de la aceptabilidad sensorial general de este producto, pasando de 2,91 a

12,56, empleando una escala en donde 1 corresponde a “muy bajo” y 15 equivale a “muy alto”, evidenciándose, al igual que en la presente investigación, la efectividad de este tratamiento de pre-ensado para el incremento de la vida comercial de los tomates.

En un estudio realizado por Dilmaçunal et al., (2011) se determinó que durante el almacenamiento a 20°C de tomates encerados mediante la atomización de aceite mineral, fue disminuyendo la apariencia externa del producto, evaluada sensorialmente mediante una escala (≤ 1 a 4: pobre; ≥ 5 : comercial; 7 a 8: bueno; 9 a 10: excelente), alcanzándose una puntuación de 5,67 a los 12 días de almacenamiento, mientras que en el grupo control la puntuación en ese día fue de 6,17, valor que no presentó una diferencia estadísticamente significativa con el de los tomates encerados, debido tal vez a que en dicha investigación el encerado se efectuó sobre toda la superficie del tomate, lo que quizás disminuyó la aceptabilidad por parte de los consumidores, a pesar de retrasarse las reacciones propias del deterioro del producto, no obteniéndose diferencias respecto al control, al contrario de lo ocurrido en la presente investigación, donde el encerado no afectó la apariencia externa inicial del tomate margariteño.

5.3. DETERMINACIÓN DE LA VIDA COMERCIAL DEL TOMATE MARGARITEÑO CONSERVADO A TEMPERATURA AMBIENTE TRAS LA APLICACIÓN DE DISTINTOS TRATAMIENTOS POSCOSECHA PREVIOS AL ENVASADO

En la Tabla 20 se muestra la vida útil sensorial y microbiológica del tomate margariteño var. “España”, sometido a diferentes tratamientos de pre-ensado y conservado a temperatura ambiente.

Tabla 20. Vida útil sensorial y microbiológica del tomate margariteño var. “España”, sometido a diferentes tratamientos de pre-ensado y conservado a temperatura ambiente

Tratamiento	Vida útil sensorial (días)	Vida útil microbiológica (días)
Control	11	14
Agua caliente	13	17
Agua clorada	13	17
Encerado	19	23

El primer aspecto que resulta evidente al comparar la vida útil sensorial y microbiológica de los tomates sometidos a los distintos tratamientos ensayados, es que para cada uno de los grupo de tomates analizados, la vida comercial sensorial fue siempre menor que la vida útil microbiológica, lo que demuestra que el deterioro de la apariencia general externa de los tomates antecede al deterioro microbiológico, estimado para cada uno de los tratamientos ensayados según la ecuación de Piangentini et al., (2004), considerando un límite máximo de carga microbiana permitido en este producto de 10^7 UFC/g. Es decir, el deterioro de la calidad del tomate margariteño está provocado por reacciones físico-químicas que conllevan a alteraciones de su aspecto, debido a cambios en el color, pérdida de firmeza y deshidratación, que son perceptibles a simple vista por los consumidores.

Asimismo, se observa la efectividad de los tratamientos de pre-ensado aplicados en el tomate margariteño, en el incremento de su vida comercial durante su conservación poscosecha a temperatura ambiente, ya que en el grupo control la vida útil sensorial fue de 11 días, en los tomates tratados con agua clorada y agua caliente fue de 13 días mientras que el encerado incrementó esta vida comercial hasta los 19 días de almacenamiento. Estos tratamientos también incrementaron la vida microbiológica, aunque como se comentó anteriormente, se alcanzó en primer lugar, el deterioro sensorial en todos los grupos estudiados.

Galiotta et al., (2005) determinaron una vida útil del tomate var. “Coloso” almacenado a 10°C , de 10 días, mientras que al aplicar una película de suero de leche

como recubrimiento se retrasaron las reacciones propias de la maduración y la pérdida de peso del producto, alcanzándose una vida útil de 21 días, es decir, que al igual que en la presente investigación, la aplicación de una cobertura incrementó la vida comercial del tomate, obteniéndose tiempos mayores a los de este estudio, debido probablemente, a que la conservación del tomate “Goloso” se efectuó a una temperatura inferior que la del tomate margariteño.

Nasrin et al., (2008) almacenaron tomates var. “Lalima” a 20°C sin aplicación de ningún tratamiento y determinaron una vida comercial del producto de 7 días, mientras que al tratar los tomates mediante en solución de 200 ppm de cloro durante 5 minutos, la vida comercial se incrementó hasta 17 días.

Asimismo, Dilmaçunal et al., (2011) señalan que los tomates, por ser frutos climatéricos y percederos, presentan una vida útil corta, usualmente de 2 a 3 semanas. Específicamente, en un estudio que realizaron estos autores con tomates var. “Bandita” almacenados a 20°C, el grupo control mostró una vida comercial de 8 días, mientras que en los tomates que fueron encerados, dicha vida fue de 12 días, observándose, al igual que en el presente estudio, la efectividad del encerado en el incremento de la vida comercial del tomate.

Capítulo 6

Capítulo 6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los diferentes ensayos que constituyen este Trabajo de Investigación, permiten establecer las siguientes conclusiones:

1. Las características físicas de la calidad externa determinadas en el tomate margariteño var. “España”, en el estado de madurez rojo permiten afirmar que se trata de un tomate de tamaño grande, con forma achatada y una coloración uniforme roja intensa. La firmeza que dicho tomate presenta en dicho estado de maduración posibilita su transporte a granel sin que el producto sufra mermas de calidad durante el mismo.
2. Los valores de los parámetros químicos de calidad externa exhibidos por el tomate margariteño en estado rojo ponen de manifiesto la alta calidad del mismo, y su idoneidad para el consumo en fresco al tratarse de un tomate equilibrado en cuanto a su sabor y flavor.
3. La carga microbiológica presentada por el tomate margariteño var. “España”, en estado de madurez rojo, durante los años ensayados indica que dicho tomate en las condiciones de cultivo llevadas a cabo en la Isla de Margarita (Venezuela) presenta una baja carga microbiológica.
4. El tomate margariteño presenta signos evidentes de deterioro (reblandecimiento, exudación y superficie arrugada) al cabo de 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente; estos mismos signos se observaron en los tomates sumergidos en agua caliente y en los tomates lavados con agua clorada a los 15 días, y en los tomates encerados a los 21 días.
5. En todos los grupos de tomates evaluados, el color de la piel de los tomates se hizo más rojo y oscuro durante el almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente, aunque en los tomates encerados y en los tratados con agua clorada se observó un aumento de la coloración amarilla durante los primeros 6 días de almacenamiento.

6. La aceptabilidad sensorial de la apariencia general externa de los tomates se incrementó al aumentar la coloración roja del producto, disminuyendo ésta a medida que empezaron a aparecer los primeros signos de deterioro en el producto. La coloración amarilla desarrollada al inicio de la conservación no afectó significativamente la aceptabilidad sensorial de los tomates encerados y en el caso de los tomates tratados con agua clorada no generó desagrado en los consumidores.
7. La acidez titulable y la fuerza máxima de corte de los tomates disminuyeron, independientemente del tratamiento de pre-ensado recibido, durante el almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente, mientras que la pérdida de peso y el pH aumentaron durante dicho almacenamiento, excepto en los tomates encerados, que mostraron una disminución en el pH durante los primeros 6 días de almacenamiento. La magnitud de los cambios en todos estos parámetros de calidad varió significativamente entre los 4 grupos de tratamiento evaluados. El contenido de sólidos solubles de todos los grupos de tomates analizados aumentó al comienzo del almacenamiento, disminuyendo posteriormente durante el transcurso del mismo para todos los grupos de tomates analizados.
8. La población de bacterias aerobias mesófilas revivificables a 37 °C, mohos y levaduras del tomate margariteño se incrementó durante el almacenamiento poscosecha de dicho producto a temperatura ambiente, siendo más rápido el crecimiento en el grupo control y más lento en los tomates tratados con agua caliente y con agua clorada y, sobre todo, en los encerados.

9. El tratamiento de encerado aplicado en el tomate margariteño retrasó la deshidratación del producto. Los tomates conservados a temperatura ambiente sin ser sometidos a ningún tratamiento previo a su envasado, perdieron toda posibilidad de comercialización a los 13 días de almacenamiento, mientras que los tratados con agua caliente y con agua clorada y, sobre todo, los encerados presentaron una apariencia adecuada, similar a la de la materia prima, manteniéndose aptos para su consumo hasta los 13 días de almacenamiento los sometidos a los dos primeros tratamientos, y hasta los 19 días de almacenamiento, los encerados.
10. El encerado, la inmersión en agua caliente y el lavado con agua clorada ralentizan los cambios fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales asociados con la maduración del tomate, retrasando igualmente la aparición de signos de deterioro en el tomate margariteño, pudiendo ser aplicados con facilidad en las industrias venezolanas comercializadoras de este tomate.
11. El encerado resultó ser el tratamiento más eficaz para incrementar la vida comercial poscosecha del tomate margariteño conservado a 30°C y 90% HR, pudiendo ser considerado como una alternativa tecnológica viable y de bajo coste para la conservación poscosecha de este producto.
12. Se recomienda la puesta en marcha de nuevas líneas de investigación destinadas a evaluar la efectividad de otros tratamientos de pre-ensado, como la aplicación de ácido peroxiacético y la utilización de 1-MCP, en la conservación poscosecha del tomate margariteño, así como la evaluación de la implantación de nuevas tecnologías de procesado, que permitan la comercialización de este producto en estado fresco-cortado, es decir mínimamente procesado, lo que podría disminuir las pérdidas poscosecha, aumentar su aceptabilidad por parte de los consumidores e incrementar sus posibilidades de traslado y comercialización a otras áreas del territorio venezolano donde no es posible su cultivo.

