



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE POSTGRADO

**EFFECTO DE LA COMBINACIÓN DEL TRATAMIENTO
HIDROTÉRMICO Y DE ATMÓSFERAS EN LA CALIDAD Y VIDA
ÚTIL DEL TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) MÍNIMAMENTE
PROCESADO**

Tesis para optar al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias

HUMBERTO RUÍZ MEJÍA

Director de Tesis

VÍCTOR HUGO ESCALONA CONTRERAS

Profesores consejeros

LUIS LUCHSINGER LAGOS

RICARDO PERTUZÉ CONCHA

SANTIAGO - CHILE

2019

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

EFECTO DE LA COMBINACIÓN DEL TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO Y DE
ATMÓSFERAS EN LA CALIDAD Y VIDA ÚTIL DEL TOMATE (*Solanum*
lycopersicum L.) MÍNIMAMENTE PROCESADO

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al Grado de Magíster en
Ciencias Agropecuarias

HUMBERTO RUÍZ MEJÍA

	Calificaciones
DIRECTOR DE TESIS	
Víctor Hugo Escalona Contreras	6,5
Ingeniero Agrónomo, Dr.	
PROFESORES CONSEJEROS	
Luis Luchsinger Lagos	6,6
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	
Ricardo Pertuzé Concha	6,4
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	

Santiago, Chile
2019

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

Mis agradecimientos al grupo de trabajo del Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) de la Universidad de Chile, por recibirme y por estar dispuestos siempre a ayudarme en todo lo necesario en la realización de mi tesis, en especial a los profesores Víctor Escalona y Luis Luchsinger de los cuales aprendí a buscar el “por qué” de los fundamentos teóricos y su aplicación en la postcosecha.

Agradezco al Sr. Eduardo Atala Godoy por facilitarme el material vegetal utilizado en los ensayos, de igual forma, a la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) por financiar mi tesis por medio del proyecto “Convocatoria Regional de Proyectos de Innovación de Hortalizas de Exportación Región de O’Higgins 2016”. También agradezco, a la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID) y a la Universidad de El Salvador por financiar la beca de estudio de magíster.

Agradezco a la Sra. Jeannette Piza por sus consejos y gestiones a lo largo del proceso de formación del magíster. También a Carla Valladares, Julio Correa y Walter Valdebenito por estar siempre animándome y brindándome su colaboración en el desarrollo de esta tesis.

Finalmente agradezco a mi esposa e hijas, a mis hermanos y mis padres por su apoyo y ánimo para aclarar mis pensamientos y tomar las decisiones correctas para seguir adelante y cumplir mis metas, por ello esta tesis se las dedico a ustedes.

*“La medida de la inteligencia es
la capacidad de cambiar”*

*“Nunca consideres el estudio como
una obligación, sino como la oportunidad
para penetrar en el bello y maravilloso
mundo del saber”*

Albert Einstein

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. HIPÓTESIS	3
3. OBJETIVOS	3
4. MATERIALES Y MÉTODOS	4
4.1. Ubicación del estudio	4
4.2. Material vegetal	4
4.3. Tratamientos y diseño experimental	4
4.4. Manejo del experimento	5
4.4.1. Caracterización del material vegetal	6
Tamaño.	6
Peso.....	7
Color	7
Firmeza.	7
Acidez titulable.....	7
Concentración de sólidos solubles totales (SST).....	7
4.4.2. Lavado de frutos enteros	7
4.4.3. Tratamiento hidrotérmico	8
4.4.4. Mínimo proceso	9
4.4.5. Almacenamiento en distintas atmósferas	9
4.5. Variables evaluadas en los ensayos	10
4.5.1. Tasa respiratoria (TR) y tasa de producción de etileno (TPE) de frutos enteros y rodajas sometidas a tratamiento hidrotérmico.....	10
4.5.2. Tasa respiratoria y tasa de producción de etileno de rodajas almacenadas en distintas atmósferas.....	11
4.5.5. Pérdida de peso	12
4.5.6. Color de pulpa.....	12
4.5.7. Firmeza	12
4.5.8. Acidez titulable (AT)	13
4.5.9. Sólidos solubles totales (SST)	13
4.5.10. Concentración de fenoles totales (CFT)	13
4.5.11. Capacidad antioxidante total (CAT)	14
4.5.12. Recuento microbiológico en rodajas de tomate	14
4.5.13. Evaluación sensorial de rodajas de tomate	15
4.6. Análisis estadístico	16
5. RESULTADOS	17
5.1. Ensayo 1.....	17
5.1.1. Caracterización de frutos enteros y rodajas	17
5.1.2. Monitoreo de la concentración de gases en el sistema de atmósferas	17
5.1.3. Evolución de la tasa respiratoria (TR) en aire de frutos enteros y rodajas sometidos a tratamiento hidrotérmico.....	19
Tomate entero	19
Rodajas de tomate.....	20
5.1.4. Evolución de la tasa respiratoria (TR) en las distintas atmósferas de almacenamiento	20

5.1.5. Evolución de la tasa de producción de etileno (TPE) en frutos enteros y rodajas sometidos a tratamiento hidrotérmico	21
Tomate entero	21
Rodajas de tomate.....	22
5.1.6. Evolución de la tasa de producción de etileno (TPE) en las distintas atmósferas de almacenamiento.....	23
5.1.7. Pérdida peso	24
5.1.8. Luminosidad (L*)	25
5.1.9. Croma (C)	26
5.1.10. Tono (ángulo Hue).....	27
5.1.11. Firmeza	28
5.1.12. Sólidos solubles totales (SST)	29
5.1.13. Acidez titulable (AT)	30
5.2. Ensayo 2.....	31
5.2.1. Caracterización de frutos enteros y rodajas	31
5.2.2. Monitoreo de la concentración de gases en el sistema atmósferas	31
5.2.3. Evolución de la tasa respiratoria (TR) en aire de frutos enteros y rodajas sometidos a tratamiento hidrotérmico.....	32
Tomate entero	32
Rodajas de tomate.....	33
5.2.4. Evolución de la tasa respiratoria (TR) en las distintas atmósferas de almacenamiento	34
5.2.4. Evolución de la tasa de producción de etileno (TPE) en aire de frutos y rodajas sometidos a tratamiento hidrotérmico.....	35
Tomate entero	35
Rodajas de tomate.....	36
5.2.5. Evolución de la tasa de producción de etileno (TPE) en las distintas atmósferas de almacenamiento.....	36
5.2.6. Pérdida de peso	37
5.2.7. Luminosidad (L*)	38
5.2.8. Croma (C)	39
5.2.9. Tono (ángulo Hue).....	40
5.2.10. Firmeza	41
5.2.11. Sólidos solubles totales (SST)	42
5.2.12. Acidez titulable (AT)	43
5.2.13. Recuento de aerobios mesófilos.....	44
5.2.14. Recuento de psicrófilos.....	45
5.2.15. Recuento de enterobacterias.....	46
5.2.16. Recuento de hongos y levaduras (H y L).....	47
5.2.17. Concentración de fenoles totales (CFT)	49
5.2.18. Capacidad antioxidante total (CAT)	50
5.2.19. Evaluación sensorial de apariencia en rodajas de tomate	51
5.2.20. Evaluación sensorial de color de pulpa en rodajas de tomate.....	52
5.2.21. Evaluación sensorial de translucidez de pulpa en rodajas de tomate.....	53
5.2.22. Evaluación sensorial de dureza al morder en rodajas de tomate.....	54
5.2.23. Evaluación sensorial de sabor extraño en rodajas de tomate	55
6. DISCUSIÓN	56

7. CONCLUSIONES	65
8. LITERATURA CITADA.....	66
9. ANEXOS	74
10. APÉNDICE.....	76

Índice de cuadros

pág.

Cuadro 1. Detalle de las distintas atmósferas controladas (AC) y tratamientos hidrotérmicos (TH) aplicados a rodajas de tomate 'Yolibell'.	5
Cuadro 2. Medios de cultivos y condiciones de incubación para el crecimiento de microorganismos.	15
Cuadro 3. Caracterización inicial de tomates 'Yolibell' enteros y rodajas seleccionados como materia prima.	17
Cuadro 4. Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) de rodajas de tomate 'Yolibell' almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	21
Cuadro 5. Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) de rodajas de tomate 'Yolibell' almacenadas en distintas atmósferas a 5 °C.	24
Cuadro 6. Pérdida de peso (%) de rodajas de tomate 'Yolibell' sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenamiento en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	25
Cuadro 7. Luminosidad (L^*) de rodajas de tomate 'Yolibell' sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	26
Cuadro 8. Croma (C) de rodajas de tomate 'Yolibell' sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 a 5 °C.	27
Cuadro 9. Valores de tono (ángulo Hue) de rodajas de tomate 'Yolibell' sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	28
Cuadro 10. Firmeza (N) de rodajas de tomate 'Yolibell' sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	29
Cuadro 11. Sólidos solubles totales (%) de rodajas de tomate 'Yolibell' sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	30
Cuadro 12. Caracterización inicial de tomates 'Yolibell' enteros y rodajas seleccionados como materia prima.	31
Cuadro 13. Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) de rodajas de tomate 'Yolibell' almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	34
Cuadro 14. Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) de rodajas de tomate 'Yolibell' almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	37
Cuadro 15. Pérdida de peso (%) de rodaja de tomate 'Yolibell' sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	38
Cuadro 16. Tono (ángulo Hue) de rodajas de tomate 'Yolibell' sometidas a tratamiento hidrotérmico y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	41

Cuadro 17.	Firmeza (N) de rodajas de tomate ‘Yolibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	.....	42
Cuadro 18.	Sólidos solubles totales (%) de rodajas de tomate ‘Yolibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	.....	43
Cuadro 19.	Acidez titulable (% de ácido cítrico) de rodajas de tomate ‘Yolibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	.....	44
Cuadro 20.	Recuento de aerobios mesófilos (log UFC g ⁻¹) de rodajas de tomate ‘Yolibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	.....	45
Cuadro 21.	Recuento de bacterias psicrófilas (log UFC g ⁻¹) de rodajas de tomate ‘Yolibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	.....	46
Cuadro 22.	Recuento de enterobacterias (log UFC g ⁻¹) de rodajas de tomate ‘Yolibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	.....	47
Cuadro 23.	Recuento de hongos y levaduras (log UFC g ⁻¹) de rodajas de tomate ‘Yolibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	.....	48
Cuadro 24.	Capacidad antioxidante total (mg ET·100 g ⁻¹ PF) de rodajas de tomate ‘Yolibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	.....	50
Cuadro 25.	Sensorial de color de pulpa en rodajas de tomate ‘Yolibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	.....	53
Cuadro 26.	Sensorial de traslucidez en rodajas de tomate ‘Yolibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	.....	54
Cuadro 27.	Sensorial de sabor extraño en rodajas de tomate ‘Yolibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C.	.....	55

Índice de figuras		pág.
Figura 1.	Estados de madurez de frutos de tomate var. Yollibell.	..... 4
Figura 2.	Diagrama de procesamiento y manipulación de tomate 'Yollibell' cortado en rodajas y almacenadas en distintas atmósferas controladas.	..... 6
Figura 3.	Inmersión de frutos en solución desinfectante (A) y escurrido de frutos sobre mallas de acero inoxidable (B).	..... 8
Figura 4.	Aplicación del tratamiento hidrotérmico a tomates enteros. (A) monitoreo de la temperatura del agua, (B) inmersión de frutos durante 5 min y (C) extracción de frutos al finalizar el tratamiento térmico.	..... 8
Figura 5.	Frutos de tomate cortados en rodajas (A) y envasado en bandejas plásticas recubiertas con bolsa perforada (B).	..... 9
Figura 6.	Montaje de bandejas en el interior de recipientes (A) y conexión de los recipientes al flujo de las atmósferas (B).	..... 9
Figura 7.	Esquema de almacenamiento en atmósfera controlada a 5 °C para rodajas de tomate 'Yollibell'. (1): Cilindro de CO ₂ ; (2): compresor de aire; (3): filtro de permea; (4): panel mezclador de gases; (5): humidificador; (6): válvulas dosificadoras de flujo; (7): columna de agua.	..... 10
Figura 8.	Frascos plásticos utilizados para la medición de tasa respiratoria y tasa de producción de etileno de tomates enteros y rodajas.	..... 11
Figura 9.	Toma de lecturas de color sobre tabiques de rodajas (A). Puntos amarillos en la fotografía indican la zona de medición (B).	..... 12
Figura 10.	Medición de firmeza en tabiques de rodajas de tomate.	..... 13
Figura 11.	Rodajas de tomate 'Yollibell' utilizadas para análisis sensorial.	..... 15
Figura 12.	Evolución de la concentración de gases en el interior de recipientes según cada atmósfera en estudio. Aire: 21 % O ₂ + 0 % CO ₂ (A), 5 % O ₂ + 5 % CO ₂ (B) y 5 % O ₂ + 10 % CO ₂ (C).	..... 18
Figura 13.	Evolución de la tasa respiratoria (mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹) en aire de frutos de tomate 'Yollibell' entero sometidos a tratamiento hidrotérmico y almacenados durante 12 días a 5 °C.	..... 19
Figura 14.	Evolución de la tasa respiratoria (mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹) en aire de rodajas de tomate 'Yollibell' sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas durante 12 días a 5 °C.	..... 20
Figura 15.	Evolución de la tasa de producción de etileno (μL C ₂ H ₄ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹) en aire de tomates 'Yollibell' enteros sometido a tratamiento hidrotérmico y almacenados durante 12 días a 5 °C.	..... 22
Figura 16.	Evolución de la tasa de producción de etileno (μL C ₂ H ₄ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹) en aire de rodajas de tomates 'Yollibell' sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas durante 12 días a 5 °C.	..... 23
Figura 17.	Evolución de la concentración de gases en el interior de recipientes según cada atmósfera en estudio. Aire: 21 % O ₂ + 0 % CO ₂ (A), 5 % O ₂ + 5 % CO ₂ (B) y 5 % O ₂ + 10 % CO ₂ (C).	..... 32

Figura 18.	Evolución de la tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en aire de tomates ‘Yollibell’ enteros sometidos a tratamiento hidrotérmico y almacenados durante 12 días a 5 °C.	.....	33
Figura 19.	Evolución de la tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en aire de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas al tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas durante 12 días a 5 °C.	.....	34
Figura 20.	Evolución de la tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en aire de frutos de tomates ‘Yollibell’ enteros sometidos a tratamiento hidrotérmico y almacenados durante 12 días a 5 °C.	.....	35
Figura 21.	Evolución de la tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en aire de rodaja de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas durante 12 días a 5 °C.	.....	36
Figura 22.	Evolución de luminosidad (L^*) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte (A) y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C (B).	.....	39
Figura 23.	Evolución del croma (C) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte (A) y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C (B).	.....	40
Figura 24.	Evolución de la concentración de fenoles totales ($\text{mg AG} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{PF}$) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte (A) y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C (B).	.....	49
Figura 25.	Evolución de la apariencia de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmicas antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas a 5 °C en los días 3 y 12 posterior al procesamiento.	.....	51

RESUMEN

El tomate mínimamente procesado (MP) es una alternativa de valor agregado para la comercialización de frutos enteros. Sin embargo, este tipo de presentación posee una vida útil corta. Se considera que la aplicación de tratamiento térmico y la modificación de la atmósfera del entorno, alarga la conservación de hortalizas MP. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación del tratamiento hidrotérmico (TH) de 10, 40 y 55 °C antes del corte, combinado con atmósferas de 5 % O₂ + 5 y 10 % CO₂, y aire como testigo, sobre la calidad sensorial, microbiana, funcional y vida útil de rodajas de tomate almacenadas durante 12 días a 5 °C. En la investigación se realizaron dos ensayos independientes, en donde se aplicaron los TH por 5 min de inmersión a frutos enteros, 24 horas antes del corte. Posteriormente se colocaron en bandejas plásticas y se almacenaron en las distintas atmósferas. En ambos ensayos se evaluó la pérdida de peso, color, firmeza, sólidos solubles, acidez titulable, fenoles totales, capacidad antioxidante, producción de etileno, actividad respiratoria, recuento microbiano y análisis sensorial. Los resultados obtenidos muestran que la aplicación de TH de 55 °C antes del corte y atmósfera de 5 % de O₂ +10 % de CO₂ generó un efecto significativo en disminuir la actividad respiratoria, producción de etileno y pérdida firmeza. Por el contrario, la concentración de fenoles totales y capacidad antioxidante se incrementó en los primeros 3 días de almacenamiento. En cuanto al análisis sensorial, las rodajas tratadas con TH 10 °C y almacenadas en atmósfera de aire presentaron los menores puntajes de apariencia, dureza al morder y mayores en traslucidez. Rodajas almacenadas en atmósferas de 5 % O₂ y 10 % CO₂ presentaron los menores recuentos de bacterias mesófilas, psicrófilas, enterobacterias, hongos y levaduras durante 9 días a 5 °C.