Capítulo 7

Capítulo 7. BIBLIOGRAFÍA

- Abdulkadir, M., Aminu, B. 2007. Antibacterial and antifungal effect of high pH and paraffin wax application on tomatoes, oranges and peppers. *African Journal of Biotechnology* 6, 720-722.
- Adalid, A. 2011. Mejora de la Calidad Nutritiva del Tomate: Búsqueda de Fuentes de Variabilidad, Estudio de la Influencia del Ambiente y Determinación del Control Genético. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Aguayo, E., Escalona, V., Artés, F. 2004. Quality of fresh-cut tomato as affected by type of cut, packaging, temperatura and storage time. *European Food Research Technology* 219, 492-499.
- Akbudak, B., Akbudak, N., Seniz, V., Eris, A. 2007. Sequential treatments of hot water and modified atmosphere packaging in cherry tomatoes. *Journal of Food Quality*. 30, 896-910.
- Akin, H., Brandam, C., Meyer, X., Strehaiano, P. 2008. A model for pH determination during alcoholic fermentation of a grape must by *Saccharomyces cerevisiae*. *Chemical Engineering Process* 47, 1986-1993.
- Allaert, C., Escolà, M. 2002. Métodos de Análisis Microbiológicos de los Alimentos. Díaz de Santos, S.A., Madrid, España.
- Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., Marín, A., Escalona, V. 2009. Manual de Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Alvis, A., Villada, H.S., Villada, D.C. 2008. Efecto de la temperatura y tiempo de fritura sobre las características sensoriales del ñame (*Dioscorea alata*). *Información Tecnológica* 19, 19-26.
- Andorrá, I., Landi, S., Mas, A., Esteve, B., Guillamón, J. 2010. Effect of fermentation temperature on microbial population evolution using culture-independent and dependent techniques. *Food Research International* 43,773-779.
- Arana, I., Jarén, C., Arazuri, S., García-Gembe, M.J., Ursua, A., Riga, P. 2007. Calidad del tomate fresco: técnica de cultivo y variedad. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/67/359/67359.pdf>. [Consulta: 23-09-08].
- Aranceta, J. 2006. Frutas, Verduras y Salud. Elsevier, Zaragoza, España.

- Arcila, M. 2002. Postcosecha, Industrialización y Uso de Subproductos del Plátano. Corpoica, Armenia, Colombia.
- Arrieta, A., Baquero, U., Barrera, J. 2006. Caracterización fisicoquímica del proceso de maduración del plátano “Papocho” (*Musa ABB Simmonds*). *Agronomía Colombiana* 24, 48-53.
- Artés, F. 2006. El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 7, 61-85.
- Artés, F., Artés, F. 2007. Tratamientos Postrecolección del Tomate Fresco. Tendencias e Innovaciones. Grupo de Postrecolección y Refrigeración. Departamento de Ingeniería de Alimentos, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España.
- Artés, F., Conesa, M.A., Hernandez, S., Gill, M.I. 1999. Keeping quality of fresh-cut tomato. *Postharvest Biology and Technology* 17, 153-162.
- ASTM. 1982. Select Sensory Methods. Problems and Approaches to Measuring Hedonic. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, EE.UU.
- Auerswald, H., Schwarz, D., Kornelson, C., Krumbein, A., BruÈckner, B. 1999. Sensory analysis, sugar and acid content of tomato at different EC values of the nutrient solution. *Scientia Horticulturae* 82, 227-242.
- Babitha, B., Kiranmayi, P. 2010. Effect of storage conditions on the postharvest quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Research Journal of Agriculture Science* 1, 409-411.
- Badui, S. 2006. Química de los Alimentos. 4ª Edición. Pearson Educación, México, D.F., México.
- Balkaya, A., Özbakir, M., Kurtar, E.S. 2010. The phenotypic diversity and fruit characterization of winter squash (*Cucurbita maxima*) populations from the Black Sea Region of Turkey. *African Journal of Biotechnology* 29, 152-162.
- Barco, P., Burabano, A., Medina, M., Mosquera, S., Villada, H. 2009. Efecto de recubrimiento natural y cera comercial sobre la maduración del banano (*Musa sapientum*). *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca* 7, 70-76.
- Barco, P., Burbano, A., Mosquera, S., Villada, H., Navia, D. 2011. Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *Revista Lasallista de Investigación* 8, 96-103.

- Barreiro, J., Sandoval, A. 2006. Operaciones de Conservación de Alimentos por Bajas Temperaturas. Equinoccio, Valle de Sartenejas, Baruta, Venezuela.
- Barrett, D. 2007. Procesamiento de cultivos hortofrutícolas. En: Kader, A. (Ed.), Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. Centro de Información e Investigación en Tecnología Postcosecha. Universidad de California, Davis, California, EE.UU., pp. 519-535.
- Barth, M., Hankinson, T.R., Zhuang, H., Breidt, F. 2009. Microbiological spoilage of fruits and vegetables. En: Sperber, W.H., Doyle, M.P. (Eds.), Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages. Springer, New York, EE.UU, pp. 135-183.
- Bartz, J., Eayre, C., Mahovic, M., Concelmo, D., Brecht, J., Sargent, S. 2001. Chlorine concentration and the inoculation of tomato fruit in packinghouse dump tanks. Plant Disease 85, 885-889.
- Bartz, J., Sargent, S., Mahovic, M. 2009. Guide to Identifying and Controlling Tomato Diseases in Florida. IFAS, Universidad de Florida, Gainesville, EE.UU.
- Begum, S., Brewer, M. 2001. Chemical, nutritive and sensory characteristics of tomatoes before and after conventional and microwave blanching and during frozen storage. Journal of Food Quality 24, 1-15.
- Berbesí, M., Díaz, R., Guevara, L., Tapia, M. 2006. Calidad higiénica y patógenos asociados con melones mínimamente procesados expendidos en supermercados. Desarrollo de tecnologías para la conservación de vegetales frescos cortados. I Simposio Ibero-Americano de Vegetales Frescos Cortados. San Pedro, Brazil. Abril.
- Bosquez, M. 2006. Clasificación de productos vegetales. [Documento en línea]. Disponible: <http://docencia.izt.uam.mx/elbm/233248/practicas/PRACTICA%201%20FTPOdefva.pdf>. [Consulta: 13-04-12].
- Brackett, R.E. 2001. Frutas, hortalizas y granos. En: Doyle, M., Beuchat, L., Montville, T. (Eds.). Microbiología Moderna de los Alimentos. 2ª edición. Acribia, Zaragoza, España, pp. 121-130.
- Brecht, J.K., Chen, W., Sargent, S.A., Cordasco, K., Bartz, J.L. 1999. Exposure of green tomatoes to hot water affects ripening and reduce decay and chilling injury. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 112, 138-143.
- Brew, B.S., Berry, A.D., Sargent, S.A., Shaw, N.L., Cantliffe, D.J. 2006. Determination of optimum storage conditions for 'baby' summer squash fruit (*Cucurbita pepo*). Proceedings of the Florida State Horticultural Society 119, 343-346.

- Cáceres, I., Mulkay, T., Rodríguez, J., Paumiera, A. 2003. Conservación de productos hortofrutícolas. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5012/cuf0127s.pdf>. [Consulta: 24-11-10].
- Calderón, D. 1994. Primer congreso nacional del pisco. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.prompex.gob.pe/prompex/inf-sectorial/AGRO/Quebranta.pdf>. [Consulta: 04-02-04].
- Calvo, C., Durán, L. 1997. Propiedades físicas II. ópticas y color. En: Aguilera, J. (Ed.), Temas en Tecnología de Alimentos. Acribia, México, D.F., México, pp. 261-288.
- Cantwell, M. 2004. Fresh Market Tomato. Statewide Uniform Variety Trial Report Field and Postharvest Evaluations. Universidad de California. South San Joaquin Valley, EE.UU.
- Cantwell, M., Kasmire, R. 2007. Sistemas de manejo postcosecha: hortalizas y frutos. En: Kader, A. (Ed.), Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. Centro de Información e Investigación en Tecnología Postcosecha. Universidad de California, Davis, California, EE.UU, pp. 457-474.
- Cantwell, M., Xunli, N., Gyunghoon, H. 2009. Impact of storage conditions on grape tomato quality. 6th ISHS Postharvest Symposium, Antalya, Turquía, Abril, 8-12.
- Casado, J. 2004. Aproximación Cinética, Molecular y Proteómica al Estudio de Podredumbre Apical en Frutos de Tomate (*Lycopersicon esculentum*). Implicación de Polifenol Oxidasa (PFO) y Enzimas Antioxidantes. Tesis Doctoral. Departamento de Agroquímica y Bioquímica Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante, Alicante, España.
- Casp, A., Abril, J. 2003. Procesos de Conservación de Alimentos. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Cayre, M., Vignolo, G., Garro, O. 2003. Modeling lactic acid bacteria growth in vacuum-packaged cooked meat emulsions stored at three temperatures. Food Microbiology 20, 561-566.
- CIE. 2004. Colorimetry. 3rd Edition. Commission Internationale De L'eclairage, ed. Viena, Austria.
- Codex Alimentarius. 2007. Norma del Codex para el tomate (Codex Stan 293-2007). [Página Web en línea]. Disponible: www.codexalimentarius.org/input/.../standards/11013/CXS_293s.pdf. [Consulta: 22-01-13].

- Colon, L. 2006. Introducción a la microbiología de alimentos. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r9679.DOC>. [Consulta: 11-10-09].
- Contreras, A., Bermejo, A., Del Río, M., Pérez, M., Rojas, C. 2008. Efecto del quitosano aplicado como recubrimiento en naranjas cv. Valencia. En: Oria, R., Val, J., Ferrer, M. (Eds). Avances en Maduración y Post-Recolección de Frutas y Hortalizas. Acribia, Zaragoza, España, pp. 348-356.
- Cordeiro, A., Wilane, R., Arraes, M., Elesbão, A., Moreira, M., Machado, P. 2007. Efeito do tipo de corte nas características físico-químicas e microbiológicas do melão “cantaloupe” (*Cucumis melo* L. híbrido hy-Mark) minimamente processado. *Ciência e Agrotecnologia* 31, 132-136.
- Cornejo, C. 2009. Evaluación de la respuesta agronómica bajo cubierta de dos híbridos de tomate riñón (*Lycopersicon esculentum*), de crecimiento indeterminado Dominique y Michaella, en la parroquia San José de Alluriquín. Santo Domingo, Ecuador. [Documento en línea]. Disponible: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2525/1/T-ESPE-IASA%20II00-2300.pdf>. [Consulta: 23-03-12].
- Coronel, J., Castillo, P. 2009. Alternativas de mejora en el manejo postcosecha de tomate riñón cultivado en la provincia de Santa Elena. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/11926>. [Consulta: 21-03-12].
- Corzo, O. 1993. Refrigeración, Congelación y Tratamiento Térmico de Alimentos. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- Crisosto, C., Barrett, D., Cantwell, M. 1999. Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. Centro de Información e Investigación en Tecnología Postcosecha, División de Agricultura y Recursos Naturales Series de Horticultura Postcosecha, Universidad de California, Davis, California, EE.UU.
- Cueto, M. 2010. Determinación del Efecto Inhibitorio del Aceite Esencial y Diferentes Extractos de Orégano (*Lippia berlandieri* schauer) sobre el Crecimiento de *Fusarium oxysporum* tanto *In Vitro* como en Plántula de Tomate. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México D.F., México.

- Damasceno, K., Assunção, M., Correia, S., Barbosa, N., Montenegro, T. 2005. Melão minimamente processado: um controle de qualidade. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 25, 520-529.
- Dilmaçunal, T., Koyuncu, A, Aktaş, H., Bayindir, D. 2011. The effects of several postharvest treatments on shelf life quality of bunch tomatoes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici* 39, 209-213.
- Durán, F. 2006. *Manual del Ingeniero de Alimentos*. Grupo Latino Ltda., Cartagena, Colombia.
- El Assi, N. M. 2004. Alleviating chilling injury and maintaining quality of tomato fruit by hot water treatment. *Emirates Journal of Agriculture Science* 16, 1-7.
- FAO. 1987. *Manual para el Mejoramiento Poscosecha de Frutas y Hortalizas*. Parte I. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, Chile.
- FAO. 1993. *Prevención de Pérdidas Poscosecha: Frutas, Hortalizas, Raíces y Tubérculos*. Manual de Capacitación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Roma, Italia.
- FAO. 2000. *Manual de Manejo Postcosecha de Frutas Tropicales*. [Página Web en línea]. Disponible: <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s01.htm#1>. [Consulta: 20-11-06].
- FAO. 2003. *Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas*. Departamento de Agricultura. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.fao.org/docrep/008/y5771s/y5771s02.htm>. [Consulta: 22-03-07].
- FAO. 2006. *Fichas Técnicas. Productos Frescos y Procesados. Tomate*. [Página Web en línea]. Disponible: http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/TOMATE.HTM. [Consulta: 09-01-13].
- FAO. 2010. *Manual para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas*. [Página Web en línea]. Disponible: <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y483S/y4893s04.htm>. [Consulta: 04-01-10].
- FAO. 2011. *Manual Técnico para las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la Producción de Tomate bajo Condiciones Protegidas*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Mejoramiento Alimentario y Nutricional de Antioquia. Gobernación de Antioquía. FAO. [Página Web en línea]. Disponible: <http://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1374s/a1374s07.pdf>. [Consulta: 23-03-12].

- Farber, J.N., Harris, L.J., Parish, M.E., Beuchat, L.R., Suslow, T.V., Gorney, J.R., Garrett, E.H., Busta, F.F. 2003. Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. En: Beuchat, L.R., Busta, F.F., Farber, J.N., Garrett, E. H., Harris, L.J., Parish, M.E., Suslow. T.V. (Eds.), Analysis and Evaluation of Preventive Control Measures for the Control and Reduction/Elimination of Microbial Hazards on Fresh and Fresh-Cut Produce Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety. Vol. 2 (Supplement), Institute of Food Technologists, Chicago, EE.UU, pp. 142-160.
- Felkey, K., Archer, D., Bartz, J., Goodrich, R., Schneider, K. 2006. Chlorine disinfection of tomato surface wounds contaminated with *Salmonella* spp. HortTechnology 16, 253-256.
- Fermin, N. 2008. Metodología Sensorial Afectiva Revisión Crítica: Controversias y Avances. Trabajo de Ascenso. Universidad de Oriente, Boca del Río, Venezuela.
- Fernández, L. 2004. Efecto del 1-MCP sobre la Maduración y Conservación de los Frutos. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.biblioteca.org.ar/libros.org.ar/libRos/210851.pdf>. [Consulta: 08-06-10].
- Ferreira, A., Canet, W., Álvarez, M., Tortosa, M. 2006. Freezing, thawing and cooking effects on quality profile assessment of green beans (cv. *Win*). European Food Research Technology 223, 433-445.
- Fleet, G. 2003. Yeast interactions and wine flavour. International Journal of Food Microbiology 86, 11-22.
- Forsythe, S., Hayes, P. 2002. Higiene de los Alimentos, Microbiología y HACCP. 2ª edición. Acribia, Zaragoza, España.
- Fox, B., Cameron, A. 2002. Ciencia de los Alimentos, Nutrición y Salud. Limusa, México D.F., México.
- Gacula, M., Singh, J. 1984. Statistical Methods in Food and Consumer Research. Academic Press, London, UK.
- Galiotta, G., Harte, F., Molinari, D., Capdevielle, R., Diano, W. 2005. Aumento de la vida útil poscosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 6, 117-123.
- García, J. 2008. Reguladores del crecimiento. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.etsmre.upv.es/varios/biologia/Temas%20PDF/Tema%2014d%20Reguladores%20del%20Crecimiento.%20Etileno.pdf>. [Consulta: 24-11-10].

- García-Méndez, E., Gómez, P., Fernández, S., Gutiérrez, S., Gutiérrez-Claramunt, M. 2009. Análisis sensorial, físico-químico y agronómico de cultivares de tomate para su consumo en fresco en Cantabria. Cuadernos de Fitopatología 4º trimestre de 2009, 4-11.
- Garelli, L. 1994. Análisis de los Alimentos. Trabajo de Ascenso. Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Boca del Río, Venezuela.
- Gil, A. 2010. Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. 2ª edición. Panamericana, Madrid, España.
- González, G., Ayala, F., Ruiz, S., Cruz, R., Cuamea, F. 2007. Estado Actual del Mercado de Frutos y Vegetales Frescos Cortados. Dirección de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal. Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo. Sonora, México.
- Gueishman, E., Companioni, N., Peña, E., Ramos, B. 2004. La Comunicación y el Consumo de Vegetales. INIFAT. La Habana, Cuba.
- Guzmán, J., Reina, C., Sanchez, J. 1998. Manejo Postcosecha y Evaluación de la Calidad del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) que se Comercializa en la Ciudad de Neiva. Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia.
- Hall, D. 1989. Postharvest treatment of Florida fresh market tomatoes with fungicidal wax to reduce decay. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 102, 365-367.
- Hernández, J. 2009. Evaluación de la Calidad Físicoquímica del Tomate Margariteño (*Lycopersicon esculentum* var. España) durante su Almacenamiento Poscosecha a Distintas Condiciones de Conservación. Trabajo de Ascenso. Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Boca del Río, Venezuela.
- Huff, A. 1984. Sugar regulation of plastid interconversions in epicarp of citrus fruit. Plant Physiology 76, 307-312.
- ICMSF. 2001. Microbiología de los Alimentos. Acribia, Zaragoza, España.
- INDER. 2013. Información del Instituto Nacional de Desarrollo Rural de Venezuela acerca del Tomate Margariteño. Comunicación personal. Isla de Margarita, Venezuela, Febrero.

- Jay, J. 2002. Microbiología Moderna de los Alimentos. 4ª edición. Acribia, Zaragoza, España.
- Kader, A. (Ed). 2007. Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. Universidad de California, Davis, California, Estados Unidos.
- Kantola, M., Helén, H. 2001. Quality changes in organic tomatoes packaged in biodegradable plastic films. *Journal of Food Quality* 24, 167-176.
- Lamúa, M. 2000. Aplicación del Frío a los Alimentos. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- León, W.E. 2009. Evaluación Ambiental de la Producción del Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), bajo Condiciones Protegida en las Palmas de Gran Canaria, España, mediante la Utilización de la Metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), 2007-2009. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Lewis, M.J. 1993. Propiedades Físicas de los Alimentos y de los Sistemas de Procesado. Acribia, Zaragoza, España.
- Llamas, J. 2008. Licopeno. Departamento de Investigación. Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales (ANTAD). [Documento en línea]. Disponible: <http://es.scribd.com/doc/56784658/licopeno>. [Consulta: 23-03-12].
- López, A. 2003. Manual para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas, del Campo al Mercado. FAO Boletín de Servicios Agrícolas N° 151. Roma, Italia.
- Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biology and Technology* 14, 257-269.
- Lvidal, M. 2009. Informe para benchmark de investigación. [Documento en línea]. Disponible: http://www.bligoo.com/media/users/3/181209/files/18813/a_procesados_asvid_mayo09.pdf. [Consulta: 08-06-10].
- Magashi, A., Bukar, A. 2007. Antibacterial and antifungal effect of high pH and paraffin wax application on tomatoes, oranges and peppers. *African Journal of Biotechnology* 6, 720-722.
- Mahovic, M., Bartz, J., Berry, A., Sargent, S. 2006. Postharvest treatment of tomato fruit with chlorine dioxide gas: Dose affects fruit quality. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 119, 340-342.
- Martínez, A., Lee, R., Chaparro, D., Páramo, S. 2003. Postcosecha y Mercadeo de Hortalizas de Clima Frío Bajo Prácticas de Producción Sostenible. Corpoica, Bogotá, Colombia.