Palabras claves: Atmósferas, Calidad sensorial, Tratamiento térmico.

ABSTRACT

The tomato minimally processed (MP) is a value-added alternative for whole fruits into the market. However, this type of product has a short shelf life. It is considered that the application of heat treatment and the modification of the atmosphere prolong the shelf life of MP vegetables. The objective of this study was to evaluate the effect of the application of heat treatment (HT) by immersion in water at 10, 40 and 55 °C before cutting, combined with atmospheres of 5 % O₂ + 5 and 10 % CO₂ and air as control, on sensory, microbial, functional parameters for 12 days at 5 °C. Two independent trials were carried out. For 5 min, fruit were immersed into water at different temperatures, 24 hours before cutting. Later the fruit was cut in slices and placed in plastic trays and stored under different atmospheres. In both trials weight loss, color, firmness, soluble solids, titratable acidity, total phenols, antioxidant capacity, ethylene production, respiratory activity, microbial counts and sensory analysis were evaluated. The results showed that TH at 55 °C and a storage in 5 % O₂ + 10 % CO₂ decreased respiratory activity, ethylene production and firmness losses. On the contrary, total phenols and antioxidant capacity increased in the first 3 days of storage. Slices treated with TH 10 °C and stored in air atmosphere showed the lowest visual appearance, hardness when biting and translucency scores. Slices stored in atmospheres of 5 % O₂ and 10 % CO₂ had the lowest mesophilic, psychophilic bacteria, enterobacteria, mold and yeast counts for 9 days at 5 °C.

Keywords: Atmosphere, Sensory quality, Thermal treatment.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las hortalizas de fruto de mayor consumo es el tomate, por su versatilidad de uso en distintos platillos y ensaladas (Capanoglu *et al.*, 2010). Tradicionalmente esta hortaliza es comercializada como fruto entero, pero en la actualidad existe una demanda de productos más convenientes y listos para el consumo, siendo una oportunidad de mercado en el segmento de los productos frescos (Siddiqui *et al.*, 2011). En ese sentido, una de las opciones innovadoras de comercialización de hortalizas es mínimamente procesada (MP) (Linus y Al-Ani, 2010). Los productos MP se definen como frutas y hortalizas lavadas, sanitizadas, cortadas o peladas y que posteriormente se envasan y almacenan bajo condiciones de refrigeración, garantizando la conservación de las características sensoriales de consumo por un periodo de 7 a 14 días (Lamikanra y Watson, 2007). La aceptación de estos productos se atribuye a los cambios en el estilo de vida de los consumidores y a la conciencia por dietas más saludables (Oms-Oliu *et al.*, 2010; Pasha *et al.*, 2014). Sin embargo, existe un limitado número de hortalizas ofertadas bajo esta modalidad debido a que el procesamiento disminuye su período de vida útil en relación al mismo producto sin procesar (Hussein *et al.*, 2015). Según Hodges y Toivonen (2008) consideran como indicadores del impacto del estrés abiótico producido en el procesamiento la decoloración, aumento de la respiración y la evolución de la producción etileno, pérdida de sabor y textura, pérdida de peso, disminución de componentes nutricionales, desarrollo de olores desagradables, rotura de la membrana y ablandamiento de tejidos. Además, las hortalizas sometidas al procesamiento son susceptibles a una mayor proliferación de microorganismos debido a la liberación de sustratos durante el corte lo que limita su vida útil (Callejón *et al.*, 2015).

Por otra parte, la producción de etileno se estimula cuando los tejidos son cortados (Kader, 2002). Como consecuencia de lo anterior, se genera un incremento de actividad respiratoria de forma inducida (Toivonen y Brummell, 2008), que acelera la degradación de los carbohidratos, ácidos, proteínas y grasas contenidas en el fruto (Ravindra y Goswami, 2008). La velocidad de esta reacción depende del tipo de fruto, estado de madurez, estrés provocado por el corte, atmósfera de su entorno y la temperatura de almacenamiento (Gómez *et al.*, 2008). Se calcula que los frutos cortados presentan un incremento en la tasa de respiración de 2 a 7 veces más que frutos enteros, lo que tiene como consecuencia la reducción significativa de su vida útil (Lee y Kader, 2000). La medición de la tasa de respiración en los productos frescos, es un parámetro que determina la actividad metabólica de los tejidos y su disminución está directamente relacionada con la conservación de éstos (Sousa *et al.*, 2017). Se considera que la aplicación de bajas temperaturas, estrés térmico y la modificación de atmósferas permiten la reducción de la actividad respiratoria que favorece un mayor periodo de vida útil (Artés *et al.*, 2009). La exposición a temperaturas bajas (0 a 5 °C) disminuye considerablemente el estrés provocado por el corte, lo que es reconocido como uno de los principales factores en la conservación de la calidad de las hortalizas MP (Artés y Allende, 2005). Estas condiciones de temperatura pueden causar daños por frío en frutos de tomate enteros, ya que difiere con la temperatura óptima de almacenamiento (10 a 12 °C). Para disminuir el daño por frío se ha estudiado la aplicación del tratamiento térmico de inmersión en agua caliente sobre frutas y hortalizas a temperaturas moderadas (40 y 70 °C) logrando la expresión de proteínas de estrés térmico (Lara *et al.*, 2009). La inducción del estrés

desencadena respuestas fisiológicas en los tejidos, que permiten retrasar los procesos metabólicos promoviendo la resistencia a daños por frío y además reducen el ataque de microorganismos (Lurie y Tonutti, 2014). Sin embargo, el tiempo de exposición del tratamiento térmico depende del tamaño del fruto y de la sensibilidad de los tejidos (Shellie y Mangan, 2002). Ensayos realizados por Jing *et al.* (2009) demostraron que la inmersión de tomates cherry enteros en agua caliente a 40 °C por 15 min aumentó la tolerancia al estrés por frío cuando se almacenaron a 5 °C durante 19 días, mostrando pocos daños sobre el pericarpio y baja fuga de electrolitos.

Por otra parte, la exposición a atmósferas distintas al aire ambiental durante el almacenaje de frutas y hortalizas reduce las reacciones metabólicas y favorece la extensión en la vida útil del producto (Jalali *et al.*, 2017). Además, se considera una técnica complementaria a la refrigeración que genera sinergia en la conservación de frutos enteros y cortados (Fagundes *et al.*, 2015). La modificación de atmósferas se divide en dos tipos, las atmósferas controladas (AC) y el envasado en atmósfera modificada (EAM) (Sousa *et al.*, 2016). Ambas técnicas se fundamentan en el principio de que una menor concentración de O₂ y/o una mayor de CO₂ respecto a la del aire (21 % O₂ + 0,035 % CO₂) generan un efecto directo en la reducción de la tasa de respiración de los vegetales (Artés *et al.*, 2006). La diferencia entre éstas radica en el control de la concentración de gases, que bajo las AC se asegura que las proporciones de gases se mantengan desde el inicio hasta el final del almacenamiento refrigerado (Sousa *et al.*, 2016). En este sentido, el uso de AC de 5 kPa O₂ y 5 kPa CO₂ en tiras de pimiento disminuyó el deterioro y la fuga de electrolitos durante 10 días a 5 °C (Rodoni *et al.*, 2015). Efectos similares se observaron empleando AC de 5 kPa O₂ y 3 kPa CO₂ en tomate entero almacenado a 13 °C y 85 % de HR, mostrando mayor firmeza y retraso en el proceso de maduración (Majidi *et al.*, 2014). Las concentraciones de O₂ y CO₂ probadas en AC son tomadas como referencia en el diseño de películas plásticas para envases de atmósfera modificada (Iqbal *et al.*, 2009). En este sentido, se han realizado ensayos aplicando atmósferas de distintas concentraciones de O₂ y CO₂ en el envasado de películas plásticas, logrando tener beneficios en la conservación de frutas y hortalizas cortadas (Jalali *et al.*, 2017). En tomate cv. Calibra cortado en rodajas y envasado en bandejas de polipropileno con una atmósfera inicial de 3 kPa O₂ y 4 kPa CO₂ alcanzaron buena apariencia y mantuvieron el color y firmeza durante 7 días a 5 °C (Aguayo *et al.*, 2004).

La efectividad del EAM depende de varios factores como la permeabilidad de la película plástica hacia los gases, respiración del producto y temperatura de almacenamiento, con lo que busca alcanzar una atmósfera en equilibrio lo más rápido posible, sin crear anoxia o excesivas concentraciones de CO₂ (Mangaraj *et al.*, 2009). Por lo anterior, Bodbodak y Moshfeghifar (2016) consideran que los resultados de las investigaciones realizadas sobre el uso de EAM en frutos cortados son muy variables, al no existir un control de las concentraciones de gases en el interior del envase durante el almacenamiento.

Hasta la fecha, las investigaciones de almacenamiento en tomate cortado son reducidas y los resultados obtenidos mediante la aplicación de EAM registran periodos cortos de vida útil (Sousa *et al.*, 2017). Así mismo, los datos reportados en investigaciones extranjeras consideran cultivares de tomate que no se producen en Chile por lo que, es necesario realizar investigaciones en cultivares producidas localmente, para evaluar la respuesta de éstos a la aplicación de TH y almacenamiento en distintas atmósferas.

2. HIPÓTESIS

La aplicación del tratamiento hidrotérmico en combinación con atmósferas controladas mantienen la calidad sensorial, microbiológica, funcional y vida útil del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) mínimamente procesado durante 12 días de almacenamiento.

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar el efecto combinado del tratamiento hidrotérmico y la aplicación de atmósferas controladas sobre el mantenimiento de la calidad y vida postcosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) mínimamente procesado.

Objetivos específicos

Evaluar la actividad metabólica de las rodajas de tomate posterior al tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenamiento en distintas atmósferas controladas.

Evaluar el efecto combinado del tratamiento hidrotérmico y del almacenamiento en atmósferas controladas, en el mantenimiento de los parámetros de calidad y vida útil de rodajas de tomate.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del estudio

Se realizaron ensayos en el laboratorio del Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, localizados geográficamente a 32° 40' latitud sur y 70° 32' longitud oeste y altitud de 625 m.s.n.m, en la comuna de La Pintana (Región Metropolitana, Santiago de Chile).

4.2. Material vegetal

Se emplearon frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de la variedad Yolibell cultivados en un invernadero con paredes de malla anti-insectos y techo de plástico con tratamiento anti-UV en la zona de Peumo de la Región de O'Higgins (Chile).

Los tomates se cosecharon en un estado de color “rojo claro” (Figura 1) asociado a un grado 5 de madurez según la carta de color USDA (1997). Los frutos se colocaron en cajas plásticas previamente desinfectadas y se transportaron en un automotor cerrado en condiciones de temperatura ambiente, hacia las instalaciones del CEPOC, en donde se realizó la selección de los frutos según la uniformidad de color, peso (240 - 250 g) y se descartaron aquellos que presentaron lesiones por golpes, rozaduras y otros defectos. Posteriormente se almacenaron a 10 °C y 85 % de HR por dos días hasta aplicar los tratamientos.



Figura 1. Estados de madurez de frutos de tomate var. Yolibell. El recuadro indica la madurez seleccionada para los ensayos.

4.3. Tratamientos y diseño experimental

Se realizaron dos ensayos similares con el objetivo de validar los resultados. El primer ensayo se realizó del 7 al 18 de julio y el segundo del 28 julio al 9 de agosto de 2018. Los ensayos

se establecieron bajo un diseño completamente aleatorizado con estructura de parcela dividida, con tres repeticiones por tratamiento. El primer factor correspondió a la aplicación de atmósferas con distinto porcentaje (%) de O₂ + CO₂ (21+ 0; 5 + 5 y 5 + 10) considerada como parcela principal. El segundo factor fue el tratamiento hidrotérmico (10, 40 y 55 °C durante 5 min), que se delimitó como subparcela.

En los ensayos se evaluaron 9 tratamientos (cuando se determinó interacción entre los factores) dados por la combinación de los niveles de cada factor (Cuadro 1). La unidad experimental correspondió a una bandeja con 5 rodajas de tomate (150 - 200 g por bandeja) en donde se delimitó como unidad de observación 3 rodajas, sobre las cuales se realizaron las mediciones.

Cuadro 1. Detalle de las distintas atmósferas controladas (AC) y tratamientos hidrotérmicos (TH) aplicados a rodajas de tomate ‘Yollibell’.

Tratamiento	Atmósferas controlada % O ₂ + % CO ₂	Tratamiento hidrotérmico (°C)
T1	AC1 (21 + 0)	10
T2	AC2 (5 + 5)	10
T3	AC3 (5 + 10)	10
T4	AC1 (21 + 0)	40
T5	AC2 (5 + 5)	40
T6	AC3 (5 + 10)	40
T7	AC1 (21 + 0)	55
T8	AC2 (5 + 5)	55
T9	AC3 (5 + 10)	55

Para evaluar la actividad metabólica de frutos enteros y rodajas sometidos a tratamiento hidrotérmico se realizó paralelamente un ensayo, en donde se evaluaron las temperaturas de inmersión de 10, 40 y 55 °C por 5 min de tomates enteros y rodajas. Para lo anterior se estableció un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue un tomate entero de peso aproximado de 250 ± 5 g y el equivalente de un fruto cortado en rodajas en el interior de un recipiente plástico de 1.000 mL.

4.4. Manejo del experimento

La manipulación del material vegetal se realizó dentro de una sala de proceso, sanitizada con una solución de hipoclorito de sodio de 150 mg L⁻¹ y acondicionada a 10 °C y 85 % HR, de acuerdo a lo propuesto por Aguayo *et al.* (2004). Las etapas del procesamiento se describen en el diagrama de flujo para productos MP (Figura 2). Además, se utilizó delantal, guantes, mascarilla y cofia durante el procesamiento.

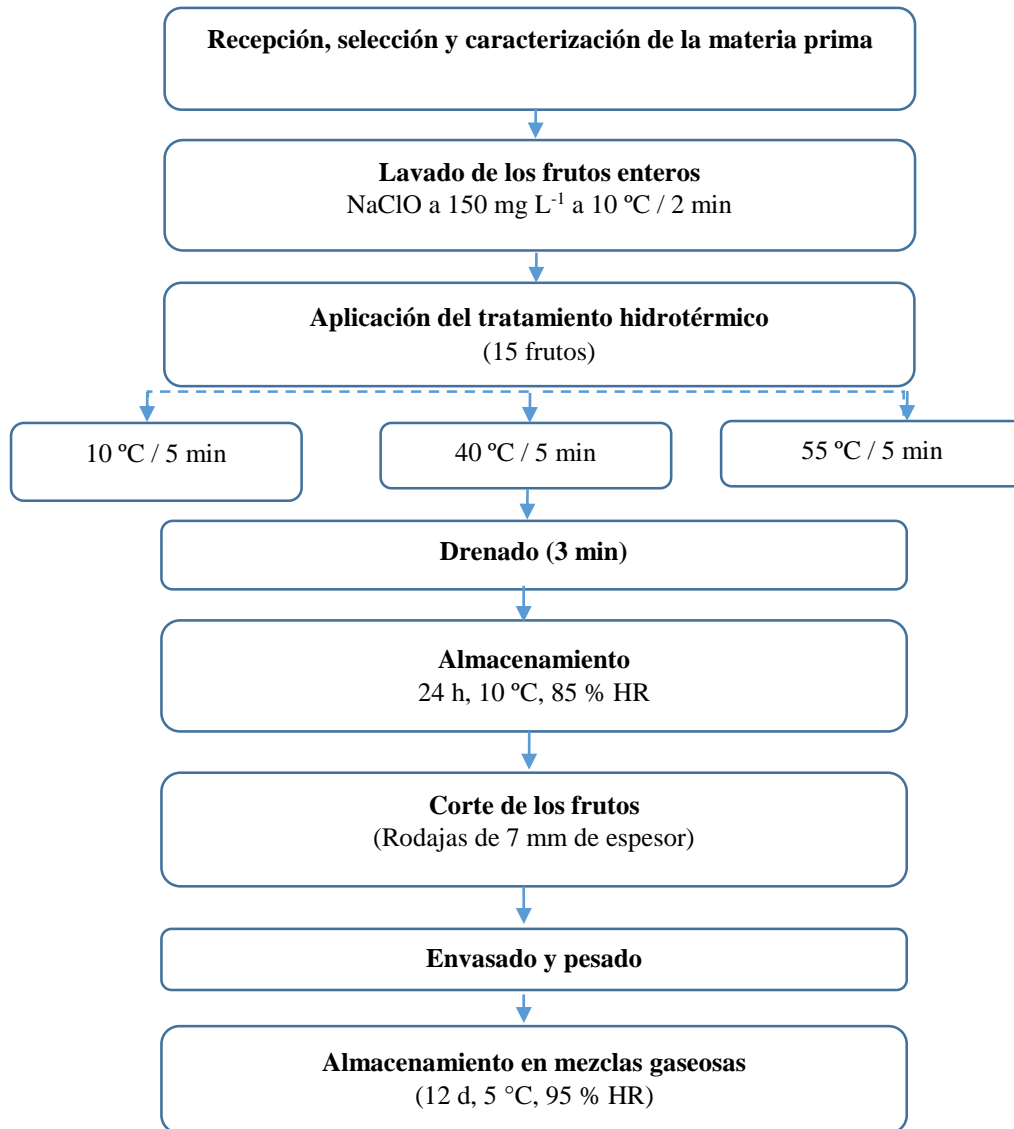


Figura 2. Diagrama de procesamiento y manipulación de tomate ‘Yollibell’ cortado en rodajas y almacenado en distintas atmósferas controladas.

4.4.1. Caracterización del material vegetal

Previo al procesamiento, se llevó a cabo una selección y caracterización de la fruta, tomando una muestra representativa de 10 tomates al azar, a los cuales se les determinó individualmente las siguientes variables.

Tamaño. Se determinó mediante un pie de metro con el cual se midió el diámetro en la zona ecuatorial y polar de cada fruto. Los valores se expresaron en centímetros (cm).

Peso. Fue determinado con una balanza electrónica con dos decimales de precisión (Ohaus modelo SC 6010, EE.UU.). Los resultados se expresaron en gramos (g).

Color. Se determinó el parámetro de color en cada fruto midiendo en tres puntos equidistantes sobre la zona ecuatorial. La medición se realizó con un colorímetro triestímulo (Konica, CM- 2500D, Japón), con una fuente iluminante D_{65} y un ángulo observador de 10° . El equipo fue calibrado mediante los estándares blanco y negro. Para las mediciones se utilizó el sistema CIELab (McGuire, 1992) en donde el color se expresó como luminosidad (L^*), croma (C) y tono (ángulo Hue) (Koukounaras *et al.*, 2008).

Firmeza. Se midió en los frutos seleccionados mediante un analizador de textura (TA XT Express, Stable Micro Systems, Reino Unido) utilizando una sonda de 5 mm de diámetro, a una velocidad de $2,0 \text{ mm s}^{-1}$ y una distancia de penetración de 15 mm. Las mediciones se realizaron en tres puntos equidistantes en la zona ecuatorial, removiendo previamente la piel del fruto en cada punto de medición. Las lecturas fueron obtenidas mediante el Software Exponet Lite Express Versión 6,1. Los resultados se definen como la fuerza máxima de resistencia a la penetración en la pulpa expresada Newton (N).

Acidez titulable. Se determinó por separado en el jugo extraído de cada fruto seleccionado, mediante un extractor (Sindele, EX7050BL, EE.UU.). Para cada medición se utilizó una muestra de 5 mL que fue aforada con agua destilada, hasta obtener un volumen de 150 mL. Posteriormente se realizó la titulación, agregando NaOH 0,1 N hasta la neutralización del ácido orgánico a un pH 8,2 - 8,3 medido a través de un potenciómetro (Hanna pH21, EE.UU.). Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico (%).

sólidos solubles totales (SST). Se determinó en un mL el jugo extraído de cada fruto seleccionado. Para la medición se utilizó un refractómetro digital (Atago, PR-100, Japón). Los resultados se expresaron en % SST.

4.4.2. Lavado de frutos enteros

Los frutos fueron lavados en una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) a 150 mg L^{-1} a 10°C a un pH 6,5 durante 2 min dentro de un recipiente de plástico, teniendo una relación de solución de lavado de $2,5 \text{ L}\cdot\text{kg}^{-1}$ de fruto (Figura 3). Posteriormente se enjuagaron con agua potable por 2 min para eliminar el exceso del sanitizante. Terminado el lavado se colocaron sobre una malla de acero inoxidable por 5 min con el objetivo de drenar el excedente de agua presente en la superficie del fruto.



Figura 3. Inmersión de frutos en solución desinfectante (A) y escurrido de frutos sobre mallas de acero inoxidable (B).

4.4.3. Tratamiento hidrotérmico

Las TH se aplicaron en tandas de 15 frutos, los cuales se sumergieron en agua a temperaturas de 10, 40 y 55 °C durante 5 min. Para ello se utilizó agua potable a la que se le incremento su temperatura mediante una estufa a gas, dentro de un recipiente de acero inoxidable con capacidad de 50 L (Figura 4).



Figura 4. Aplicación del tratamiento hidrotérmico a tomates enteros. (A) monitoreo de la temperatura del agua, (B) inmersión de frutos durante 5 min y (C) extracción de frutos al finalizar el tratamiento térmico.

La temperatura del agua fue monitoreada mediante un termómetro digital (HANNA, HI935007NS, Chile) mientras se realizó la inmersión de los frutos. El primer nivel de temperatura en evaluación varió entre 54,8 - 56,5 °C, en el segundo nivel alcanzó valores temperatura de 39,0 - 41,0 °C y para el menor nivel fue 10,0 - 10,3 °C. Finalizado el tiempo de inmersión se procedió a la extracción de los frutos y seguidamente se colocaron sobre una malla de acero inoxidable por 5 min para escurrir el exceso de agua. Posteriormente los frutos fueron colocados en cajas plásticas, las que se recubrieron con una bolsas de polietileno de 60 x 90 cm, con 20 perforaciones de 10 mm de diámetro, que proporciono 0,1 % de área ventilada. Las cajas con los frutos se almacenaron en una cámara a 10 °C y 85 % de HR por 24 h con el propósito de simular un almacenamiento previo al procesamiento.

4.4.4. Mínimo proceso

Los tomates se cortaron en rodajas de 7 mm de espesor (perpendicular al eje polar) utilizando cuchillos afilados de acero inoxidable (Figura 5). Para obtener rodajas uniformes en tamaño se descartó 1 cm en cada uno de los extremos polares del fruto. Posteriormente se colocaron 5 rodajas en una bandeja plástica (Indarg, M102, Chile) recubierta con una bolsa plástica de 15 x 13 cm, con 8 perforaciones de 4 mm de diámetro, que proporcionó un área ventilada de 0,2 %. Finalmente, cada bolsa se termoselló (Impulse Sealer, PFS - 400) y se obtuvieron 108 bandejas las que se agruparon según los tratamientos térmicos aplicados.

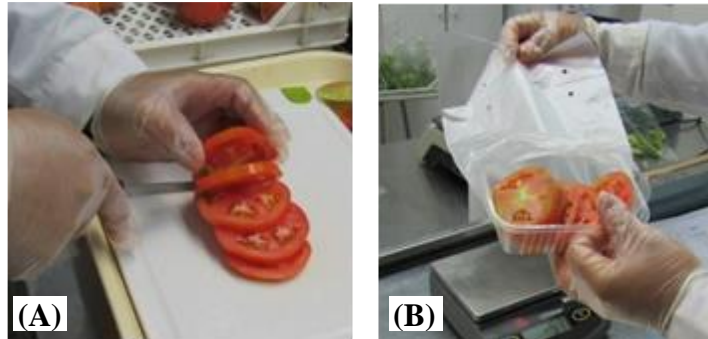


Figura 5. Frutos de tomate cortados en rodajas (A) y envasado en bandejas plásticas recubiertas con bolsa perforada (B).

4.4.5. Almacenamiento en distintas atmósferas

Las bandejas que contenían las rodajas de tomate fueron trasladadas a una cámara a 5 °C en donde se distribuyeron en el interior de 9 recipientes plásticos con capacidad de 20 L y cierre hermético. En cada recipiente se colocaron 12 bandejas separadas en tres niveles correspondientes a cada uno de los tratamientos hidrotérmicos (Figura 6).

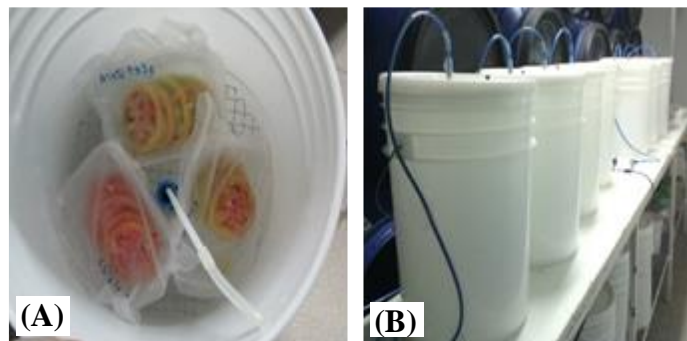


Figura 6. Montaje de bandejas en el interior de recipientes plásticos (A) y conexión de éstos al flujo de las atmósferas (B).

En cada recipiente se hizo circular de forma continua e independiente una de las tres mezclas de gases correspondiente a cada tratamiento, con un flujo de 6,5 L h⁻¹. Se dispusieron tres recipientes por cada atmósfera, las cuales se ubicaron al azar en el experimento. Los

recipientes se conectaron a un panel mezclador de gases mediante mangueras de polietileno de 4 mm de diámetro acoplados a los conectores fijados en cada una de las tapas de los recipientes. De esta manera se instaló el sistema de conducción por donde circularon las tres atmósferas en estudio en forma individual. El flujo de cada atmósfera se dosificó mediante válvulas de aguja instaladas en el mezclador de gases y mediante éstas se fijaron las concentraciones deseadas para cada mezcla gaseosa.

El suministro de O₂ para cada atmósfera se obtuvo mediante un compresor de aire. En el caso del N₂, éste se generó mediante la separación por membrana (Permea) desde aire. El CO₂ se obtuvo directamente desde un cilindro comercial (Figura 7).

La concentración de gases en cada recipiente se monitoreó diariamente a las 9 y 17 h empleando un analizador de gases portátil (Dansensor, Check Point, Ringsted, Dinamarca) que indicó los valores en porcentaje de O₂ y CO₂.

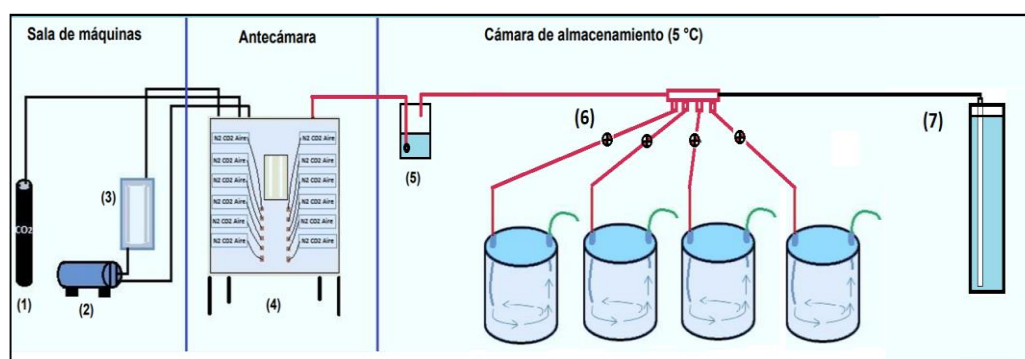


Figura 7. Esquema de almacenamiento en atmósfera controlada a 5 °C para rodajas de tomate 'Yollibell'. (1): Cilindro de CO₂; (2): compresor de aire; (3): membrana de permea; (4): panel mezclador de gases; (5): humidificador; (6): válvulas dosificadoras de flujo; (7): columna de agua.

4.5. Variables evaluadas en los ensayos

4.5.1. Tasa respiratoria (TR) y tasa de producción de etileno (TPE) de frutos enteros y rodajas sometidas a tratamiento hidrotérmico

La TR y TPE de los frutos enteros y de rodajas se determinó mediante el sistema estático en donde se midió la producción de CO₂ y la acumulación de etileno en el espacio de cabeza de un recipiente impermeable, en presencia de atmósfera de aire a 5 °C. Para ello se utilizaron 18 recipientes plásticos con capacidad de 1.000 mL cada uno, con tapas herméticas provistas de un septum de goma (Figura 8). Los recipientes se dividieron en dos grupos, en donde en 9 de ellos se introdujo un fruto de tomate de peso aproximado de 250 ± 5 g y a los 9 restantes se les colocó el equivalente de un tomate cortado en rodajas. Seguidamente todos los recipientes fueron cerrados de forma simultánea. La producción de CO₂ se determinó directamente empleando un analizador de gases portátil (Dansensor, Check Point, Ringsted, Dinamarca). A través del septum de goma se tomaron dos lecturas, la primera al momento

del cierre y la siguiente cuando se alcanzó una concentración inferior a 0,5 % de CO₂ de acuerdo a lo propuesto por Escalona *et al.* (2006). Las lecturas de CO₂ se tomaron a los 0 (momento del corte), 3, 6, 9 y 12 días posteriores al procesamiento. La TR fue expresada como mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ y se estimó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} = \frac{(\text{Concentración de CO}_2)}{100} \times \frac{\text{Vol.libre (mL)}}{\text{Peso de la muestra(kg)}} \times \frac{1}{\text{Tiempo (h)}} \times (1,94 \text{ factor de conversión a } 5^\circ\text{C})$$



Figura 8. Frascos plásticos utilizados en la medición de tasa respiratoria y tasa de producción de etileno de tomates enteros y de rodajas.

Para determinar la TPE se extrajo 1 mL de muestra de gas del espacio de cabeza de cada recipiente mediante una jeringa hipodérmica (BD Plastic, Brasil). La muestra se inyectó en un cromatógrafo de gases (CG) (Agilent Technologies 7820A, CG System, EE.UU.) provisto de un detector de ionización de llama y una columna Porapak QN 80/100 (1,20 m × 3,18 mm) (Norwalk, Connecticut, EE.UU.). La temperatura del inyector, horno y detector fue de 200, 50 y 200 °C, respectivamente. Se utilizó gas helio como transportador con un flujo de 55 mL·min⁻¹. Previo a su uso, el equipo se calibró con una mezcla patrón con una concentración de 0,5 ppm de C₂H₄ (Indura, Santiago, Chile). Las muestras de gas fueron tomadas a los 0 (momento del corte), 3, 6, 9 y 12 días posteriores al procesamiento. La PE se expresó como μL C₂H₄ · kg⁻¹ · h⁻¹ y se estimó mediante la siguiente ecuación:

$$\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} = \frac{(\text{diferencia de concentración C}_2\text{H}_4)}{1000} \times \frac{\text{Vol.libre(mL)}}{\text{Peso de la muestra (kg)}} \times \frac{1}{\text{Tiempo(h)}}$$

4.5.2. Tasa respiratoria y tasa de producción de etileno de rodajas almacenadas en distintas atmósferas

La TR de rodajas de tomate almacenadas en las distintas atmósferas se determinó mediante el sistema de flujo continuo a 5 °C. Se realizaron mediciones de la concentración de CO₂ en el flujo de entrada y de salida de cada recipiente. Las lecturas fueron medidas directamente a través de un analizador de gases portátil (Dansensor, Check Point, Ringsted, Dinamarca). La producción de CO₂ se determinó mediante la diferencia entre las concentraciones de entrada y salida de cada atmósfera en estudio. Los resultados fueron expresados como mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹. Las lecturas se tomaron a los 0 (momento del corte), 3, 6, 9 y 12 días posteriores al procesamiento.

La TPE se determinó mediante el sistema estático, en donde se acumuló el etileno por el cierre del suministro de gases y la colocación de tapones en los conductos de entrada y salida de los recipientes. A través del septum de goma presente en la tapa, se extrajo un mL de muestra gaseosa del espacio de cabeza de cada recipiente, mediante jeringas hipodérmicas. Las muestras fueron llevadas al CG para su análisis. Los resultados se expresaron en $\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ y las muestras de gases se tomaron a los 0 (momento del corte), 3, 6, 9 y 12 días posteriores al procesamiento.

4.5.5. Pérdida de peso

La pérdida de peso fue calculada por la diferencia entre el peso inicial y el obtenido en cada tiempo de muestreo por bandeja. El pesaje se realizó mediante una balanza electrónica (Ohaus, SC 6010, EE.UU.) y los resultados fueron expresados como la pérdida de peso en porcentaje (%). La toma de peso se realizó a los 0 (momento del corte), 3, 6, 9 y 12 días posterior al procesamiento.

4.5.6. Color de pulpa

Se determinó en tres rodajas por bandeja y sobre ellas fueron tomadas tres lecturas equidistantes sobre la zona de corte de los tabiques (Figura 9). Las mediciones se realizaron mediante el equipo utilizado en la metodología descrita para determinación de color de fruto entero, a los 0 (momento del corte), 3, 6, 9 y 12 días posterior al procesamiento.