- Matas, E. 2008. El pH en la conservación de alimentos. [Documento en línea]. Disponible: [http:// www.aulachocovic.es](http://www.aulachocovic.es). [Consulta: 11-01-10].
- Meilgaard, D., Civille, G., Carr, T. 1991. Sensory Evaluation Techniques. 2ª Edición. CRC Press Inc., Boston, EE.UU.
- Meiselman, H. 1988. Consumer studies of food habits. En: Piggott, J. (Ed.). Sensory Analysis of Foods. 2nd Edition. Elsevier Applied Science Publishers, New York, NY, USA, pp. 267-334.
- Mejía, S., Vega, M., Valverde, J., López, J., Caro, J. 2009. Effect of wax application on the quality, lycopene content and chilling injury of tomato fruit. *Journal of Food Quality* 32, 735-746.
- Melgarejo, L.M., Hernández, M.S., Barrera, J.A., Barradales, X. 2004. Caracterización y Usos Potenciales del Banco de Germoplasma de Ají Amazónico. Instituto Amazónico de Investigación Científica Sinchi, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Mohammed, M., Wilson, L., Gomes, P. 1999. Postharvest sensory and physiochemical attributes of processing and nonprocessing tomato cultivars. *Journal of Food Quality* 22, 167-182.
- Nasrin, T., Molla, M., Alamgir, M, Alam, M., Yasmin, L. 2008. Effect of postharvest treatments on shelf life and quality of tomato. *Bangladesh Journal of Agriculture Research* 33, 579-585.
- Nguyen, Q.T., Kohei, N., Shigenori, M. 2003. Evaluation of the effect of hot water dipping on quality of fresh agricultural products. [Documento en línea]. Disponible: <http://fme.hcmuaf.edu.vn/data/evaluation%20of%20the%20effect%20of%20hot%20water%20dipping%281%29.pdf>. [Consulta: 14-01-13].
- Nunes, M., Emond, J. 1999. Chlorinated water treatments affects postharvest quality of green bell peppers. *Journal of Food Quality* 22, 353-361.
- Núñez, M. 1996. Modelo Matemático para Predecir la Maduración del Tomate *Lycopersicum esculentum* (var. España) a Diferentes Condiciones de Almacenamiento. Trabajo de Ascenso. Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Boca del Río, Venezuela.
- OCDE. 1998. Régimen de la OCDE para la aplicación de normas internacionales relacionadas con frutas y hortalizas. [Página Web en línea]. Disponible: http://www.oecd.org/home/0,2987,en_2649_201185_1_1_1_1_1,00.html. [Consulta: 30-10-08].

- Odriozola-Serrano, I., Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O. 2009. Effect of high-oxygen atmospheres on the antioxidant potential of fresh-cut tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57, 6603-6610.
- Ojeda, M. 2011. Fisiología postcosecha en frutos. Jornada sobre Manejo Postcosecha de Frutas. UCLA-Decanato de Agronomía, Barquisimeto, Venezuela.
- Oluwatosin, I., Minnaar, A., Buys, E. 2011. Effect of attachment time followed by chlorine washing on the survival of inoculated *Listeria monocytogenes* on tomatoes and spinach. *Journal of Food Quality* 34, 133-141.
- Ortiz, E. 2001. Glutacion S-Transferasa p1-1 Hhumana y Glutacion Reducido. Estudio Termodinámico de su Interacción. Trabajo de Ascenso. Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Almería, Almería, España.
- Ospina, M., Cartagena, V. 2008. La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación* 5, 112-123.
- Parra, P., Justo, A. 2003. Balance entre ingesta recomendada y consumo estimado de hortalizas. Trabajo presentado en el XI Encuentro Científico Internacional de Verano. Lima, Perú, 28 de agosto.
- Pedrero, D, Pangborn, R. 1997. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos Analíticos. Longman de México S.A., México D.F., México.
- Peynaud, E. 1987. El Gusto del Vino. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Piangentini, A., Pirovani, M., Güemes, D. 2004. Cinética de deterioro de repollo fresco cortado. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 4, 169-176
- Quijada, M. 2002. Efecto del Tiempo de Cosecha, del Tratamiento con Parafina y del Empacado Individual en Bolsas de Plástico, en la Textura y el Color del Tomate Margariteño (*L. esculentum* var. España). Trabajo de Grado. Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Boca del Río, Venezuela.
- Ramírez, H., Encina, L., Benavides, A., Robledo, V., Hernández, J., Alonso, S. 2004. Influencia de la temperatura sobre procesos fisiológicos en postcosecha de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Agraria Nueva Época* 1, 31-37.
- Ramírez, L. 2004. Maduración de las frutas. [Documento en línea]. Disponible: <http://frutas.consumer.es/documentos/conozcamos/maduracion.php>. [Consulta: 08-06-10].
- Ramos, K., Camarena, E. Miranda, R., Sánchez, T., Villagómez, A. 2010. Perfil sensorial del tomate (*Lycopersicon esculentum*) variedades Saladette, Uva, Bola y

- Cherry. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Del 27 al 28 de Mayo. Guanajuato, México.
- Reid, M. 2007. Maduración e índices de madurez. En: Kader, A. (Ed.). Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. Universidad de California, Davis, California, EE.UU, pp. 63-71.
- Reina, C. 1998. Manejo postcosecha y evaluación de la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) que se comercializa en la ciudad de Neiva. [Documento en línea]. Disponible: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Manejo%20poscosecha%20y%20evaluacion%20de%20la%20calidad%20en%20tomate%20de%20arbol.pdf. [Consulta: 07-10-08].
- Reina, M. 2006. Manejo postcosecha y evaluación de calidad para la guanábana (*Annona muricata*). [Documento en línea]. Disponible: <http://201.234.78.28:8080/dspace/bitstream/12345789/857/1/Manejo%20poscosecha%20y%20evaluacion%20de%20la%20calidad%20en%20guanabana.pdf>. [Consulta: 08-06-08].
- Ríos, D., Santos, B., Díaz, D., García, N. 2003. Ensayos de cultivares de tomate de exportación en Tenerife: II. Comportamiento en postcosecha. *Agrícola Vergel: Fruticultura, Horticultura, Floricultura* 262, 504-511.
- Rodríguez, J., Parra, J. 2006. Caracterización de variedades autóctonas de tomate cultivadas en la comunidad valenciana. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.ivia.es/nuevaweb/jornadas/tomate/TOM%20A%20VAL.pdf>. [Consulta: 11-01-13].
- Rodríguez, V., Magro, E. 2008. Bases de la Alimentación Humana. Gesbiblo, La Coruña, España.
- Roncero, B., Leiva, J., Burgos, E., Pardo, L. 2008. Efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento sobre la calidad del tomate deshidratado. *Información Tecnológica* 19, 3-10.
- Ronquillo, E. 2007. Evaluación del Potencial Antimicrobiano de Películas Comestibles con Aceites Esenciales *In Vitro* e *In Situ*. Trabajo de Postgrado. Universidad Autónoma Metropolitana, México D.F., México.
- Salunkhe, D., Kadam, S. 2003. Tratado de Ciencia y Tecnología de las Hortalizas. Acribia, Zaragoza, España.
- Sancho, J., Bota, E., De Castro, J. 2002. Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos. Alfaomega, México D.F., México.

- Santa Cruz, M., Martínez, C., Varela, C. 2005. Principios básicos de análisis sensorial. En: Hough, G., Fiszman, S. (Eds). Estimación de la Vida Útil Sensorial en Alimentos. Cap. 2. Programa CYTED. Madrid, España, pp. 17-41.
- Sañudo, M., Siller, J., Contreras, R. 2010. Tasa de absorción de 1-metilciclopropeno en mangos almacenados a dos temperaturas. [Documento en línea]. Disponible: http://somech.com.mx/ponencias/ponencias_2003/fruticultura/MEMORIA%20-%20FRUTICULTURA%2099.pdf. [Consulta: 24-11-10].
- Segall, R. 1968. Reducing postharvest decay of tomatoes by adding a chlorine source and the surfactant SANTOMERSE F85 to water in field washers. Florida State Horticultural Society, 212-214.
- Showalter, R.K. 1972. Sizing tomatoes into fruit diameter classifications. Florida State Horticultural Society, 178-181.
- Solís, L., Valadez, H. 1993. Generalidades de frutas y hortalizas. [Documento en línea]. Disponible: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/14185/Capitulo1.pdf>. [Consulta: 13-04-12].
- Suslow, T. 2004. Chlorination in the Production and Postharvest Handling of Fresh Fruits and Vegetables. Universidad de California, Davis, California, EE.UU.
- Tandon, K., Baldwin, E., Shawfelt, R. 2000. Aroma perception of individual volatile compounds in fresh tomatoes (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) as affected by the medium of evaluation. Postharvest Biology and Technology 20, 261-268.
- Tandon, K., Jordán, M., Goodner, K., Baldwin, E. 2001. Characterization of fresh tomato aroma volatiles using GC-olfactometry. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 114, 142-144.
- Trejo, E. 2007. Manejo poscosecha y prevención de pérdidas de alimentos. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.utvm.edu.mx/OrganoInformativo/OrgEne08/postcosecha.htm>. [Consulta: 01-12-08].
- USDA. 1991. U.S. Standards for Grades of Fresh Tomatoes. USDA, Agr. Mktg. Serv., Washington, D.C, EE.UU.
- Viera, J. 2005. Estabilidad del aceite de fritura de chifles. [Documento en línea]. Disponible: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_45_18_6_11_301.pdf. [Consulta: 01-04-12].
- Vitale, A., Bernatene, E., Pomilio, A. 2010. Carotenoides en Quimioprevención: Licopeno. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

- Watts, B., Ylimaki, G., Jeffery, L., Elias, L. 1992. Métodos Sensoriales Básicos para la Evaluación de Alimentos. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Ottawa, Canadá.
- Willard, T. 2006. Las tecnologías de elaboración protegen los alimentos. [Documento en línea]. Disponible: <http://usinfo.state.gov/journals/ites/0502/ijes/willard.htm>. [Consulta: 18-03-06].
- Wills, R., Mc Glasson, B., Graham, D., Joyce, D. 1999. Introducción a la Fisiología Postcosecha de Frutas, Hortalizas y Plantas Ornamentales. 2ª edición. Acribia, Zaragoza, España.
- Zeiger, E., Taiz, L. 2006. Fisiología Vegetal. 3ª Edición. Plant Physiology, México D.F., México.
- Zelanski, P., Fisher, M.P. 2001. Color. Ediciones AKAL, Madrid, España.
- Zoffoli, J. 2009. Una novedosa alternativa para prolongar la conservación de frutas: inhibidores de la acción del etileno. [Documento en línea]. Disponible: http://www.alimentariaonline.com/media/MA029_etileno.pdf. [Consulta: 28-03-11].