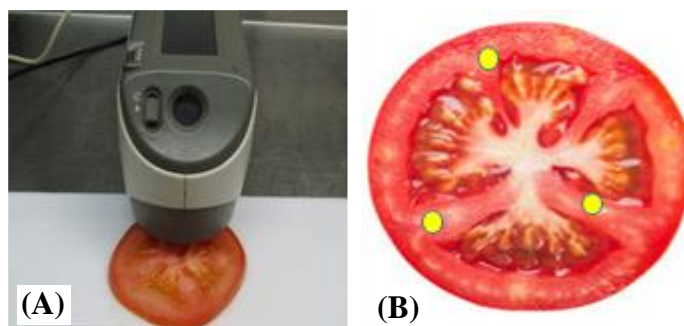


Figura 9. Toma de lecturas de color sobre tabiques de rodajas (A). Puntos amarillos en la fotografía indican la zona de medición (B).

4.5.7. Firmeza

La firmeza fue determinada en tres rodajas por bandeja mediante una sonda cilíndrica de 2 mm conectada al texturómetro, calibrado con una distancia de penetración 3 mm y una velocidad de descenso de 1 mm s^{-1} . Se tomaron tres lecturas por rodaja en puntos equidistantes sobre la zona de corte de tabiques (Figura 10).

Los resultados fueron expresados como la fuerza máxima requerida para penetrar la pulpa en Newton (N) y las mediciones se realizaron a los 0 (momento del corte), 3, 6, 9 y 12 días posterior al procesamiento.

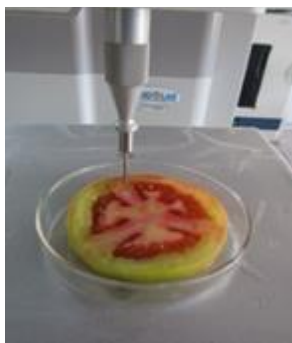


Figura 10. Medición de firmeza en tabiques de rodajas de tomate.

4.5.8. Acidez titulable (AT)

La acidez se determinó sobre 5 mL de jugo, que se obtuvieron de las rodajas utilizadas en la determinación de firmeza. La muestra fue aforada con agua destilada hasta alcanzar un volumen de 150 mL. El proceso de titulación se realizó según lo descrito en la metodología para la determinación de acidez en frutos entero, a los 0 (momento del corte), 3, 6, 9 y 12 días posterior al procesamiento. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico.

4.5.9. Sólidos solubles totales (SST)

Se determinó en 1 mL de jugo proveniente de las rodajas utilizadas en la determinación de firmeza. Las mediciones se realizaron través de un refractómetro digital termo-compensado a los 0 (momento del corte), 3, 6, 9 y 12 días posterior al procesamiento. Los resultados se expresaron como % SST.

4.5.10. Concentración de fenoles totales (CFT)

Para la determinación de la concentración de compuestos fenólicos fue necesaria la preparación del extracto. Para ello se destinaron dos rodajas por bandeja para ser congeladas a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ y posteriormente liofilizadas (Ílchin, TFD 5503, EE.UU.). Las muestras secas se molieron mediante molino eléctrico (Fagor, ML-2006x, EE.UU.). Se pesó 0,2 g de muestra molida y se colocó en un tubo Falcon de 15 mL, en donde se mezcló con 10 mL de metanol ácido al 80 %, por 2 min se agitó mediante un vortex (SCIlogex, Mxs, EE.UU.). Seguidamente la muestra se introdujo durante 15 min en un sonicador (ARGO LAB, DU-32, EE.UU.), para favorecer la disolución de los compuestos en el solvente. Posteriormente se centrifugó a $3.947 \times g$ por 15 min a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ mediante una centrífuga refrigerada (Hemle Labortechnik, Alemania). El sobrenadante se filtró en papel whatman de $0,45\text{ }\mu\text{m}$ (Merck S.A., Chile) y se colocó en el interior de recipientes eppendorf de 2 mL de color ámbar, que se almacenaron a $-82\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La medición de la concentración de fenoles totales se realizó en una muestra de 100 μL de extracto provenientes de las rodajas de cada repetición de los tratamientos a los 0 (momento

del corte), 3, 6, 9 y 12 días posterior al procesamiento. La muestra se mezcló con 200 μL del reactivo Folin-Ciocalteu al 10 % y se dejó reaccionar por 5 min en oscuridad. Posteriormente se agregaron 800 μL de carbonato de sodio (Na_2CO_3) y se centrifugó a $3.947 \times g$ a 4°C por 5 min, seguidamente se dejó en reposo por 1 h. Estabilizada la reacción anterior se tomaron 200 μL y se descargó en una celda identificada en una placa de 96 pocillos. La absorbancia se determinó a 765 nm mediante un espectrofotómetro de placa (UV-M, Asys, UVM 340, Reino Unido). La medición fue realizada hasta que los valores fueron constantes, de acuerdo a la metodología señalada por Singleton y Rossi (1965) con algunas modificaciones. Los fenoles totales se expresaron como equivalente de ácido gálico (EAG) en $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ de peso fresco (PF) de acuerdo con la curva de calibración que se realizó con ácido gálico.

4.5.11. Capacidad antioxidante total (CAT)

Las mediciones de CAT se realizaron mediante el método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) descrito por Benzie y Strain (1996), con algunas modificaciones. Se tomó una alícuota de 20 μL del extracto filtrado obtenido en la determinación de fenoles totales, que se mezcló con 600 μL de reactivo FRAP y se dejó reaccionar por 30 min. Se tomaron 200 μL que se depositó en una celda de la placa de medición. Finalmente se midió su absorbancia a 593 nm en un espectrofotómetro de placa UV-M (Asys, UVM 340, Reino Unido) cada 15 s hasta su estabilidad en el tiempo. Los resultados se expresaron como equivalente de trolox (ET) en $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ de peso fresco (PF) de acuerdo con la curva de calibración realizada con el mismo reactivo. La medición se realizó a los 0 (recién cortado), 3, 6, 9 y 12 días posteriores al MP.

4.5.12. Recuento microbiológico en rodajas de tomate

Los recuentos de bacterias mesófilas, psicrófilas, enterobacterias, hongos y levaduras se realizaron de acuerdo con lo descrito por Venegas (1990). La muestra se obtuvo de cada repetición de los tratamientos a los 0 (momento del corte), 3, 6, 9 y 12 días posterior al procesamiento. En cada tiempo de muestreo se mezclaron 10 g de trozos con 90 mL de agua peptonada estéril (APT, Merk Darmstadt, Alemania) durante 1 min dentro de bolsas estériles (Model 400 Bags 6141, Londres, Inglaterra) utilizando un homogenizador (IUL, Instruments, España).

Para la incubación y el crecimiento de los microorganismos se utilizaron condiciones de temperatura y medios de cultivo específicos (Cuadro 2). El recuento microbiológico fue comparado con los criterios establecidos según la Legislación Chilena para frutas y vegetales comestibles preelaborados y listos para el consumo (Anexo 1). Los resultados se expresaron como el logaritmo de unidades formadoras de colonias por gramo ($\log\text{ UFC}\cdot\text{g}^{-1}$).

Cuadro 2. Medios de cultivos y condiciones de incubación para el crecimiento de microorganismos.

Microorganismo	Medio de cultivo ¹	Condiciones de incubación	
		Temperatura (°C)	Tiempo (días)
Mesófilos	Agar de conteo de Placa (ACP)	37	2
Psicrótrofos	Agar de conteo de Placa (ACP)	5	7
Enterobacterias	Agar rojo violeta (ARV)	37	2
Hongos y Levaduras	Agar de Papa Dextrosa (APD) ²	25	5

^{1/} Medios de cultivo (marca MERCK).

^{2/} Medio acidificado con ácido láctico para llevar su pH a 3,5

4.5.13. Evaluación sensorial de rodajas de tomate

Al finalizar cada tiempo de almacenamiento, las rodajas de cada tratamiento fueron analizadas sensorialmente por un panel semientrenado de 12 jueces (6 hombres y 6 mujeres miembros del laboratorio de postcosecha que poseen una edad entre 25 - 45 años) usando una pauta no estructurada de 0 a 15 cm, donde se evaluó la apariencia, color de pulpa, traslucidez de la pulpa, textura y sabor extraño (Anexo 2). Para evaluar el atributo de textura se utilizó como descriptor la dureza al morder. Las muestras de rodajas fueron entregadas a los jueces en recipientes plásticos identificadas con un código de tres dígitos según Araya (1997) (Figura 11). La evaluación sensorial se realizó a los 0 (recién cortado), 3, 6, 9 y 12 días posteriores al MP.



Figura 11. Rodajas de tomate ‘Yolibell’ utilizadas para análisis sensorial.

4.6. Análisis estadístico

Los resultados de las mediciones de cada variable se analizaron estadísticamente por cada día de evaluación de forma independiente bajo un diseño completamente aleatorizado con estructura factorial y con parcela dividida. Para ello se utilizaron modelos generales lineales y mixtos, con un nivel de confianza de 95 %. Se analizó la interacción entre la atmósfera (parcela principal) y el tratamiento hidrotérmico (subparcela) y cuando ésta fue significativa se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de LSD de Fisher con un $P\text{-val} \leq 0,05$ % de significancia entre tratamientos. En caso contrario los factores se analizaron de manera independiente y se verificó la significancia dentro de los niveles de cada factor y posteriormente se realizó la prueba de comparación múltiple descrita anteriormente. Además, se analizó el efecto del tratamiento hidrotérmico aplicado a tomates enteros y rodajas. Para ello se estableció un diseño completamente aleatorizado en donde se verificó la significancia del tratamiento hidrotérmico aplicado y posteriormente se realizó la prueba de comparación múltiple antes descrita. Los datos de las evaluaciones fueron procesados mediante el paquete Infostat versión 2010 (Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

5. RESULTADOS

5.1. Ensayo 1

5.1.1. Caracterización de frutos enteros y rodajas

Los frutos de tomate a cosecha presentaron en su piel una luminosidad, croma y tono de 65,5, 45,3 y 51,6° respectivamente. En tanto, los resultados de firmeza indicaron un valor promedio de 18,5 N mientras, que los SST fueron de 4,1 % y una AT de 0,5 %. En el caso de rodajas se presentó en su pulpa una luminosidad, croma y tono de 30,2; 30,3 y 61,2° respectivamente (Cuadro 3). Además, se registró en las rodajas una firmeza promedio de 3,0 N, SST de 4,0 % y AT de 0,4 %. El rendimiento en rodajas fue del 75 % por fruto procesado, considerándose como parte no utilizable los extremos polares de los frutos.

Cuadro 3. Valores de caracterización inicial de tomates ‘Yollibell’ enteros y rodajas seleccionados como materia prima. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 10).

Caracterización inicial de tomates ‘Yollibell’ enteros y rodajas				
Parámetro		Entero	Rodajas	
	Peso (g)	250,5 \pm 5,0	33,7 \pm 0,6	
Físicos	Diámetro (cm)	Polar	6,5 \pm 0,5	
		Ecuatorial	7,6 \pm 0,2	
	Color	L*	65,5 \pm 0,7	30,2 \pm 0,9
		C	45,3 \pm 1,4	30,3 \pm 0,8
		Ángulo Hue	51,6 \pm 3,6	61,2 \pm 0,8
	Firmeza (N)	18,5 \pm 0,5	3,0 \pm 0,2	
Químicos	Sólidos solubles totales (% SST)	4,1 \pm 0,1	4,0 \pm 0,2	
	Acidez titulable (% ácido cítrico)	0,5 \pm 0,3	0,4 \pm 0,4	

5.1.2. Monitoreo de la concentración de gases en el sistema de atmósferas

Durante 12 días de almacenamiento se monitoreo la evolución de la concentración de gases (Figura 12), flujo, HR y temperatura en el interior de los recipientes (Apéndice I, Cuadro 1). La atmósfera de 21 + 0 registró valores de 20,6 a 21,0 % para O₂ y 0,1 a 0,5 % de CO₂ y mantuvo un flujo entre 5,4 a 5,6 L·h⁻¹ con 90 a 94 % de HR a temperatura entre 5,0 a 5,4 °C.

Para la atmósfera de 5 + 5 los valores oscilaron entre 5,2 a 5,7 % para O₂ y 5,0 a 5,5 % de CO₂ (Apéndice I, Cuadro 2). El flujo se mantuvo entre 5,3 a 5,6 L·h⁻¹ con 93 a 96 % de HR a temperatura entre 4,7 a 4,9 °C. En el caso de la atmósfera de 5 +10 alcanzó valores de 4,7 a 5,9 % para O₂ y 9,8 a 10,5 % de CO₂ (Apéndice I, Cuadro 2). Mientras que el flujo se

mantuvo en 5,0 a 5,4 L·h⁻¹ y de 93 a 95 % de HR a temperatura de 4,5 a 4,9 °C (Apéndice I, Cuadro 1).

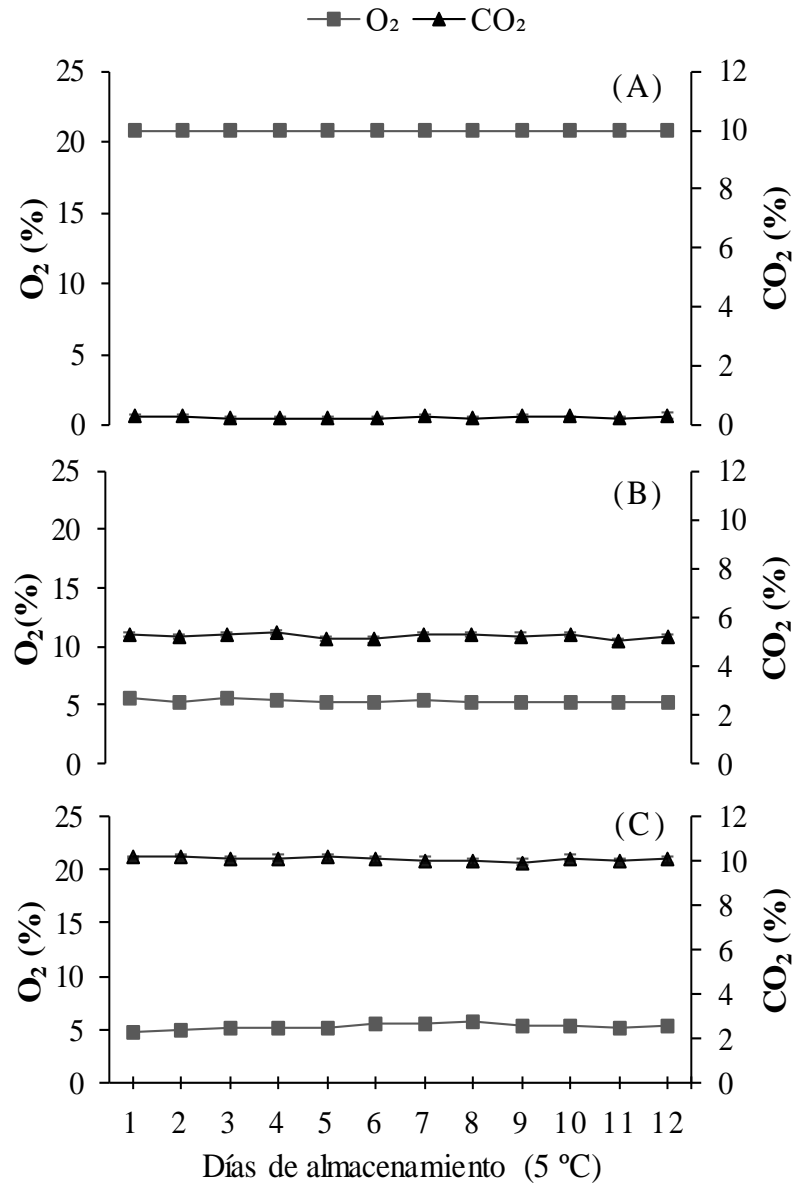


Figura 12. Evolución de la concentración de gases en el interior de los recipientes según cada atmósfera en estudio. Aire: 21 % O₂ + 0 % CO₂ (A), 5 % O₂ + 5 % CO₂ (B) y 5 % O₂ + 10 % CO₂ (C). Los marcadores indican el promedio \pm error estándar (n = 3).

5.1.3. Evolución de la tasa respiratoria (TR) en aire de frutos enteros y rodajas sometidos a tratamiento hidrotérmico

Tomate entero. La aplicación del TH en día 0 presentó la mayor actividad respiratoria de todo el ensayo, siendo los frutos tratados con temperaturas de 40 y 55 °C los que presentaron un incremento significativo en los valores de respiración de 11,0 a 13,4 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ respectivamente. Mientras que al tratarlos a 10 °C se obtuvo el valor más bajo de 9,6 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (Figura 13).

Al día 3 se determinó una disminución significativa en la TR para todos los tratamientos por consecuencia del almacenamiento a 5 °C (Apéndice I, Cuadro 3), obteniéndose los valores más bajos de 4,3 y 5,3 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ cuando se aplicó el TH de 40 y 55 °C. Por el contrario, el valor más alto fue de 7,3 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ al aplicar 10 °C. Luego de 6 días se observó un incremento significativo en la respiración, siendo el valor más alto de 8,9 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ cuando los frutos se trataron con 10 °C y la menor respiración de 5,6 y 6,7 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ se manifestó con la aplicación de 55 y 40 °C respectivamente (Figura 13).

Tras 9 días de almacenamiento la respiración fue significativamente menor en frutos tratados a 55 y 40 °C que alcanzaron valores de 5,5 y 6,4 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹. Sin embargo, en este día el valor más alto fue de 8,5 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ obtenido con 10 °C. Finalmente al día 12 el valor más alto de respiración correspondió a frutos tratados con 10 °C que alcanzaron 8,0 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ siendo significativamente mayor que TH de 40 y 55 °C con valores de 6,0 y 5,2 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (Figura 13).

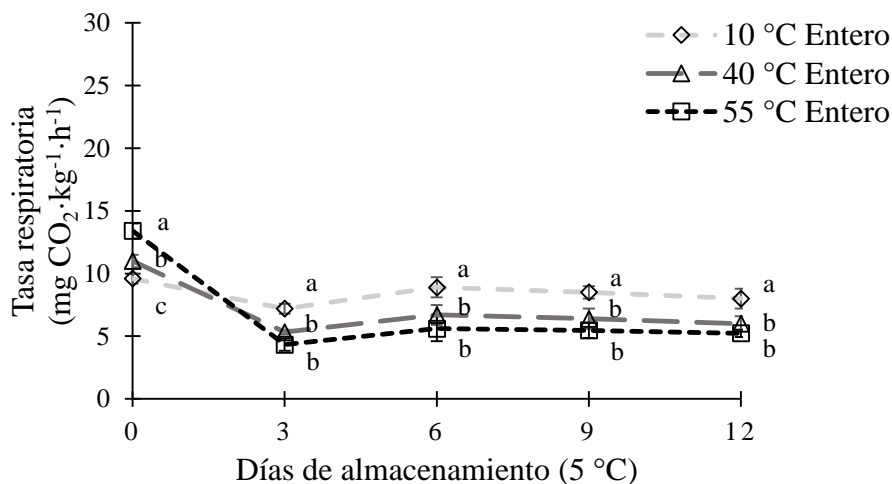


Figura 13. Evolución de la tasa respiratoria (mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) en aire de frutos de tomate ‘Yollibell’ entero sometidos a tratamiento hidrotérmico y almacenados durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 3). Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre los niveles del tratamiento hidrotérmico, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05).

Rodajas de tomate. Luego del procesamiento (día 0) se registraron las mayores TR, siendo las rodajas provenientes de frutos tratados con 40 y 55 °C las que se diferenciaron significativamente por alcanzar los valores más altos de respiración de 27,5 y 28,6 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (Apéndice I, Cuadro 4). Mientras que el menor valor de 26,3 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ fue alcanzado a 10 °C.

En el día 3 existieron diferencias entre tratamientos, siendo la mayor TR de 24,1 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ para el TH a 10 °C. Por el contrario, el valor más bajo de respiración se obtuvo con el TH a 55 °C que registró 18,4 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹. Situación similar se observó al día 6, donde el TH a 10 °C fue el que registro una respiración de 20,5 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹, siendo significativamente mayor a las obtenidas con 40 y 55 °C con valores de 18,6 y 18,4 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ respectivamente. Al día 9, se observó el valor más bajo de respiración de 17,7 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ obtenido con 55 °C, mientras que los TH a 10 y 40 °C fueron significativamente mayores con 20,1 y 19,4 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ respectivamente. Al día 12 se determinó que las tasas del TH a 40 y 55 °C fueron las menores, por presentar 20,9 y 21,9 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹. El TH a 10 °C se diferenció significativamente por obtener el valor más alto de 21,9 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (Figura 14).

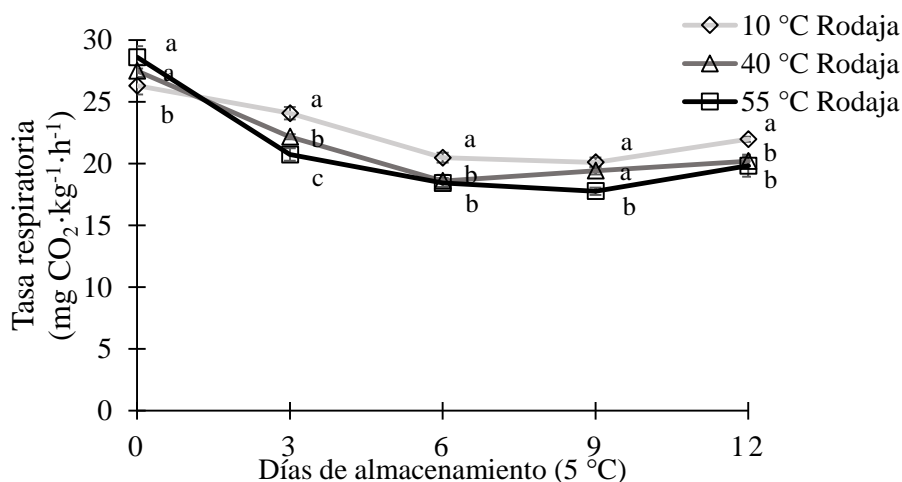


Figura 14. Evolución de la tasa respiratoria (mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) en aire de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 3). Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre los niveles del tratamiento hidrotérmico, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05).

5.1.4. Evolución de la tasa respiratoria (TR) en las distintas atmósferas de almacenamiento

Las rodajas de tomate almacenadas bajo las distintas atmósferas presentaron diferencias significativas, mostrando un descenso de la TR hasta el día 9 de almacenamiento y un posterior incremento al día 12 (Cuadro 4).

En el día 0 no se observaron diferencias significativas en la TR de rodajas en las distintas atmósferas, alcanzando valores de 64,4 y 65,7 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (Cuadro 4). El día 3 se

observó una reducción de 33 a 51 % en la TR, siendo la atmósfera de 5 + 10 la que presentó valores significativamente menores a las otras atmósferas. El descenso continuó en los días 6 y 9, en donde se observaron diferencias significativas entre las distintas atmósferas, reportándose los valores más altos en 21 + 0 con un rango de 36,7 a 38,3 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹. Los menores valores fueron para la atmósfera de 5 + 10 con 26,9 y 28,9 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ para los días 6 y 9 respectivamente (Cuadro 4).

Al día 12 se presentó un leve incremento en la respiración de rodajas, alcanzando el valor más alto de 42,6 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ correspondiente a la atmósfera de 21+ 0 y el valor más bajo en 5 + 10 con 28,6 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores de tasa respiratoria (mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 3).

Atmósfera controlada % O ₂ + % CO ₂	Tasa respiratoria (mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)				
	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
21 + 0	65,7 ± 0,2 a ¹ A ²	43,4 ± 0,8 a B	38,3 ± 0,8 a C	36,7 ± 0,3 a C	42,6 ± 1,3 a B
5 + 5	64,8 ± 0,5 a A	34,9 ± 0,8 b B	33,0 ± 0,2 b C	29,8 ± 0,7 b D	32,1 ± 0,6 b C
5 + 10	64,4 ± 0,3 a A	29,5 ± 0,4 c B	28,8 ± 0,5 c B	26,9 ± 0,4 c C	28,6 ± 0,4 c B

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre atmósferas controladas, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²Letras mayúsculas distintas en sentido horizontal por atmósfera controlada indican diferencias significativas entre los días de almacenamiento, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

5.1.5. Evolución de la tasa de producción de etileno (TPE) en frutos enteros y rodajas sometidos a tratamiento hidrotérmico

Tomate entero. Al día 0 los frutos tratados hidrotérmicamente se diferenciaron significativamente en la TPE, siendo los expuestos a temperaturas de 40 y 55 °C los que presentaron el valor más alto de 0,9 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹ y el menor valor de 0,7 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹ a 10 °C (Figura 15).

En los días 3 y 6 los frutos no presentaron diferencias significativas según el TH aplicado. La producción de etileno en estos días alcanzó valores promedios entre 0,5 a 0,7 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹ (Apéndice I, Cuadro 5).

El día 9 se presentó un incremento significativo para todos los tratamientos (Figura 15), obteniéndose la mayor producción de 1,4 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹ con TH a 10 °C y una menor producción de 0,7 y 0,9 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹ con 40 y 55 °C. Situación similar se presentó al día 12 en donde se determinó que el TH a 10 °C favoreció una producción de 1,7 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹ mayor a los TH de 40 y 55 °C que obtuvieron 0,9 y 1,0 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹ respectivamente (Figura 15).

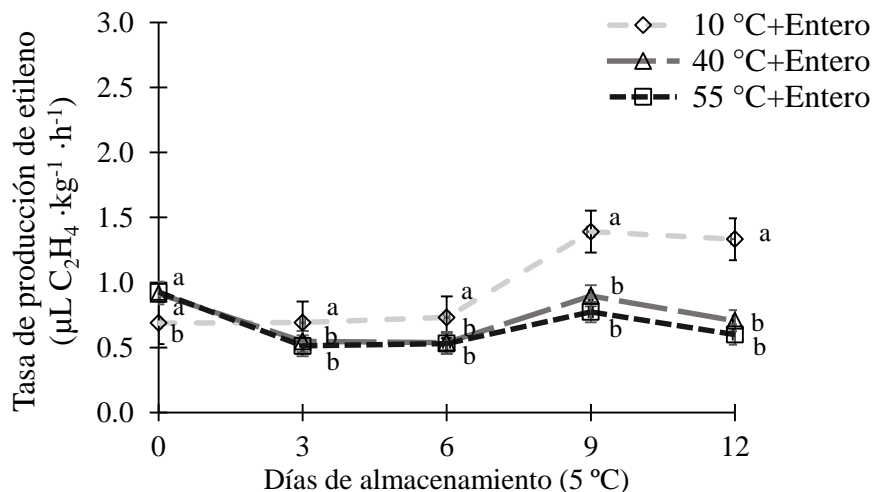


Figura 15. Evolución de la tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en aire de tomates 'Yollibell' enteros sometidos a tratamiento hidrotérmico y almacenados durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar ($n = 3$). Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre los niveles del tratamiento hidrotérmico, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Rodaja de tomate. Inicialmente al día 0 la TPE en rodajas provenientes de frutos tratados con TH a 40 y 55 °C presentaron valores de 2,4 y 2,6 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ siendo significativamente más altos que el obtenido con 10 °C de 2,2 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (Apéndice I, Cuadro 6).

En los días 3 y 6 se observó una disminución significativa en los valores de etileno para todos TH. Sin embargo, los tratamientos no mostraron diferencias significativas en sus valores y éstos se mantuvieron entre 1,8 a 2,1 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ para día 3 y de 1,7 a 1,9 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ para el día 6 (Figura 16).

Tras 9 días de almacenamiento la TPE se incrementó significativamente en rodajas sometidas a TH de 10 °C alcanzando 1,5 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Por su parte las rodajas sometidas a 40 y 55 °C registraron los menores valores de 2,0 a 2,2 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ respectivamente. (Apéndice I, Cuadro 6). Finalizado el almacenamiento al día 12 se determinó que el valor más alto de etileno fue de 2,5 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ en rodajas que provenían de frutos tratados a 10 °C y éstas se diferenciaron significativamente de aquellas sometidas a 40 y 55 °C que obtuvieron una menor producción de etileno de 2,3 y 2,2 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ respectivamente (Figura 16).

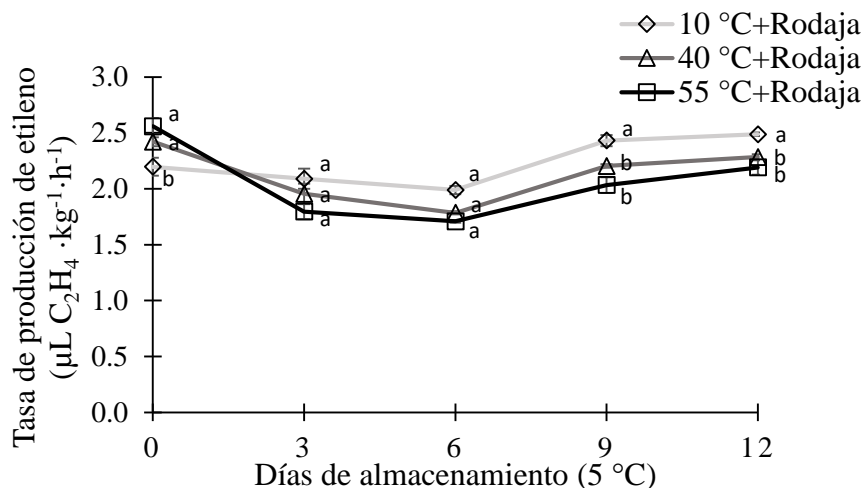


Figura 16. Evolución de la tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en aire de rodajas de tomates 'Yollibell' sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar ($n = 3$). Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre los niveles del tratamiento hidrotérmico, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

5.1.6. Evolución de la tasa de producción de etileno (TPE) en las distintas atmósferas de almacenamiento

Las rodajas de tomate almacenadas en las distintas atmósferas presentaron un descenso significativo de la TPE hasta el día 6 y posteriormente se generó un leve incremento hacia el final del almacenamiento. Las atmósferas se diferenciaron significativamente en cada día de medición, registrándose los mayores valores al día 0 de $14,4 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ en 21 + 0 y el valor más bajo de $11,8 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ con 5 + 10. Luego de 3 días, la TPE registró una reducción significativa del 6 al 19 %, siendo 5 + 10 la que presentó la mayor disminución con $10,9 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (Cuadro 5).

En los días 6 y 9 se observaron diferencias significativas entre las atmósferas, reportándose los valores más altos de $11,9$ y $12,0 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ en 21 + 0. Por otro lado, los menores valores fueron para 5 + 10 que alcanzó $8,7$ y $9,3 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (Cuadro 5).

Al día 12 se presentó un leve incremento en la TPE de rodajas de tomate almacenadas en las distintas atmósferas. El valor más alto de $12,8 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ correspondió a 21 + 0 y el valor más bajo se presentó en 5 + 10 con $9,7 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (Cuadro 5).

Cuadro 5. Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ almacenadas en distintas atmósferas a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar ($n = 3$).

Atmósfera controlada % O ₂ + % CO ₂	Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)				
	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
21 + 0	14,4 \pm 0,3 a ¹ A ²	13,5 \pm 0,2 a B	12,0 \pm 0,3 a C	11,9 \pm 0,1 a C	12,8 \pm 0,1 a C
5 + 5	13,7 \pm 0,1 a A	12,1 \pm 0,1 b A	10,1 \pm 0,3 b C	10,6 \pm 0,7 b C	11,2 \pm 0,1 b B
5 + 10	13,5 \pm 0,1 a A	10,9 \pm 0,1 c B	8,7 \pm 0,2 c D	9,3 \pm 0,2 b C	9,7 \pm 0,2 c C

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre atmósferas controladas, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²Letras mayúsculas distintas en sentido horizontal por atmósfera controlada indican diferencias significativas entre los días de almacenamiento, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

5.1.7. Pérdida peso

La aplicación del TH y atmósferas sobre rodajas de tomate no presentó interacción, por lo que los factores actuaron de manera independiente sobre la pérdida de peso en cada día de evaluación (Cuadro 6).

Al día 3 las rodajas almacenadas en atmósfera de 21 + 0 presentaron valores más altos de pérdida de peso de 1,1 % y menores en las atmósferas de 5 + 5 (0,9 %) y 5 + 10 (0,8 %). En el caso del TH a 55 °C se registró la menor pérdida de 0,7%. Luego de 6 días los valores se incrementaron en atmósfera de 21 + 0 alcanzando 1,4 %, mientras que 5 + 5 y 5 + 10 no se diferenciaron significativamente llegando a valores similares de 1,2 %. También, los TH se diferenciaron significativamente siendo los menores valores de 1,3 y 1,4 % para las temperaturas de 40 y 55 °C (Cuadro 6).

En el día 9 la mayor pérdida peso de 1,6 % se registró en atmósfera de 21 + 0 y la menor pérdida en 5 + 10 con 1,4 %. Además, el TH de 55 °C generó la menor pérdida de 1,3 %. Situación similar se presentó al día 12 en donde se determinó que el TH a 55 °C mostró la menor pérdida 1,5 % diferenciándose significativamente de 10 y 40 °C por obtener una mayor pérdida de 1,6 a 1,7 %. En el caso de las atmósferas, éstas no se diferenciaron significativamente alcanzando un valor promedio de 1,6 % de pérdida peso (Cuadro 6).

Cuadro 6. Pérdida de peso (%) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 3).

Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Pérdida de peso (%)			
	Días de almacenamiento (5 °C)			
	3	6	9	12
21+0	1,1 \pm 0,1 a ¹	1,4 \pm 0,1 a	1,6 \pm 0,1 a	1,6 \pm 0,0 a
5 +5	0,9 \pm 0,1 b	1,2 \pm 0,1 b	1,5 \pm 0,1 b	1,7 \pm 0,1 a
5 +10	0,8 \pm 0,1 b	1,2 \pm 0,1 b	1,4 \pm 0,1 b	1,6 \pm 0,0 a
Tratamiento hidrotérmico (TH)				
10 °C	1,1 \pm 0,0 a	1,4 \pm 0,0 a	1,6 \pm 0,1 a	1,8 \pm 0,0 a
40 °C	0,9 \pm 0,1 b	1,3 \pm 0,1 a	1,5 \pm 0,0 a	1,6 \pm 0,0 a
55 °C	0,7 \pm 0,1 c	1,0 \pm 0,1 b	1,3 \pm 0,0 b	1,5 \pm 0,1 b
Nivel de significancia				
AC	* ²	*	*	NS
TH	**	***	***	***
AC x TH	NS ³	NS	NS	NS

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²/ *, **, ***. Significativo para ($p \leq 0,05$; 0,01; 0,001). ³/ No significativo ($p \geq 0,05$).

5.1.8. Luminosidad (L*)

Los valores de L* variaron según el día en que se realizó la medición y se determinó que la aplicación del TH y almacenamiento en las distintas atmósferas no presentó interacción significativa, por lo que los factores se analizaron de manera independiente (Cuadro 7). Al día 3 la atmósfera de 21+0 se diferenció significativamente al presentar el valor más alto L* de 58,3. Mientras que las atmósferas de 5 +5 y 5 + 10 registraron los valores más bajos de 54,6 y 51,5 respectivamente. Al evaluar el TH independiente la atmósfera utilizada se encontró diferencias significativas entre ellas, siendo la temperatura de 10 °C la que mostró el valor más alto de L* de 56,6.

En el día 6 la atmósfera de 5 + 10 obtuvo el menor valor de 51,6 superada significativamente por 5 + 5 y 5 +10 que alcanzaron valores de 55,5 y 59,4. En cuanto a la aplicación del TH a 40 y 55 °C éstos alcanzaron 59,0 a 57,7 y se diferenciaron significativamente del valor a 10 °C con L* de 61,9 (Cuadro 7).

En el día 9 los valores más altos de L* se presentaron en atmósferas de 21 + 0 y 5 + 5 con 65,1 y 60,2 respectivamente. Los valores anteriores se diferenciaron significativamente de 5 + 10 por presentar un menor L* de 57,4. Sin embargo, al evaluar las rodajas procedentes de frutos expuestos a TH de 55 °C se obtuvo el menor valor de L* de 59,2 (Cuadro 7).

Al día 12 se determinaron diferencias significativas en la aplicación de TH, alcanzando el valor más alto de 65,2 a 10 °C. El almacenamiento en atmósfera de 21 + 0 finalizó con valor más alto de L* de 66,6 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Luminosidad (L*) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 9).

Luminosidad (L*)				
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)			
	3	6	9	12
21+ 0	58,3 \pm 0,6 a ¹	63,7 \pm 0,8 a	65,1 \pm 0,8 a	66,6 \pm 0,7 a
5 + 5	54,4 \pm 0,7 b	59,4 \pm 1,0 b	60,2 \pm 0,7 b	62,5 \pm 0,6 b
5 +10	51,5 \pm 0,7 c	55,5 \pm 0,5 c	57,4 \pm 0,6 c	60,3 \pm 0,8 c
Temperatura hidrotérmica (TH)				
10 °C	56,6 \pm 1,1 a	61,9 \pm 1,4 a	63,0 \pm 1,3 a	65,2 \pm 1,0 a
40 °C	54,5 \pm 1,2 b	59,0 \pm 1,2 b	60,4 \pm 1,2 b	62,9 \pm 1,0 b
55 °C	53,2 \pm 0,9 b	57,7 \pm 1,2 b	59,2 \pm 1,1 b	61,3 \pm 1,2 b
Nivel de significancia				
AC	***	*** ³	***	***
TH	***	***	***	***
AC x TH	NS ²	NS	NS	NS

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²***. Significativo para ($p \leq 0,001$). ³No significativo ($p \geq 0,05$).

5.1.9. Croma (C)

El croma en rodajas de tomate no presentó interacción significativa entre los factores de TH y atmósfera (Cuadro 8).

Al día 3 las rodajas en 21 + 0 obtuvieron el valor más alto de 34,4. Por el contrario en 5 + 5 y 5 + 10 mostraron valores significativamente más bajos de 32,1 y 30,2 respectivamente. Además, el TH de 10 y 40 °C alcanzó valores similares de C de 32,6 a 32,2 y significativamente mayores al TH de 55 °C con 30,8. Al día 6 se presentó en 5 + 10 un valor de 31,0 siendo significativamente el más bajo. Una situación similar se presentó al aplicar temperaturas de 55 °C donde se obtuvieron valores más bajos de 25,9 diferenciándose significativamente de las TH de 10 y 40 °C con 35,0 y 32,7 respectivamente (Cuadro 8).

A los 9 días las rodajas en 5 + 10 presentaron los menores valores de 32,9 en comparación con 21 + 0 (37,3) y 5 + 5 (34,6). En cuanto al TH el valor más bajo de 34,2 se obtuvo en rodajas sometidas a temperatura de 55 °C. Al finalizar el almacenamiento (día 12) las atmósferas se diferenciaron significativamente, siendo 21 + 0 la que alcanzó el mayor valor de 42,4 y en 5 + 10 se obtuvo el menor de 33,7. El uso del TH mostró que a 10 °C se alcanzó el valor más alto de 38,7 y el menor en 55 °C con 36,2 (Cuadro 8).

Cuadro 8. Croma (C) de rodajas de tomate ‘Yolibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 9).

Croma (C)				
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)			
	3	6	9	12
21 + 0	33,4 \pm 0,3 a ¹	35,0 \pm 0,4 a	37,3 \pm 0,2 a	42,4 \pm 0,5 a
5 + 5	32,1 \pm 0,3 b	32,7 \pm 0,3 b	34,6 \pm 0,4 b	36,0 \pm 0,5 b
5 + 10	30,2 \pm 0,3 c	31,0 \pm 0,3 c	32,9 \pm 0,2 c	33,7 \pm 0,3 c
Tratamiento hidrotérmico (TH)				
10 °C	32,6 \pm 0,4 a	33,7 \pm 0,7 a	35,5 \pm 0,6 a	38,7 \pm 1,5 a
40 °C	32,2 \pm 0,6 a	33,1 \pm 0,6 b	35,1 \pm 0,7 a	37,2 \pm 1,2 b
55 °C	30,8 \pm 0,4 b	31,9 \pm 0,5 c	34,2 \pm 0,7 b	36,2 \pm 1,2 c
Nivel de Significancia				
AC	*** ²	***	**	***
TH	***	***	***	***
AC x TH	NS ³	NS	NS	NS

^{1/}Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ^{2/}**, ***. Significativo para ($p \leq 0,01$; $0,001$). ^{3/}No significativo ($p \geq 0,05$).

5.1.10. Tono (ángulo Hue)

Durante los primeros 9 días el Hue en rodajas de tomate no presentó interacción significativa entre los factores de TH y atmósfera de almacenamiento. Sin embargo, al día 12 la interacción fue significativa (Cuadro 9). Al día 3 la atmósfera de 21 + 0 presentó el valor más bajo de 54,1. Por el contrario, 5 + 10 obtuvo el valor más alto de 59,0. Además, se determinó que independiente de la atmósfera utilizada los valores más altos de 58,5 se obtuvieron con TH 55 °C y ésta se diferenció significativamente de 10 y 40 °C con 55,7 y 56,9 (Cuadro 9).

En el día 6 se determinó que 21+ 0 registró el valor de 52,5 siendo significativamente más alto que 5 + 5 y 5 + 10 con valores de 56,1 y 56,8. Por otra parte, la aplicación de TH de 55 °C presentó el valor más alto de 56,7 y el menor a 10 °C con 53,9 (Cuadro 9).

A los 9 días 5 + 10 presentó un valor de 54,2 que se diferenció significativamente de 21 +0 y 5 + 5 que registraron valores de 50 y 53,6. En cuanto al TH el menor valor registrado de 51,7 a 10 °C, diferenciándose significativamente de 40 y 55 °C que alcanzaron 52,4 y 54,2 respectivamente. Al día 12 se determinó interacción entre los factores, así la combinación de TH a 55 °C y almacenamiento en atmósfera de 5 + 10 alcanzó el mayor Hue de 54,7 y se diferenció significativamente del TH a 10 °C combinado con atmósfera de 21 + 0 por alcanzar el menor valor de 44,8 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Tono (ángulo Hue) de rodajas de tomate 'Yollibell' sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 3).

Tono (ángulo Hue)				
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)			
	3	6	9	12
AC1 (21+ 0)	54,1 \pm 0,5 c ¹	52,5 \pm 0,5 b	50,0 \pm 0,5 c	46,6 \pm 0,7
AC2 (5 + 5)	58,0 \pm 0,6 b	56,1 \pm 0,4 a	53,6 \pm 0,4 b	51,6 \pm 0,4
AC3 (5 +10)	59,0 \pm 0,3 a	56,8 \pm 0,5 a	54,6 \pm 0,4 a	53,2 \pm 0,4
Tratamiento hidrotérmico (TH)				
10 °C	55,7 \pm 0,9 c	53,9 \pm 0,7 c	51,7 \pm 0,8 c	49,0 \pm 1,1
40 °C	56,9 \pm 0,7 b	54,8 \pm 0,7 b	52,4 \pm 0,7 b	50,3 \pm 1,1
55 °C	58,5 \pm 0,8 a	56,7 \pm 0,7 a	54,2 \pm 0,7 a	52,1 \pm 0,9
Interacción (AC x TH)				
AC1+10 °C	52,4 \pm 0,5	51,3 \pm 0,7	48,6 \pm 0,6	44,8 \pm 0,3 g ⁴
AC1+40 °C	54,5 \pm 0,6	52,1 \pm 0,7	49,9 \pm 0,4	45,8 \pm 0,5 f
AC1+55 °C	55,4 \pm 0,4	54,1 \pm 0,1	51,7 \pm 0,4	49,0 \pm 0,5 e
AC2+10 °C	56,1 \pm 0,4	54,8 \pm 0,5	52,3 \pm 0,2	50,3 \pm 0,3 d
AC2+40 °C	57,7 \pm 0,5	56,0 \pm 0,3	53,5 \pm 0,3	51,9 \pm 0,5 bc
AC2+55 °C	60,2 \pm 0,4	57,5 \pm 0,5	55,1 \pm 0,4	52,7 \pm 0,5 b
AC3+10 °C	58,7 \pm 0,5	55,6 \pm 0,4	54,1 \pm 0,4	51,9 \pm 0,4 c
AC3+40 °C	58,5 \pm 0,6	56,3 \pm 0,3	53,9 \pm 0,5	53,1 \pm 0,3 b
AC3+55 °C	59,8 \pm 0,4	58,4 \pm 0,3	55,9 \pm 0,3	54,7 \pm 0,3 a
Nivel de significancia				
AC	*** ²	***	***	***
TH	***	***	***	***
AC x TH	NS ³	NS	NS	**

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²**, ***. Significativo para ($p \leq 0,01$; 0,001). ³No significativo ($p \geq 0,05$). ⁴Letras minúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos por interacción, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

5.1.11. Firmeza

La firmeza en rodajas no presentó interacción entre los factores de TH y almacenamiento en atmósfera en cada día de evaluación (Cuadro 10).

Al día 3 la firmeza de rodajas en 5 + 10 obtuvieron el valor significativamente más alto de 2,5 N y el menor se registró en 21 + 0 (1,6 N) y 5 + 5 (2,2 N). Al evaluar el TH independiente de la atmósfera utilizada se determinó que rodajas provenientes de frutos tratados con temperaturas de 40 y 55 °C presentaron los valores más altos de 2,1 y 2,3 N respectivamente (Cuadro 10).

El día 6 las rodajas con menor firmeza se encontraron en 5 + 5 con 1,3 N. Por el contrario, las atmósferas de 5 + 5 y 5 + 10 presentaron valores significativamente más altos de 2,1 y 2,4 N, respectivamente. El TH a 10 °C alcanzó el menor valor de firmeza con 1,3 N (Cuadro 10).

En el día 9 la firmeza de rodajas en 21 + 0 fue de 1,1 N siendo significativamente menor respecto a las atmósferas de 5 + 5 y 5 + 10 con valores de 2,0 y 2,3 N. Las rodajas de frutos expuestos a TH de 55 °C presentaron 2,0 N siendo la firmeza más alta independiente de la atmósfera de almacenamiento. Al día 12 las rodajas más firmes se presentaron en 5 +10 con 2,2 N. Por el contrario, las rodajas menos firmes se encontraron en 21 + 0 con 0,9 N. El TH 40 y 55 °C mostraron rodajas más firmes con valores de 1,7 y 1,8 N respectivamente (Cuadro 10).

Cuadro 10. Firmeza (N) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 9).

Firmeza (N)				
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)			
	3	6	9	12
21+0	1,6 \pm 0,1 c ¹	1,3 \pm 0,1 b	1,1 \pm 0,1 b	0,9 \pm 0,1 c
5 + 5	2,2 \pm 0,1 b	2,1 \pm 0,1 a	2,0 \pm 0,1 a	1,8 \pm 0,1 b
5 +10	2,5 \pm 0,0 a	2,4 \pm 0,1 a	2,3 \pm 0,1 a	2,2 \pm 0,1 a
Tratamiento hidrotérmico (TH)				
10 °C	2,0 \pm 0,1 b	1,8 \pm 0,2 b	1,6 \pm 0,2 c	1,5 \pm 0,2 b
40 °C	2,1 \pm 0,2 a	2,0 \pm 0,2 a	1,8 \pm 0,2 b	1,7 \pm 0,2 a
55 °C	2,3 \pm 0,1 a	2,1 \pm 0,2 a	2,0 \pm 0,2 a	1,8 \pm 0,2 a
Nivel de significancia				
AC	*** ²	***	***	***
TH	***	*	***	***
AC x TH	NS ³	NS	NS	NS

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²*, **, ***. Significativo para ($p \leq 0,05$; 0,01; 0,001). ³No significativo ($p \geq 0,05$).

5.1.12. Sólidos solubles totales (SST)

La aplicación de TH y almacenamiento en atmósfera no presentaron interacción entre factores sobre los SST en ningún día de medición (Cuadro 11). Al día 3 las condiciones de atmósfera no presentaron diferencia significativa y los valores oscilaron entre 3,3 y 3,7 %. Por otro lado, se observó que la aplicación de TH de 40 y 55 °C presentaron los valores más altos de 3,4 y 3,5 % sin diferenciarse significante entre ellas. Al día 6 la atmósfera de 21 + 0 presentó los valores más bajos de 2,9 % mientras que bajo 5 + 5 y 5 + 10 se registraron 3,2 y 3,6 % respectivamente. La aplicación de TH de 40 y 55 °C obtuvieron los valores más altos de 3,7%. Luego de 9 días la atmósfera de 21 + 0 alcanzó 3,6 % y 5 + 5 y 5 + 10 registraron

3,2 y 3,4 % respectivamente. Así mismo, se observó que la aplicación de TH de 55 °C presentó los valores más altos de SST de 3,6 % (Cuadro 11).

Al día 12 la atmósfera de 5 + 10 se diferenció significativamente por alcanzar 3,4 % mientras que en 21 + 0 se presentó el valor más bajo de 2,3 %. Además, el TH de 55 °C registró el valor más alto de 3,1 % (Cuadro 11).

Cuadro 11. Sólidos solubles totales (%) de rodajas de tomate ‘Yolibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 9).

Sólidos solubles totales (%)				
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)			
	3	6	9	12
21+ 0	3,3 \pm 0,1 a ¹	2,9 \pm 0,1 c	2,7 \pm 0,1 c	2,3 \pm 0,1 c
5 + 5	3,5 \pm 0,0 a	3,3 \pm 0,1 b	3,2 \pm 0,1 b	3,1 \pm 0,1 b
5 +10	3,7 \pm 0,1 a	3,6 \pm 0,1 a	3,6 \pm 0,1 a	3,4 \pm 0,1 a
Tratamiento hidrotérmico (TH)				
10 °C	3,3 \pm 0,1 b	3,1 \pm 0,1 b	2,9 \pm 0,1 b	2,7 \pm 0,1 c
40 °C	3,6 \pm 0,1 a	3,3 \pm 0,1 a	3,2 \pm 0,2 a	3,0 \pm 0,2 b
55 °C	3,7 \pm 0,1 a	3,4 \pm 0,1 a	3,3 \pm 0,2 a	3,1 \pm 0,2 a
Nivel de significancia				
Atmósfera	NS	***	***	***
TH	** ²	**	**	**
AC x TH	NS ³	NS	NS	NS

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²*, **, ***. Significativo para ($p \leq 0,05$; 0,01; 0,001). ³No significativo ($p \leq 0,05$).