Anexo

EFFECT OF DIFFERENT PREPACKAGING TREATMENTS ON THE PHYSICAL/CHEMICAL QUALITY OF MARGARITEÑO TOMATOES DURING POSTHARVEST STORAGE AT ROOM TEMPERATURE

JOSÉ-NEPTALÍ HERNÁNDEZ-YÉPEZ¹, MARÍA-JOSÉ DE LA HABA² and MARÍA-TERESA SÁNCHEZ^{2,3}

¹Department of Food Technology, University of Oriente, Margarita Island, Venezuela

²Department of Bromatology and Food Technology, University of Cordoba, Rabanales Campus, 14071 Cordoba, Spain

³Corresponding author.

TEL: +34-957-212576;

FAX: +34-957-212000;

EMAIL: teresa.sanchez@uco.es

Received for Publication May 2, 2012

Accepted for Publication December 18, 2012

10.1111/jfq.12022

ABSTRACT

The effect of different prepackaging treatments on the physical/chemical quality of Margariteño tomatoes during postharvest storage at room temperature was studied. One hundred sixty green-ripe tomatoes showing no signs of deterioration were divided into four groups of 40, to each of which one of the following prepackaging treatments was applied: (1) immersion in hot water (60C) for 30 s; (2) washing in chlorinated water (150 mg/L sodium hypochlorite [NaOCl] solution) for 5 min at 2C, pH 7.5; (3) covering of the peduncle area with commercial paraffin wax; and (4) untreated controls, placed in 0.5 mm polyethylene terephthalate containers and stored at room temperature. The results obtained confirmed that all the pretreatments applied delayed the onset of the physical/chemical changes characteristic of ripening and the appearance of signs of deterioration. Waxing was found to be the most effective treatment for extending the postharvest shelf life of commercial samples from 11 days to 19 days.

PRACTICAL APPLICATIONS

The study evaluated the effect of three treatments applied prior to commercial packaging (immersion in hot water, washing in chlorinated water and waxing) on the physical/chemical quality of Margariteño tomatoes kept at room temperature, in view of identifying low-cost technological alternatives for extending their shelf life without impairing quality attributes, in developing countries where refrigerated storage of horticultural products is not always feasible. The results suggested that waxing was the most effective treatment for extending postharvest shelf life from 11 days to 19 days at 30C and 90% relative humidity, satisfying in a constantly increasing consumer demand for high quality produce in those countries.

INTRODUCTION

Fruit and vegetable producers seek to ensure a high-quality product with a long shelf life, which can be transported over long distances. Effective postharvest management requires a thorough knowledge of the product's characteristics, and of the storage environment, since the quality and conservation of horticultural products depend on the interaction of these factors with a range of preharvest factors (Kader 2002a).

The Margariteño tomato is a highly profitable crop in eastern Venezuela, due to high yields and a strong demand in the States of Anzoátegui, Bolívar, Sucre, Monagas and

Nueva Esparta (Núñez 1996; Quijada 2002). It can be consumed fresh but also used in making sauces, stews and soups.

The most commonly used method of prolonging the postharvest shelf life of fruits and vegetables is refrigerated storage, since low temperatures prompt a decrease in respiration rate thus slowing both ripening and senescence (Barreiro and Sandoval 2006). However, refrigerated storage of horticultural products is not always feasible, since the equipment required may not be available. In most developing countries, little or no refrigeration is used during storage and transport to market, and fruit and vegetables

are often kept at room temperature prior to processing (Lamúa 2000). Green-ripe tomatoes, moreover, are particularly susceptible to cold damage, and thus undergo rapid deterioration during low-temperature storage (Hakim *et al.* 2004).

Postharvest heating is a noncontaminating physical treatment which delays ripening processes, reduces cold damage and controls pathogen activity; for that reason, it is often used commercially for the quality control of fresh produce (Lurie 1998; El Assi 2004; Akbudak *et al.* 2007).

Other postharvest treatments such as waxing can also prolong tomato shelf life. Waxing lubricates tomatoes, thus improving handling and protecting them from damage (Hall 1989; Mejía *et al.* 2009). Today, tomatoes are also waxed to make them more shiny, as well as to avoid cold damage, reduce weight loss during storage and maintain product quality (Mejía *et al.* 2009).

Another postharvest treatment widely used in the fruit and vegetable industry to extend shelf life is washing with chlorinated water, generally at concentrations ranging between 50 and 200 mg/L, for between 1 and 5 min (Oluwatosin *et al.* 2011).

This study sought to evaluate the effect of three treatments applied prior to commercial packaging (immersion in hot water, washing in chlorinated water and waxing) on the physical/chemical quality of Margariteño tomatoes kept at room temperature, in view of identifying low-cost technological alternatives for extending their shelf life without impairing quality attributes.

MATERIAL AND METHODS

Plant Material

A total of 160 Margariteño tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. "España") grown at Antolín del Campo, Nueva Esparta State, Venezuela, were harvested at the green-ripe stage. Tomatoes were similar in size, shape and appearance, and displayed no visible signs of bruising or other damage.

Prepackaging Treatments and Postharvest Storage

Tomatoes were transferred to the Food Technology Research Laboratory at the University of Oriente, where they were divided into four groups of 40, to each of which one of the following prepackaging treatments was applied: (1) immersion in hot water (60°C) for 30 s; (2) washing in chlorinated water (150 mg/L sodium hypochlorite [NaOCl] solution) for 5 min at 2°C, pH 7.5, followed by rinsing and absorption of excess surface water using clean paper towels; (3) waxing of the peduncle area with commercial paraffin wax (Rebain Internacional, Caracas, Venezuela); and (4) untreated controls.

Individual tomatoes were then weighed on an electronic balance ($0\text{--}210 \pm 0.001$ g; model C-600-SX, Cobos, Barcelona, Spain) and placed in individual 0.5 mm-thick colorless polyethylene terephthalate containers measuring $15 \times 10 \times 8$ cm; three 5 mm holes were made in each side of the container (including lid and bottom) for ventilation purposes. Once packaged and coded, tomatoes were stored at room temperature (30°C, 90% relative humidity [RH]), in order to simulate the postharvest storage conditions prevailing in Venezuela. The product was kept under these conditions throughout the trial period; three samples for each of the four treatments were drawn every 72 h (until day 9) and thereafter every 48 h (until the product showed evident signs of deterioration) for physical and chemical analysis.

Physical and Chemical Analysis

Skin or external color values (L^* , a^* and b^*) were individually measured at the equator of each fruit, turning it 90° between measurements, using a Minolta Chroma Meter CR-400 (Minolta Corporation, Ramsay, NJ). Chroma (C^*) and hue angle (h^*) were calculated as $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ and $\tan^{-1}(b^*/a^*)$, respectively. Illuminant C and two-degree standard observer measurements were made in all cases. The four measurements obtained per fruit for each color parameter tested were averaged.

Titrateable acidity, pH and soluble solids content were determined following Flores *et al.* (2009). All measurements were made in triplicate.

To determine maximum shear force, tomatoes were cut longitudinally into three equal parts. Samples were then assayed using a Warner-Bratzler shearer (Salter, Manhattan, KS) following Ferreira *et al.* (2006); head speed was 200 mm/min. Values for each of the three samples were averaged to provide the maximum shear force (N).

Weight losses during postharvest storage were determined by measuring changes in weight using the same electronic balance (Nasrin *et al.* 2008; Mejía *et al.* 2009). All measurements were made in triplicate.

Statistical Analysis

A multifactorial analysis of variance was performed for quality-related parameters, using postharvest storage time (0–11 days) and treatments as factors. Means were compared using Duncan's multiple range test at $P=0.05$. All data were analyzed using the Statgraphics Centurion XV software package (StatPoint Inc., Warrenton, VA).

RESULTS AND DISCUSSION

Due to evident signs of deterioration in all groups, analysis of control-group tomatoes continued until day 11 of

postharvest storage, while for tomatoes immersed in hot water and those washed in chlorinated water, tests continued until day 13 of storage (data not shown), and waxed tomatoes were tested until day 19 (data not shown).

Color Changes

Average values for L^* , a^* , b^* , C^* and h^* in tomatoes subjected to the different prepackaging treatments throughout storage at room temperature are shown in Table 1. In all groups, a significant ($P < 0.05$) decrease in L^* was recorded over the storage period, tomatoes become darker during storage at room temperature. At 3, 6, 9 and 11 days storage, statistically significant ($P < 0.05$) intergroup differences were noted for average L^* values, which were highest in waxed tomatoes, followed by tomatoes washed in chlorinated water, tomatoes immersed in hot water and finally, untreated controls. The latter displayed the lowest values for L^* throughout storage.

Similar results have been reported by Núñez (1996) and Cantwell (2004), who note that L^* values decrease during ripening and postharvest storage, and tomatoes acquire an intense red color.

Values for a^* increased in all groups during storage, i.e., tomatoes tend to become less green and more red during storage at room temperature, a finding also reported by

Kantola and Helén (2001), who noted an increase in a^* from the start of ripening. After 3 days' storage, waxed tomatoes displayed significantly ($P < 0.05$) lower a^* values than tomatoes washed in chlorinated water, and both groups had significantly ($P < 0.05$) lower a^* values than controls and tomatoes immersed in hot water; values for the latter groups did not differ significantly ($P > 0.05$). At 6, 9 and 11 days, intergroup differences were in all cases significant ($P < 0.05$), the lowest value being found for waxed tomatoes followed by those washed in chlorinated water, tomatoes immersed in hot water and finally, untreated controls, the latter displaying the highest a^* values throughout storage.

Mejía *et al.* (2009) evaluated color changes in waxed "Charleston" tomatoes during postharvest storage, first at temperatures of between 5 and 12°C, sampling at 5, 10, 15 and 20 days, and then at 22°C, sampling at 3, 6, 9 and 12 days. They found that a^* values increased during ripening, both in waxed and untreated tomatoes, the increase being more marked during the first 6 days of storage at 22°C; this is directly related to the change in skin, pericarp and flesh color from green to red, attributable to chlorophyll loss and lycopene synthesis, the latter taking place more slowly in waxed than in untreated tomatoes. These results agree with those of the present study, except that here, the speed of increase in a^* values remained virtually constant throughout storage.

TABLE 1. AVERAGE VALUES FOR L^* , a^* , b^* , C^* AND h^* IN MARGARITEÑO TOMATOES (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* CV. ESPAÑA) SUBJECTED TO DIFFERENT PREPACKAGING TREATMENTS AND POSTHARVEST STORAGE AT ROOM TEMPERATURE

Parameter	Treatment	Storage time (days)				
		0	3	6	9	11
L^*	Control	74.53 ⁿ ± 0.69	68.37 ⁱ ± 0.50	61.62 ^g ± 0.47	53.44 ^d ± 0.95	42.52 ^a ± 0.46
	Hot water	73.34 ^m ± 0.81	70.60 ^k ± 0.69	66.14 ^h ± 0.89	57.55 ^e ± 0.62	48.47 ^b ± 0.61
	Chlorinated water	75.04 ⁿ ± 1.49	72.28 ^l ± 0.43	69.50 ^j ± 0.77	58.45 ^f ± 0.85	49.29 ^c ± 0.98
	Wax	77.30 ^p ± 0.64	76.25 ^o ± 0.78	74.60 ⁿ ± 0.77	68.53 ⁱ ± 1.00	61.30 ^g ± 0.75
a^*	Control	-5.61 ^{bc} ± 0.42	1.06 ^f ± 0.06	12.50 ^k ± 0.68	23.39 ⁿ ± 0.85	34.29 ^p ± 0.42
	Hot water	-5.39 ^c ± 0.35	0.98 ^f ± 0.18	10.31 ^j ± 0.70	20.65 ^m ± 0.29	27.53 ^o ± 0.67
	Chlorinated water	-6.06 ^a ± 0.30	-0.98 ^e ± 0.15	7.13 ^h ± 0.56	12.58 ^k ± 0.50	17.50 ^l ± 0.33
	Wax	-5.86 ^{ab} ± 0.22	-3.01 ^d ± 0.09	-0.90 ^e ± 0.10	2.13 ^g ± 0.20	7.64 ⁱ ± 0.44
b^*	Control	28.48 ^k ± 0.42	23.24 ^g ± 0.41	20.43 ^d ± 0.64	19.37 ^c ± 0.77	14.43 ^a ± 1.07
	Hot water	28.47 ^k ± 0.41	24.49 ^h ± 0.21	22.44 ^f ± 1.13	21.43 ^e ± 0.47	16.22 ^b ± 0.47
	Chlorinated water	28.44 ^k ± 0.35	29.44 ^l ± 0.50	30.41 ^m ± 0.77	25.30 ⁱ ± 0.66	19.44 ^c ± 0.32
	Wax	28.43 ^k ± 0.28	29.53 ^l ± 0.38	31.33 ⁿ ± 0.41	27.43 ^j ± 0.86	20.45 ^d ± 0.40
C^*	Control	29.03 ^{hi} ± 0.40	23.27 ^b ± 0.40	23.96 ^c ± 0.67	30.37 ^k ± 0.93	37.21 ⁿ ± 0.69
	Hot water	28.97 ^h ± 0.43	24.51 ^d ± 0.20	24.71 ^d ± 1.04	29.76 ⁱ ± 0.34	31.96 ^m ± 0.57
	Chlorinated water	29.08 ^{hi} ± 0.35	29.46 ^{ij} ± 0.50	31.24 ^l ± 0.82	28.26 ^g ± 0.63	26.16 ^e ± 0.31
	Wax	29.03 ^{hi} ± 0.26	29.68 ^{ij} ± 0.37	31.34 ^l ± 0.41	27.52 ^f ± 0.85	21.83 ^a ± 0.45
h^*	Control	-78.86 ^{cd} ± 0.88	87.38 ^q ± 0.18	58.55 ^k ± 1.55	39.63 ^h ± 1.29	22.80 ^f ± 1.43
	Hot water	-79.27 ^c ± 0.64	87.72 ^q ± 0.43	65.30 ^m ± 1.90	46.05 ⁱ ± 0.84	30.52 ^g ± 1.05
	Chlorinated water	-77.97 ^e ± 0.61	-88.10 ^a ± 0.30	76.82 ^o ± 0.88	63.56 ^l ± 1.10	48.00 ^j ± 0.74
	Wax	-78.34 ^{de} ± 0.48	-84.18 ^b ± 0.20	-88.37 ^a ± 0.17	85.55 ^p ± 0.52	69.51 ⁿ ± 1.06

Mean ± standard deviation.

Different letters for the same parameter indicate significant differences ($P < 0.05$).

Dilmaçunal *et al.* (2011) found that waxing of “Bandita” tomatoes using a mineral-oil spray, followed by 20 days storage at 20C, had no significant effect on final L^* , a^* and b^* values with respect to controls. However, color changes associated with ripening took place more quickly in untreated controls, as they did here.

Values for C^* at the start of the experiment (time 0) displayed no significant ($P < 0.05$) intergroup differences. However, at 3 and 6 days’ storage, C^* values were significantly lower in controls than in tomatoes immersed in hot water, while values for waxed tomatoes and those washed in chlorinated water were significantly higher; no significant difference was recorded between these two groups. By 9 and 11 days storage, significant differences were observed for all groups, the lowest values for C^* being recorded in waxed tomatoes, followed by those washed in chlorinated water, immersed in hot water and finally, untreated controls, which displayed the highest values.

Cantwell (2004) found that C^* values fluctuated during ripening: an initial decrease as the color changed from green-ripe to pink-orange was followed by an increase as tomatoes took on an orange-red coloring; values then fell again as the color changed to dark red. Here, the initial drop and subsequent rise in C^* values was recorded for controls and tomatoes immersed in hot water, whereas the behavior of tomatoes washed in chlorinated water and waxed tomatoes might be better described as rise-fall-rise (data not shown), reflecting the yellowish tone at the start of storage, which prompted a certain lack of color uniformity. No final decrease in C^* values was recorded here, perhaps due to the initial ripeness of the tomatoes.

Controls and tomatoes immersed in hot water displayed a significant ($P < 0.05$) increase in h^* values from day 0 to day 3, thenceforth decreasing. In tomatoes washed in chlorinated water and waxed tomatoes, values dropped over the first 3 and 6 days of storage, respectively; thereafter, values rose and fell again, matching the trends observed for b^* .

The formation of yellow and red compounds during the tomato climacteric accounts for fluctuations in h^* values in the course of postharvest storage, which were greater in waxed tomatoes and those washed with chlorinated water than in the other groups.

Cantwell (2004) has reported that h^* values decline during ripening and also during postharvest storage, as tomato color changes from yellowish-green to reddish-orange. Here, h^* values fluctuated in all groups, tending to decline toward the end of storage.

Changes in color during ripening are due mainly to the conversion of chloroplasts to chromoplasts. During the early stages of ripening, chloroplast thylakoid membranes, starch granules and chlorophyll are degraded, and new carotenoid pigments accumulate in plastidia, including β -carotene and lycopene, which are responsible for the

orange and red coloring, respectively, of tomatoes (Kantola and Helén 2001; Artés and Artés 2007).

Behavior of Physical/Chemical Quality Parameters

Mean values for titratable acidity, pH, soluble solids content, maximum shear force and weight loss in Margariteño tomatoes subjected to different prepackaging treatments during storage at room temperature are shown in Table 2.

In all groups, there was a significant ($P < 0.05$) decline in titratable acidity over the storage period. However, all three prepackaging treatments delayed the decline, which is characteristic of ripening reactions during storage; waxing and washing in chlorinated water were found to be the most effective treatments for this purpose.

The fall in titratable acidity is due to the metabolic activity of horticultural products during ripening, when intense enzyme activity prompts a complex series of overlapping, feedback-driven metabolic changes, leading to the conversion of stored organic acids into sugars, which will be consumed during cell respiration (Badui 2006).

Akbudak *et al.* (2007), in an investigation of the effects of hot water treatment at 54C for 5 min on titratable acidity in “Alona” and “Naomi” tomatoes during refrigerated storage, also found that acidity values fell more rapidly in untreated controls than in the treated group. They noted that the decline in titratable acidity during storage is due to the utilization of acids in respiration and other physiological processes.

In all groups except waxed tomatoes, pH values increased during storage at room temperature, as titratable acidity values fell. Similar findings are reported by Babitha and Kiranmayi (2010), who noted that the pH of tomatoes stored at room temperature rose from 3.61 (day 1) to 6.0 (day 24). In the present study, pH values in waxed tomatoes decreased over the first 6 days of storage, despite the fall in titratable acidity, thereafter, values rose as in other groups.

Berbesí *et al.* (2006) suggest that the rise in pH may be due to the transformation of stored organic acids in cell vacuoles into sugars which are used for respiration; this prompts a decline in the acidity of the medium and therefore an increase in pH. Yet here, pH values initially fell in waxed tomatoes despite that decline in acidity.