5.1.13. Acidez titulable (AT)

Durante el almacenamiento la AT en rodajas varió significativamente según la atmósfera utilizada, mientras la TH no se diferenció significativamente en los días en que se realizó la medición (Apéndice I, Cuadro 7).

Al día 3 las rodajas almacenadas en 5 + 5 y 5 + 10 manifestaron valores similares de 0,45 % y 0,46 % siendo significativamente mayor al registrado en 21 + 0 de 0,38 %. Tras 6 días las rodajas en 21 + 0 mostraron una acidez significativamente menor de 0,31 % con respecto a 5 + 10 que presentó 0,41 % de acidez. Situación similar se presentó al día 9 en donde las rodajas en 21 + 0 mostraron valores bajos de acidez de 0,27 % mientras que en atmósfera de 5 + 10 presentó significativamente el valor más alto 0,37 % de acidez. Al finalizar el almacenamiento (día 12) la atmósfera de 21 + 0 presentó 0,26 % de acidez, siendo el valor más bajo en comparación con 5 + 10 que alcanzó la mayor acidez de 0,36 % (Apéndice I, Cuadro 7).

5.2. Ensayo 2

5.2.1. Caracterización de frutos enteros y rodajas

Los frutos de tomate utilizados como materia prima presentaron en su piel una luminosidad, croma y tono de 50,9; 48,4 y 41,3° respectivamente. En tanto, los resultados de firmeza indicaron un valor promedio de 19,4 N mientras, que los SST fueron de 4,0 % y una AT de 0,4 %. En el caso de rodajas se presentó en su pulpa una luminosidad, croma y tono de 30,9; 21,8 y 50,2° respectivamente (Cuadro 12). Además, las rodajas presentaron una firmeza promedio de 3,5 N, SST de 4,0 % y una AT de 0,4 %. Por otra parte, el rendimiento en rodajas fue del 70 % por fruto procesado.

Cuadro 12. Caracterización inicial de tomates ‘Yolibell’ enteros y rodajas seleccionados como materia prima. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 10).

Caracterización inicial de tomates ‘Yolibell’ enteros y rodajas				
Parámetro		Entero	Rodaja	
Físicos	Peso (g)	256,5 \pm 2,4	36,7 \pm 0,6	
	Diámetro (cm)	Polar	6,5 \pm 0,1	-----
		Ecuatorial	8,0 \pm 0,1	-----
	Color	L*	50,9 \pm 1,0	30,9 \pm 0,8
		C	48,4 \pm 2,1	21,8 \pm 0,4
		Ángulo Hue	41,3 \pm 0,9	50,2 \pm 0,4
Firmeza (N)	19,4 \pm 0,8	3,5 \pm 0,2		
Químicos	Sólidos solubles totales (% SST)	4,0 \pm 0,1	4,0 \pm 0,1	
	Acidez titulable (% ácido cítrico)	0,4 \pm 0,2	0,4 \pm 0,3	

5.2.2. Monitoreo de la concentración de gases en el sistema atmósferas

En los 12 días de almacenamiento se monitoreo la evolución de la concentración de gases (Figura 17), flujo, HR y temperatura en el interior de los recipientes (Apéndice II, Cuadro 8). La atmósfera de 21 + 0 registró valores de 20,6 a 21,0 % para O₂ y 0,1 a 0,5 % de CO₂ y mantuvo un flujo entre 5,6 a 5,8 L·h⁻¹ con 91 a 94 % de HR a temperatura entre 5,0 a 5,5 °C. En la atmósfera de 5 + 5 los valores oscilaron entre 5,2 a 5,7 % para O₂ y 5,0 a 5,5 % de CO₂ y mantuvo un flujo de 5,2 a 5,4 L·h⁻¹ con 93 a 96 % de HR a temperatura entre 5,2 a 5,4 °C. En el caso de la atmósfera de 5 +10 alcanzó valores de 4,7 a 5,9 % para O₂ y 9,8 a 10,5 % de CO₂ (Apéndice II, Cuadro 9). Mientras que el flujo se mantuvo en 5,2 a 5,4 L·h⁻¹ y de 93 a 96% de HR a temperatura de 4,8 a 5,0 °C (Apéndice II, Cuadro 8).

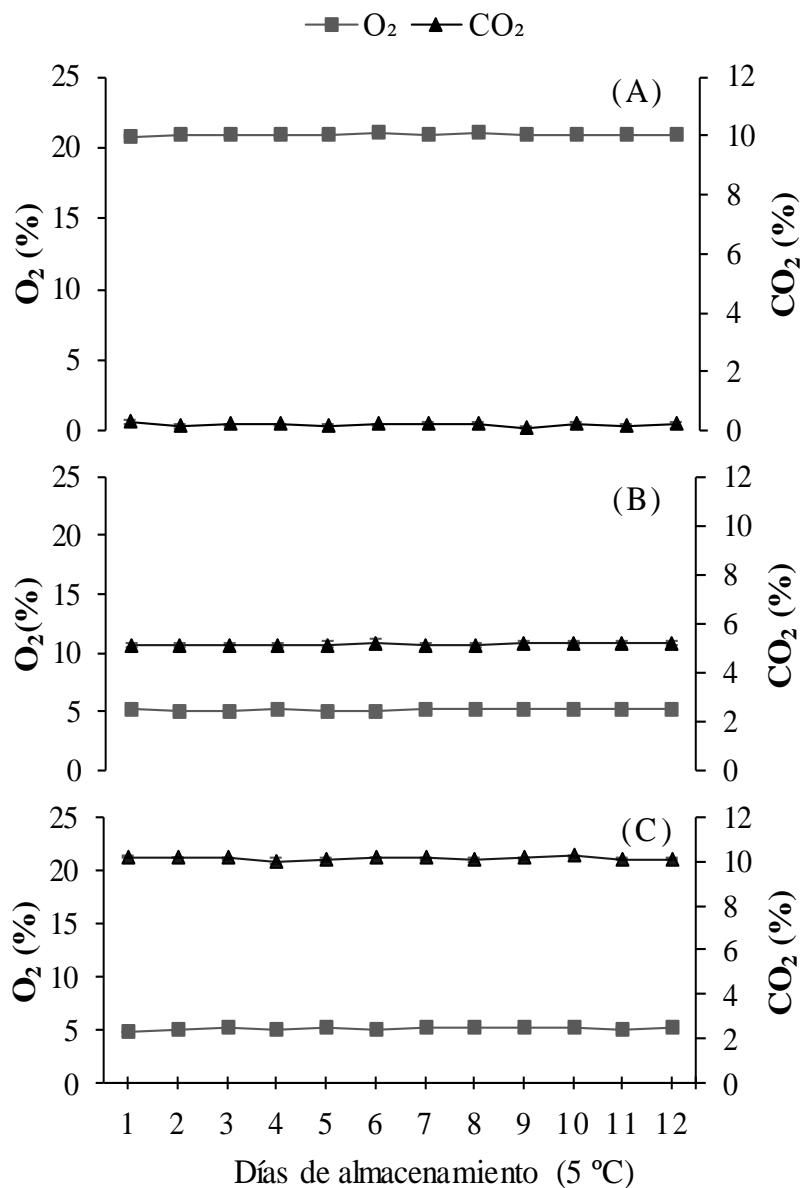


Figura 17. Evolución de la concentración de gases en el interior de recipientes según la atmósfera en estudio. Aire: 21 % O₂ + 0 % CO₂ (A), 5 % O₂ + 5 % CO₂ (B) y 5 % O₂ + 10 % CO₂ (C). Los marcadores representan el promedio \pm error estándar (n = 3).

5.2.3. Evolución de la tasa respiratoria (TR) en aire de frutos enteros y rodajas sometidos a tratamiento hidrotérmico

Tomate entero. La aplicación del TH en día 0 presentó la mayor actividad respiración de todo el ensayo, siendo los frutos tratados con temperaturas de 40 y 55 °C los que presentaron un incremento significativo en los valores de respiración de 8,1 a 8,9 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ respectivamente. Mientras que al tratarlos a 10 °C se obtuvo el valor más bajo de 7,4 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (Figura 18).

Al día 3 se observó una disminución significativa en la TR para todos los tratamientos producto del almacenamiento a 5 °C (Apéndice II, Cuadro 10), obteniéndose los valores más bajos de 4,1 y 2,9 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ cuando se aplicó el TH de 40 y 55 °C. Por el contrario, el valor más alto fue de 5,3 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ al aplicar 10 °C. Situación similar se observó al día 6 en donde la respiración más alta de 8,9 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ fue con 10 °C y la menor respiración de 3,5 y 4,9 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ fue con 40 y 55 °C (Figura 18).

El día 9 la respiración fue significativamente menor en frutos tratados a 55 °C con 2,9 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹. Sin embargo, en este día de medición el valor más alto de 5,7 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ se registró en 10 °C. Al día 12 el valor más alto de respiración fue con TH a 10 °C que alcanzó 5,6 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ siendo significativamente mayor que los obtenidos con los TH de 40 y 55 °C con 2,7 y 3,8 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (Figura 18).

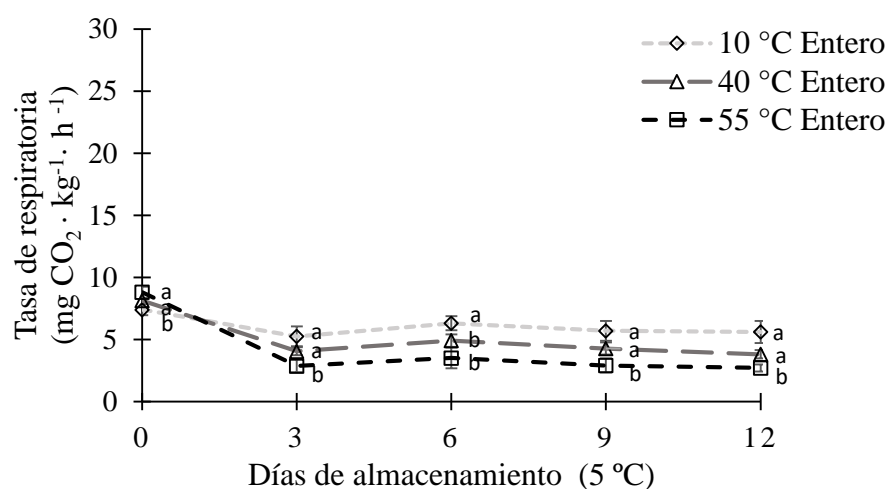


Figura 18. Evolución de la tasa respiratoria (mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) en aire de tomates ‘Yollibell’ enteros sometidos a tratamiento hidrotérmico y almacenados durante 12 días a 5 °C. Los marcadores representan el promedio ± error estándar (n = 3). Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre los niveles del tratamiento hidrotérmico, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05).

Rodajas de tomate. Inicialmente en el día 0 se observaron las mayores TR de 24,3 y 25,9 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ en rodajas sometidas a TH de 40 y 55 °C y éstas se diferenciaron significativamente de 10 °C con el menor valor de 26,3 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (Apéndice II, Cuadro 11).

En el día 3 existieron diferencias entre tratamientos, siendo la mayor TR de 20,7 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ para el TH a 10 °C. La respiración más baja se obtuvo con el TH a 55 °C que registró 15,8 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹. Misma situación se observó al día 6, donde el TH a 10 °C alcanzó 17,8 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹, diferenciándose significativamente de 40 y 55 °C alcanzando 16,6 y 15,8 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ respectivamente. En el día 9 la menor respiración de 17,6 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ se obtuvo con 55 °C, mientras que los TH a 10 y 40 °C fueron significativamente mayor con 17,6 y 16,7 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ respectivamente. Al día 12 se observó que los TH a 40 y 55 °C obtuvieron las menores tasas de 17,2 y 16,1 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ y el TH a 10 °C se diferenció significativamente por alcanzar el valor más alto de 19,1 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (Figura 19).

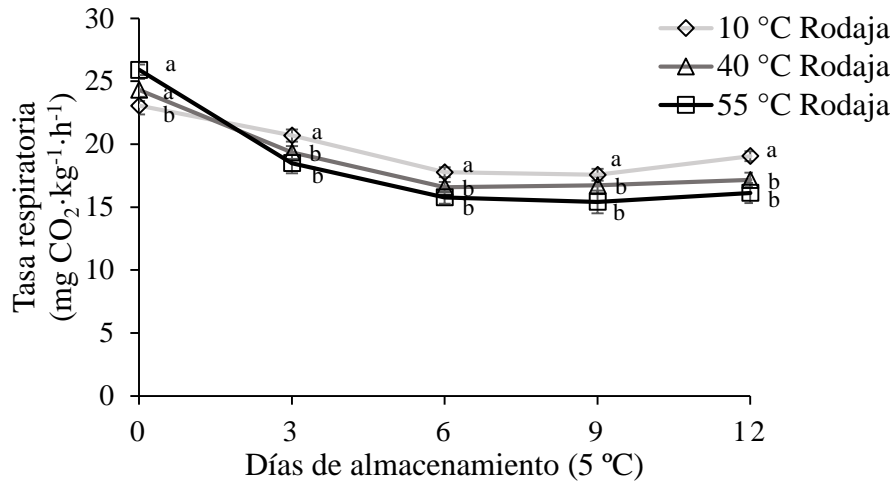


Figura 19. Evolución de la tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en aire de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas al tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas durante 12 días a 5 °C. Los marcadores representan el promedio \pm error estándar ($n = 3$). Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre los niveles del tratamiento hidrotérmico, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

5.2.4. Evolución de la tasa respiratoria (TR) en las distintas atmósferas de almacenamiento

La TR de rodajas de tomate almacenadas en las distintas atmósferas se diferenciaron significativamente en cada día de almacenamiento. Además, se observó que todas las atmósferas experimentaron un descenso significativo de la TR durante los primeros 9 días de almacenamiento y posteriormente se generó un incremento al día 12 (Cuadro 13).

Cuadro 13. Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar ($n = 3$).

Atmósfera controlada % O ₂ + % CO ₂	Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)				
	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
21 + 0	58,1 \pm 0,6 a ¹ A ²	45,3 \pm 0,7 a B	37,2 \pm 0,8 a C	32,5 \pm 0,5 a D	37,5 \pm 1,2 a C
5 + 5	55,4 \pm 0,7 a A	31,9 \pm 0,2 b B	29,0 \pm 0,3 b C	25,4 \pm 0,7 b D	27,1 \pm 0,6 b C
5 + 10	54,2 \pm 0,4 a A	26,5 \pm 0,5 c B	24,7 \pm 0,9 c C	22,6 \pm 0,4 c D	23,6 \pm 0,6 c C

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre atmósferas controlas, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²Letras mayúsculas distintas en sentido horizontal por atmósfera controla indican diferencias significativas entre los días de almacenamiento, según la prueba LSD de Fisher ($p \leq 0,05$).

Después del procesamiento (día 0) no se observaron diferencias significativas en la TR según la atmósfera utilizada, obteniéndose valores promedio de 54,2 a 58,1 $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Luego de 3 días las atmósferas experimentaron una reducción significativa en la TR, siendo 5 + 10

la que disminuyó un 58 % con respecto a la atmósfera de 21 + 0 que mostró un valor de 45,3 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (Cuadro 13).

En el día 6 de almacenamiento se observó diferencias significativas entre las atmósferas registrándose el valor más alto en 21 + 0 con 37,2 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹. Los menores valores se presentaron en 5 + 5 y 5 + 10 con 29,0 y 24,7 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ respectivamente. Al día 9 la TR en 21 + 0 fue de 32,5 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ siendo significativamente más alta que la registrada en 5 + 10 de 22,6 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹. Trascurridos 12 días de almacenamiento se presentó un leve incremento significativo en la respiración de rodajas, registrándose en 21 + 0 el valor más alto de TR de 37,5 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹, mientras que el valor más bajo de 23,6 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ se presentó en atmósfera de 5 + 10 (Cuadro 13).

5.2.4. Evolución de la tasa de producción de etileno (TPE) en aire de frutos y rodajas sometidos a tratamiento hidrotérmico

Tomate entero. Al día 0 la TPE no se diferenció significativamente entre los TH obteniéndose valores promedio de 1,2 a 1,3 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹ (Apéndice II, Cuadro 12). El día 3 de almacenamiento se observó que frutos tratados a 40 y 55 °C obtuvieron el valor más bajo de 0,7 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹ y éstas se diferenciaron significativamente del TH a 10 °C con 0,9 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹. Una situación similar se presentó al día 6 en donde la TPE más alta de 1,0 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹ fue a 10 °C, diferenciándose significativamente de 40 y 55 °C por alcanzar 0,7 y 0,8 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹ (Figura 20). Tras 9 días el TH a 55 °C presentó una TPE de 1,0 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹, siendo significativamente menor a la obtenida por 10 y 40 °C con valores de 1,3 y 1,1 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹. Al día 12 la TPE encontrada en el TH a 40 y 55 °C fue similar alcanzando 1,0 y 1,1 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹ y éstos se diferenciaron con los obtenidos a 10 °C de 1,4 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹.