Barco *et al.* (2009) have reported a drop in pH in waxed bananas over the first 2 days of storage, followed by the increase characteristic of ripening. This initial drop in values was not recorded either in controls or in bananas treated with a starch solution. This would suggest that waxing may lead to the accumulation of gases affecting pH but not titratable acidity (acids are neither synthesized nor degraded), since the latter displayed the constant decrease associated with ripening.

TABLE 2. AVERAGE TITRATABLE ACIDITY, pH, SOLUBLE SOLIDS CONTENT, MAXIMUM SHEAR FORCE AND WATER LOSS IN MARGARITEÑO TOMATOES (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* CV. ESPAÑA) SUBJECTED TO DIFFERENT PREPACKAGING TREATMENTS AND POSTHARVEST STORAGE AT ROOM TEMPERATURE

Parameter	Treatment	Storage time (days)				
		0	3	6	9	11
Titratable acidity (% citric acid)	Control	0.81 ^m ± 0.01	0.74 ^f ± 0.01	0.69 ^e ± 0.01	0.65 ^d ± 0.01	0.55 ^a ± 0.03
	Hot water	0.80 ^{lm} ± 0.03	0.77 ^{hi} ± 0.02	0.75 ^{fg} ± 0.01	0.70 ^e ± 0.03	0.62 ^b ± 0.01
	Chlorinated water	0.79 ^{kl} ± 0.02	0.78 ^{ik} ± 0.01	0.76 ^{gh} ± 0.01	0.69 ^e ± 0.02	0.64 ^c ± 0.01
	Wax	0.80 ^{lm} ± 0.02	0.78 ^{ik} ± 0.02	0.75 ^{fg} ± 0.01	0.70 ^e ± 0.02	0.63 ^c ± 0.02
pH	Control	3.94 ^{bc} ± 0.04	4.04 ^{ef} ± 0.10	4.04 ^{ef} ± 0.06	4.21 ^h ± 0.08	4.29 ^j ± 0.01
	Hot water	3.94 ^{bc} ± 0.06	4.02 ^{ef} ± 0.02	4.06 ^f ± 0.03	4.11 ^g ± 0.01	4.14 ^g ± 0.03
	Chlorinated water	3.96 ^{cd} ± 0.03	3.99 ^{de} ± 0.02	4.02 ^{ef} ± 0.01	4.13 ^g ± 0.05	4.19 ^h ± 0.01
	Wax	3.94 ^{bc} ± 0.03	3.88 ^a ± 0.10	3.87 ^a ± 0.01	3.91 ^{ab} ± 0.03	3.96 ^{cd} ± 0.03
Soluble solids content (°Brix)	Control	5.40 ^{bc} ± 0.10	5.90 ^{gh} ± 0.20	6.30 ^k ± 0.10	6.00 ^{hi} ± 0.20	5.20 ^a ± 0.10
	Hot water	5.30 ^{ab} ± 0.10	5.70 ^{ef} ± 0.10	5.90 ^{gh} ± 0.20	6.20 ^{jk} ± 0.10	5.70 ^{ef} ± 0.00
	Chlorinated water	5.40 ^{bc} ± 0.10	5.60 ^{de} ± 0.20	6.00 ^{hi} ± 0.00	6.20 ^{jk} ± 0.10	5.80 ^{fg} ± 0.10
	Wax	5.40 ^{bc} ± 0.10	5.40 ^{bc} ± 0.30	5.50 ^{cd} ± 0.30	5.90 ^{gh} ± 0.10	6.10 ^{ji} ± 0.20
Maximum shear force (N)	Control	12.30 ^g ± 0.70	10.60 ^e ± 0.70	7.50 ^c ± 0.40	6.00 ^b ± 0.40	5.00 ^a ± 0.40
	Hot water	11.50 ^f ± 0.70	10.50 ^e ± 0.30	10.50 ^e ± 0.40	9.40 ^d ± 0.50	7.00 ^c ± 0.00
	Chlorinated water	12.30 ^g ± 0.70	10.60 ^e ± 0.70	9.00 ^d ± 0.70	7.00 ^c ± 0.00	6.10 ^b ± 0.40
	Wax	11.60 ^f ± 0.50	11.30 ^f ± 0.90	11.40 ^f ± 0.40	10.50 ^e ± 0.40	9.00 ^d ± 0.40
Water loss (%)	Control	0.00 ^a ± 0.00	1.66 ^e ± 0.06	2.81 ⁱ ± 0.11	4.02 ^m ± 0.01	5.90 ^p ± 0.03
	Hot water	0.00 ^a ± 0.00	1.13 ^c ± 0.02	2.22 ^g ± 0.03	3.08 ^k ± 0.03	4.09 ⁿ ± 0.04
	Chlorinated water	0.00 ^a ± 0.00	1.47 ^d ± 0.01	2.65 ^h ± 0.04	3.47 ^l ± 0.03	4.27 ^o ± 0.01
	Wax	0.00 ^a ± 0.00	0.95 ^b ± 0.02	1.83 ^f ± 0.04	2.23 ^g ± 0.03	2.95 ^j ± 0.06

Mean ± standard deviation.

Different letters for the same parameter indicate significant differences ($P < 0.05$).

Contreras *et al.* (2008) coated oranges with chitosan, stored them at 20°C and measured internal CO₂ and O₂ by gas chromatography; they found an increase in CO₂ and a decrease in O₂ levels with respect to untreated controls. This would confirm the earlier assumption that the waxing of tomatoes prompts an initial drop in pH due to CO₂ accumulation, which does not affect titratable acidity.

An initial increase in soluble solids content was observed in all groups, until 6 days (controls), 9 days (immersion in hot water and washing in chlorinated water) and 13 days (waxing); thereafter, values fell (data not shown for waxed tomatoes). In waxed tomatoes, there were no significant differences in average soluble solids content between days 0 and 3 or between days 3 and 6.

According to the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (1998), during the ripening of horticultural crops, nutrients in the form of starch are converted into sugars, thus prompting an increase in soluble solids content. However, Cordeiro *et al.* (2007) report that this postharvest increase is not always observed, since the product may no longer contain starch reserves because they were consumed during on-plant ripening.

Akbudak *et al.* (2007) report a slower fluctuation in soluble solids content in “Alona” and “Naomi” tomatoes immersed in hot water with respect to controls, suggesting that hot water treatment slows down product ripening, a finding also observed in the present study.

Mejía *et al.* (2009) observed an increase in soluble solids content in both waxed and untreated “Charleston” tomatoes during the first 6 days of storage at 22°C; values subsequently fell, as they did here. They note that hydrolysis of starch at the start of ripening would prompt an initial increase, while the subsequent decline could result from an increased respiration rate once the product is fully ripe. These authors found that waxing had no significant impact on soluble solids content, whereas here a significant improvement was observed. This disparity in findings may reflect the differing degree of ripeness at treatment application.

Dilmaçunal *et al.* (2011) report that waxed “Bandita” tomatoes displayed a soluble solids content of 4.58% after 16 days’ storage, compared to 4.88% for untreated controls, confirming that waxing is an effective technique for slowing down changes in soluble solids content related to ripening. These authors suggest that a lower respiration rate prompts a reduction in the synthesis and use of metabolites, giving rise to a lower soluble solids content.

Tomatoes in all groups displayed a statistically significant ($P < 0.05$) reduction in maximum shear force (N) during storage at room temperature, indicating a deterioration in texture. Values at day 0 ranged between 11.5 and 11.6 N (immersed in hot water and waxed tomatoes, respectively) and 12.3 N (controls and washed in chlorinated water tomatoes). Significant intergroup differences in maximum shear force values were observed at 6, 9 and 11 days of

storage; the highest values were displayed throughout the study by waxed tomatoes, followed by tomatoes immersed in hot water, tomatoes washed in chlorinated water and finally, controls.

A number of studies report a decrease in tomato firmness during postharvest storage. Kantola and Helén (2001), in a study of “Espero-I class” organic tomatoes packed in biodegradable plastic film and stored at 11C, found that firmness dropped from an initial 4.3 to 2.6 N/mm after 22 days storage.

During ripening, softening is caused by changes in the structure of cellulose, hemicellulose and pectin, the main constituents of plant cell walls (Kantola and Helén 2001). Artés and Artés (2007) suggest that softening in tomatoes during ripening is due to the depolymerization of cell-wall pectins and of the parenchymal middle lamella, prompted largely by the action of a number of polysaccharide hydrolyase enzymes; the most abundant of these, polygalacturonase, is the main cause of depolymerization.

Akbudak *et al.* (2007) evaluated the efficacy of hot water treatment and modified atmosphere packaging (MAP) as means of slowing down the decrease in firmness of “Alona” and “Naomi” tomatoes during storage, noting that softening of tomato structure is due to the direct suppression of the activities of pectin esterase and polygalacturonase enzymes or the blockage of the synthesis of ethylene, which controls the activities of these enzymes, especially with MAP treatment.

Dilmaçunal *et al.* (2011) reported that waxing reduced the loss of firmness in “Bandita” tomatoes during storage with respect to untreated controls. Their results, similar to those obtained here, suggest that waxing is an effective way of limiting loss of tomato firmness during storage.

Tomatoes in all groups exhibited a significant increase in weight loss during postharvest storage. After 11 days storage at room temperature, control-group tomatoes weighed 5.90% less than at the start; weight loss over that period in tomatoes washed in chlorinated water was 4.27%, compared with 4.09% in tomatoes immersed in hot water and 2.95% in waxed tomatoes. Significant intergroup differences were apparent from 3 days storage onwards, the greatest weight loss being displayed by control tomatoes, followed by those washed in chlorinated water, tomatoes immersed in hot water and finally, waxed tomatoes.

Kader (2002b) and Barreiro and Sandoval (2006) note that a tomato may lose up to 10% of its weight due to water loss. Other studies (Kantola and Helén 2001; Hakim *et al.* 2004; Akbudak *et al.* 2007) report a tendency toward weight loss of around 5–6% during postharvest storage at low temperatures. They have also found that application of treatments similar to those tested here reduced weight loss to around 4–5%, as well as delaying the onset of weight loss with respect to untreated controls. Kantola and Helén

(2001) reported weight loss of between 1.7 and 2.7% for waxed “Espero-I class” tomatoes stored at 11C and 80% RH.

Hakim *et al.* (2004), in a study of sliced tomato stored in refrigerated conditions (1C; 90% RH) observed weight loss of between 1.0 and 1.8% after 10 days storage. Akbudak *et al.* (2007) found that dipping in hot water “Alona” and “Naomi” tomatoes reduced weight loss during refrigerated storage (6C; 90% RH) to 8.19% after 28 days, while weight loss in untreated controls over the same period was 12.40%. Nasrin *et al.* (2008) washed “Lalima” tomatoes for 5 min in water containing 200 ppm chlorine and stored them in ambient conditions (20–25C; 70–90% RH); after 20 days storage, control tomatoes exhibited a weight loss of 7.49%, compared with 4.90% for those washed in chlorinated water. Mejía *et al.* (2009) found that waxing reduced weight loss in “Charleston” tomatoes by reducing respiration rates, while Dilmaçunal *et al.* (2011) have reported that by 20 days storage at 20C; 90% RH, waxed “Bandita” tomatoes had lost around 5% of their weight compared with 8% for untreated controls.

CONCLUSIONS

Control tomatoes displayed evident signs of deterioration (softening, exudation and wrinkled surface) by 13 days’ storage; these signs were observed in tomatoes immersed in hot water and tomatoes washed in chlorinated water at 15 days and in waxed tomatoes at 21 days. In all cases, skin color darkened during postharvest storage, although in waxed and chlorine-treated tomatoes an increase in yellow coloring was observed over the first 6 days of storage. Titratable acidity and maximum shear force declined, while weight loss and pH increased, during postharvest storage at room temperature; however, the extent of these changes varied significantly between treatment groups. Waxed tomatoes displayed a decline in pH over the first 6 days of storage. Soluble solids content for all groups increased during the first part of storage, falling thereafter. The results obtained here suggest that waxing, immersion in hot water and washing in chlorinated water slowed down the physical/chemical changes associated with ripening and also delayed the appearance of signs of deterioration. Waxing proved to be the most effective treatment for extending postharvest shelf life from 11 days to 19 days at 30C and 90% RH without impairing quality attributes, may be considered as a low-cost technological alternative, essential in developing countries for maintaining consumer acceptance in horticultural products.

REFERENCES

- AKBUDAK, B., AKBUDAK, N., SENIZ, V. and ERIS, A. 2007. Sequential treatments of hot water and modified atmosphere packaging in cherry tomatoes. *J. Food Qual.* 30, 896–910.

- ARTÉS, F. and ARTÉS, F. 2007. *Tratamientos Postrecolección Del Tomate Fresco. Tendencias E Innovaciones (Postharvest Handling of Fresh Tomato. Trends and Innovations)*, Polytechnic University of Cartagena, Murcia, Spain.
- BABITHA, B. and KIRANMAYI, P. 2010. Effect of storage conditions on the postharvest quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Res. J. Agric. Sci.* 1, 409–411.
- BADUI, S. 2006. *Química De Los Alimentos (Food Chemistry)*, 4th Ed., Pearson Educación, México DF, México.
- BARCO, P., BURABANO, A., MEDINA, M., MOSQUERA, S. and VILLADA, H. 2009. Efecto de recubrimiento natural y cera comercial sobre la maduración del banano (*Musa sapientum*). (Effect of natural and commercial wax coating on banana (*Musa sapientum*) ripening). *Rev. Bio. Agro.* 7, 70–76.
- BARREIRO, J. and SANDOVAL, A. 2006. *Operaciones De Conservación De Alimentos Por Bajas Temperaturas (Low Temperature Preservation Methods for Food)*, Equinoccio, Valle de Sartenejas, Baruta, Venezuela.
- BERBESÍ, M., DÍAZ, R., GUEVARA, L. and TAPIA, M. 2006. Calidad higiénica y patógenos asociados con melones mínimamente procesados expendidos en supermercados (Hygienic quality and pathogenic microorganisms associated with minimally processed melon sold in supermarkets). In *I Simposio Ibero-Americano De Vegetais Frescos Cortados (I Iberoamerican Symposium on Minimally Processed Fruits and Vegetables)* (G. González-Aguilar and M.C. Fabiola-Cuamea, eds.) pp. 47–54, CIAD-México, San Pedro, Brazil.
- CANTWELL, M. 2004. *Fresh Market Tomato. Statewide Uniform Variety Trial Report Field and Postharvest Evaluations*, University of California, South San Joaquin Valley, CA.
- CONTRERAS, A., BERMEJO, A., DEL RÍO, M., PÉREZ, M. and ROJAS, C. 2008. Efecto del quitosano aplicado como recubrimiento en naranjas cv. Valencia. (Effect of chitosan coatings on oranges cv. Valencia). In *Avances En Maduración Y Post-Recolección De Frutas Y Hortalizas (Advances in Postharvest Technology of Fruit and Vegetables)* (R. Oria, J. Val and M. Ferrer, eds.) pp. 348–456, Acribia, Zaragoza, Spain.
- CORDEIRO, A., WILANE, R., ARRAES, M., ELESBÃO, A., MOREIRA, M. and MACHADO, P. 2007. Efeito do tipo de corte nas características físico-químicas e microbiológicas do melão “Cantaloupe” (*Cucumis melo* L. híbrido hy-Mark) mínimamente processado (Effect of type of cutting on the physical chemical and microbiological characteristics of “Cantaloupe” melon (*Cucumis melo* L. Hybrid hy-Mark) minimally processed). *Cienc. Agrotec.* 31, 132–136.
- DILMAÇUNAL, T., KOYUNCU, A., AKTAŞ, H. and BAYINDIR, D. 2011. The effects of several postharvest treatments on shelf life quality of bunch tomatoes. *Not. Bot. Horti. Agrobo.* 39, 209–213.
- EL ASSI, N.M. 2004. Alleviating chilling injury and maintaining quality of tomato fruit by hot water treatment. *Emir. J. Agric. Sci.* 16, 1–7.
- FERREIRA, A., CANET, W., ÁLVAREZ, M. and TORTOSA, M. 2006. Freezing, thawing and cooking effects on quality profile assessment of green beans (cv. *Win*). *Eur. Food. Res. Technol.* 223, 433–445.
- FLORES, K., SÁNCHEZ, M., PÉREZ, D., GUERRERO, J. and GARRIDO, A. 2009. Feasibility in NIRS instruments for predicting internal quality in intact tomato. *J. Food Eng.* 91, 311–318.
- HAKIM, A., AUSTIN, M., BATAL, D., GULLO, S. and KHATOON, M. 2004. Quality of fresh-cut tomatoes. *J. Food Qual.* 27, 195–206.
- HALL, D. 1989. Postharvest treatment of Florida fresh market tomatoes with fungicidal wax to reduce decay. *Proc. Fla. State. Hort. Soc.* 102, 365–367.
- KADER, A.A. 2002a. Postharvest biology and technology: An overview. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, 3rd Ed., (A.A. Kader, ed.) pp. 39–47, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California.
- KADER, A.A. 2002b. Quality and safety factors: Definition and evaluation for fresh horticultural crops. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, 3rd Ed., (A.A. Kader, ed.) pp. 279–285, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, CA.
- KANTOLA, M. and HELÉN, H. 2001. Quality changes in organic tomatoes packaged in biodegradable plastic films. *J. Food Qual.* 24, 167–176.
- LAMÚA, M. 2000. *Aplicación Del Frío A Los Alimentos (Food Refrigeration)*, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, Spain.
- LURIE, S. 1998. Postharvest heat treatments. A review. *Postharvest Biol. Technol.* 14, 257–269.
- MEJÍA, S., VEGA, M., VALVERDE, J., LÓPEZ, J. and CARO, J. 2009. Effect of wax application on the quality, lycopene content and chilling injury of tomato fruit. *J. Food Qual.* 32, 735–746.
- NASRIN, T., MOLLA, M., ALAMGIR, M., ALAM, M. and YASMIN, L. 2008. Effect of postharvest treatments on shelf life and quality of tomato. *Bangladesh J. Agr. Res.* 33, 579–585.
- NÚÑEZ, M. 1996. *Modelo Matemático para Predecir la Maduración del Tomate Lycopersicon esculentum (cv. “España”) a Diferentes Condiciones de Almacenamiento (A Mathematical Model for Predicting Ripening in Tomato Lycopersicon esculentum (cv. “España”) under Different Storage Conditions*. Master Degree Thesis. Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Boca del Río, Venezuela.
- OECD (ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT) 1998. *Régimen de la OCDE para la Aplicación de Normas Internacionales Relacionadas con Frutas y Hortalizas (OCDE Scheme for the Application of International Standards for Fruit and Vegetables)*. <http://www.oecd.org/dataoecd/53/58/32022743.pdf> (accessed January 17, 2013).
- OLUWATOSIN, I., MINNAAR, A. and BUYS, E. 2011. Effect of attachment time followed by chlorine washing on the survival

of inoculated *Listeria monocytogenes* on tomatoes and spinach. *J. Food Qual.* 34, 133–141.

QUIJADA, M. 2002. *Efecto del Tiempo de Cosecha, del Tratamiento con Parafina y del Empacado Individual en Bolsas de Plástico, en la Textura y el Color del Tomate Margariteño (L. esculentum cv. "España")* (Effect of Harvesting Time,

Paraffin Treatment and Packaging in Plastic Bags in the Texture and Color of Margariteño Tomato (L. esculentum cv. "España"). Degree Thesis. Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Boca del Río, Venezuela.