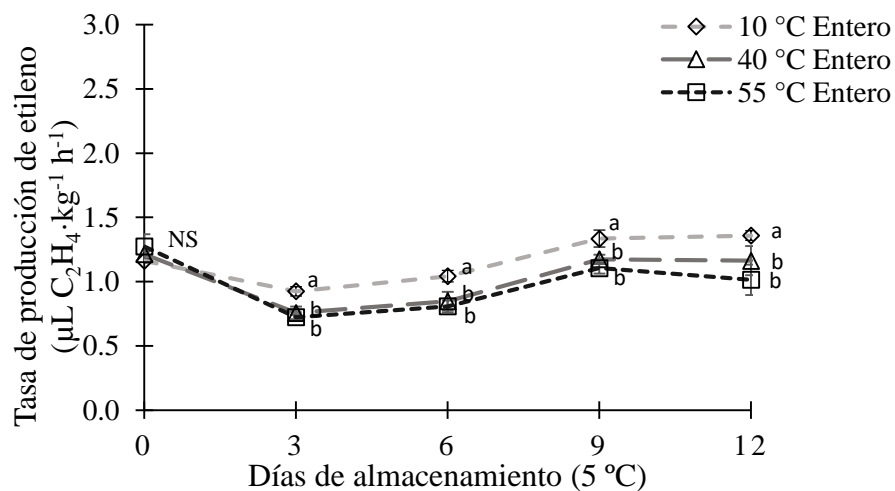


Figura 20. Evolución de la tasa de producción de etileno (μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹) en aire de frutos de tomate ‘Yollibell’ enteros sometidos a tratamiento hidrotérmico y almacenados durante 12 días a 5 °C. Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre los niveles del tratamiento hidrotérmico, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05).

Tomate en rodaja. En el día 0 la producción de etileno se diferenció significativamente según el TH aplicado, siendo las rodajas de frutos sometidos a 40 y 55 °C las que presentaron valores más altos de 2,7 y 2,9 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ y el menor valor de 2,2 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ a 10 °C (Apéndice II, Cuadro 13).

Al día 3 la mayor TPE fue de 2,4 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ registrado en el TH a 10 °C y éste se diferenció significativa de los TH a 40 y 55 °C, que obtuvieron 2,1 y 2,0 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ respectivamente. Tras 6 días, las rodajas provenientes de frutos sometidos a 55 °C presentaron 1,9 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ siendo significativamente menor a los de TH de 40 y 10 °C con 2,0 y 2,3 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. Trascurrido 9 días se observó que el TH a 10 °C presentó una producción de 2,3 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ que supero significativamente a los valores del TH de 40 y 55 °C con 2,1 y 1,8 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ respectivamente. Al finalizar el ensayo al día 12 se observaron valores similares de TPE para TH de 40 y 55 °C de 2,2 y 2,3 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, siendo significativamente menores a 10 °C con 2,5 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ (Figura 21).

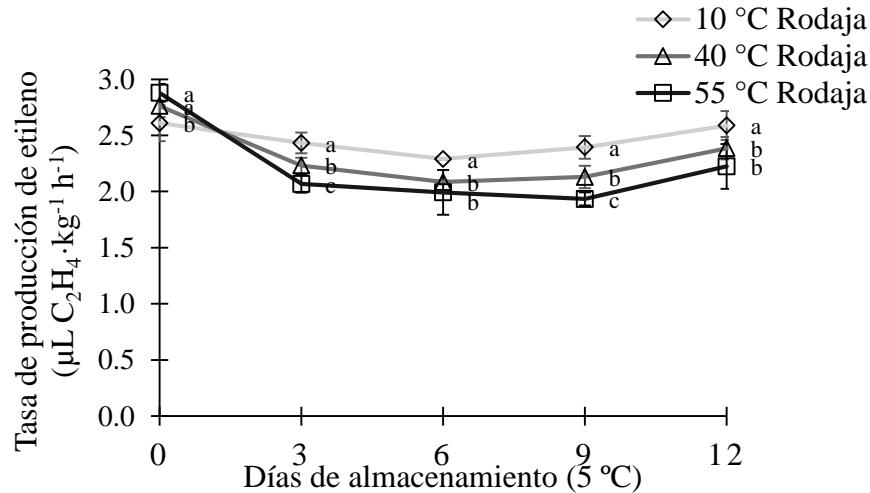


Figura 21. Evolución de la tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) en aire de rodaja de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar ($n = 3$). Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre los niveles del tratamiento hidrotérmico, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

5.2.5. Evolución de la tasa de producción de etileno (TPE) en las distintas atmósferas de almacenamiento

Las rodajas de tomate almacenadas en las distintas atmósferas presentaron diferencia significativa sobre la TPE en cada día de almacenamiento (Cuadro 14). En el día 0 el valor más alto 17,5 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ fue en atmósfera de 21 + 0 y el valor más bajo de 14,8 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ se obtuvo con 5 + 10. Luego de 3 días la TPE se redujo significativamente de 7 a 12 %, siendo 5 + 10 la que presentó la mayor disminución con 12,9 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ (Cuadro 14).

Después de 6 días se observaron diferencias significativas entre las atmósferas, registrándose el valor más alto de $14,9 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ en atmósfera de 21 + 0. Los menores valores de 13,1 y 11,1 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ se obtuvieron en atmósferas de 5 + 5 y 5 + 10. En los días 9 y 12 se presentó un leve incremento en la TPE con valores de $15,5 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ que corresponde a 21 + 0 y el valor más bajo de $12,8 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ en 5 + 10 (Cuadro 14).

Cuadro 14. Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) de rodajas de tomate ‘Yolibell’ almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 3).

Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)					
Atmósfera controlada % O ₂ + % CO ₂	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
21 + 0	17,5 \pm 0,2 a ¹ A ²	16,4 \pm 0,2 a B	14,9 \pm 0,2 a D	15,1 \pm 0,1 a D	15,5 \pm 0,1 a C
5 + 5	15,6 \pm 0,1 b A	15,0 \pm 0,2 b A	13,1 \pm 0,3 b D	13,6 \pm 0,7 b D	14,2 \pm 0,1 b C
5 + 10	14,8 \pm 0,1 c A	12,9 \pm 0,1 c B	11,7 \pm 0,2 c D	12,3 \pm 0,2 b C	12,8 \pm 0,2 c C

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre atmósferas controladas, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²Letras mayúsculas distintas en sentido horizontal por atmósfera indican diferencias significativas entre los días de almacenamiento, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

5.2.6. Pérdida de peso

La aplicación del TH y atmósferas sobre rodajas de tomate no presentó interacción, por lo que cada factor actuó de manera independiente sobre la pérdida de peso en cada día de medición (Cuadro 15).

Al día 3 las rodajas almacenadas en atmósfera de 21 + 0 presentaron el valor más alto de pérdida de peso de 0,8 % y el menor valor de 0,6 y 0,5 % en atmósferas de 5 + 5 y 5 + 10. Los TH se 40 y 55 °C se diferenciaron significativamente por registrar las menores pérdidas de peso de 0,6 y 0,5 %. Luego de 6 días la pérdida de peso fue significativamente mayor en 21 + 0 de 1,4 %, mientras que en 5 + 5 y 5 + 10 alcanzaron similar valor de 1,0 %. En este día de medición el TH se diferenció significativamente, registrándose valores más altos de 1,0 y 1,2 % al exponerse rodajas a TH de 10 y 40 °C, mientras que la menor pérdida de 0,8 % fue con 55 °C (Cuadro 15).

A los 9 días la pérdida peso en rodajas almacenadas en atmósferas de 21 + 0 y 5 + 5 registraron los valores más altos de 1,0 y 1,3 %. La menor pérdida se registró en atmósfera de 5 + 10 con un 1,1 %. Al día 12 se determinó que las atmósferas no presentaron diferencias significativas en la pérdida de peso, que se mantuvo entre 1,4 a 1,5 %. En el caso del TH a 55 °C presentó el valor más bajo 1,3 % (Cuadro 15).

Cuadro 15. Pérdida de peso (%) de rodaja de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 9).

Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Pérdida de peso (%)			
	Días de almacenamiento (5 °C)			
	3	6	9	12
21+ 0	0,8 \pm 0,0 a ¹	1,2 \pm 0,1 a	1,3 \pm 0,1 a	1,4 \pm 0,0 a
5 + 5	0,6 \pm 0,1 b	1,0 \pm 0,1 b	1,2 \pm 0,1 a	1,5 \pm 0,1 a
5 +10	0,5 \pm 0,1 b	1,0 \pm 0,1 b	1,1 \pm 0,1 b	1,4 \pm 0,0 a
Tratamiento hidrotérmico (TH)				
10 °C	0,8 \pm 0,0 a	1,2 \pm 0,0 a	1,3 \pm 0,1 a	1,6 \pm 0,0 a
40 °C	0,6 \pm 0,1 b	1,1 \pm 0,1 a	1,2 \pm 0,0 a	1,4 \pm 0,0 a
55 °C	0,5 \pm 0,1 b	0,8 \pm 0,1 b	1,0 \pm 0,0 a	1,3 \pm 0,1 b
Nivel de significancia				
AC	**2	**	**	NS
TH	***	***	***	**
AC x TH	NS ³	NS	NS	NS

^{1/}Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas entre los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ^{2/} **, ***. Significativo para ($p \leq; 0,01; 0,001$). ^{3/} No significativo ($p \geq 0,05$).

5.2.7. Luminosidad (L*)

Los valores de L* variaron según el día de medición y se determinó que no existió interacción entre el TH y almacenamiento en atmósferas (Apéndice II, Cuadro 14).

Al día 3 las atmósferas se diferenciaron significativamente siendo 21 + 0 la que presentó el valor más bajo de 41,4. En el caso de 5 + 10 se registró el valor más alto de 48,3. Se constató que independientemente la atmósfera utilizada, las rodajas sometidas a TH de 55 °C antes del corte mostraron un L* más altos de 45,7 (Figura 22). Luego de 6 días la atmósfera de 5 +10 registró el valor más alto de L* de 45,9 y los menores valores de 40,8 y 38,5 en 5 +5 y 5 +10 respectivamente. El TH a 40 y 10 °C alcanzaron un valor similar de L* de 40,4 y éste fue superado significativamente por 55 °C con 43,7 (Figura 22).

A los 9 la luminosidad de rodajas en 21 + 0 y 5 + 5 fueron significativamente igual, alcanzando valores promedio de 37,2 y 38,4. Por el contrario, en atmósfera de 5 + 10 el valor L* fue superior con 43,1. Independientemente la atmósfera de almacenamiento las rodajas tratadas con el TH a 55 °C se obtuvo un mayor L* de 41,2 (Figura 22).

Al día 12 las atmósferas presentaron diferencias significativas, siendo 21 + 0 la que presentó rodajas con L* más bajo de 40,6. Sin embargo, el TH en éste día de medición no fue significativo (Figura 22).

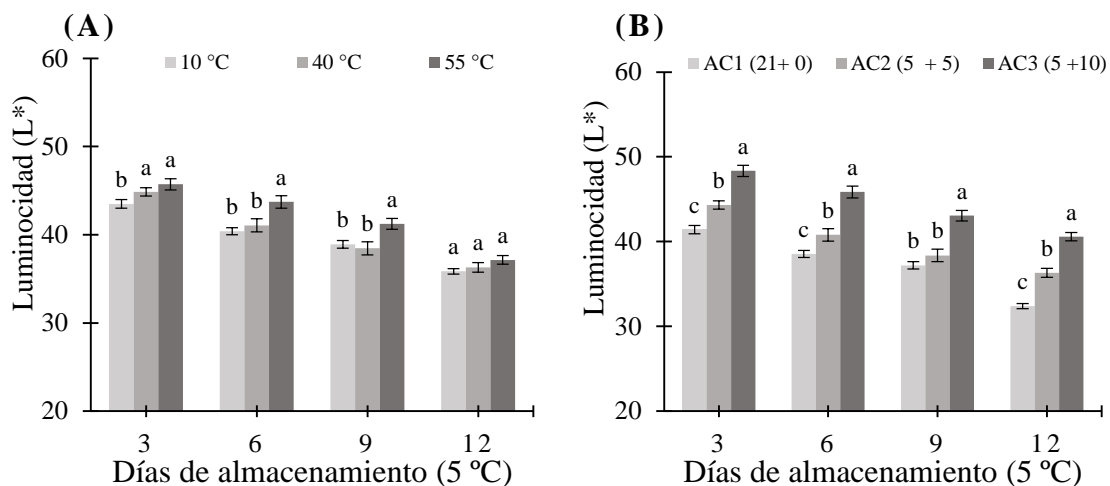


Figura 22. Evolución de luminosidad (L^*) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte (A) y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C (B). Las barras representan el promedio \pm error estándar ($n = 9$). Letras minúsculas distintas en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

5.2.8. Croma (C)

El croma en rodajas de tomate no presentó interacción significativa entre los factores de TH y atmósfera de almacenamiento (Apéndice II, Cuadro 15).

Al día 3 las rodajas en atmósfera de 21 + 0 obtuvo el C más alto de 27,4. Mientras que rodajas almacenadas en 5 + 5 y 5 + 10 mostraron menores C de 26,1 y 24,2 respectivamente. Por su parte la exposición a TH de 10 y 40 °C no mostraron diferencia significativa en el C de rodajas, alcanzando valores promedio 26,6 y 26,2 (Figura 23).

Luego de 6 días las rodajas con menor C se presentaron en atmósfera de 5 + 10 con 25,0 y mayor en 21 + 0 de 29,0. Al evaluar el TH se determinó que la aplicación de 55 °C generó el C más bajo de 25,9. Al día 9 la atmósfera de 5 + 10 presentó rodajas con C de 25,9 siendo significativamente menor que 5 + 5 y 21 + 0 con 27,6 y 30,3. Se verificó que la aplicación de TH a 55 °C obtuvo el C más bajo de 24,8 (Figura 23).

Al finalizar el almacenamiento (día 12) las atmósferas se diferenciaron significativamente, siendo 21 + 0 la que alcanzó el C más alto de 35,4 y el menor valor se registró en 5 + 10 de 26,7. Además, se verificó que al utilizar TH a 10 °C presentó el mayor C de 31,7 y el menor valor se obtuvo con el TH de 55 °C de 29,2 (Figura 23).

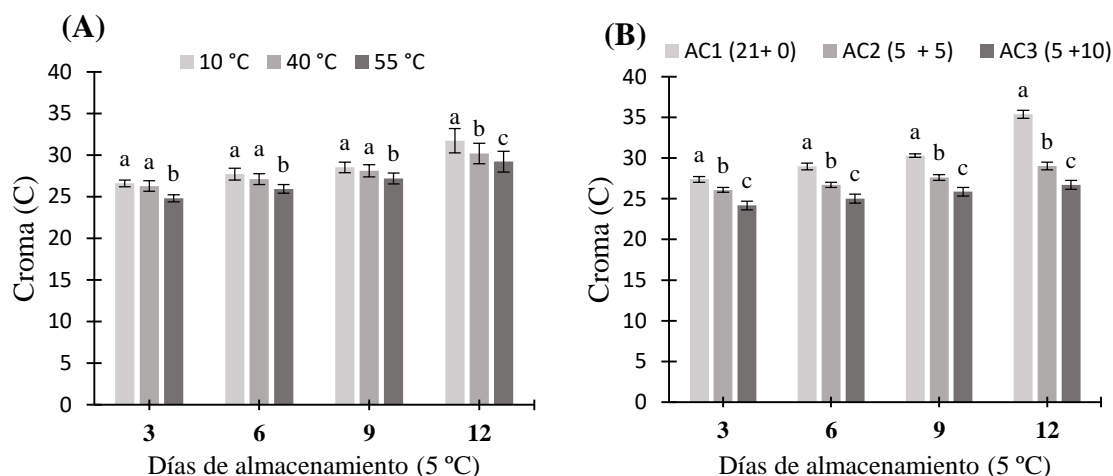


Figura 23. Evolución del croma (C) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte (A) y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C (B). Las barras representan el promedio \pm error estándar ($n = 9$). Letras minúsculas distintas en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

5.2.9. Tono (ángulo Hue)

El Hue en rodajas de tomate presentó interacción significativa entre el TH antes del corte y atmósferas de almacenamiento en el día 3 y 12 del ensayo. Al día 3, rodajas expuestas a temperatura de 10 °C combinado con atmósfera de 21 + 0 presentó el Hue más bajo de 40,0. Por el contrario, la combinación de TH a 55 °C con atmósfera de 5 + 10 obtuvo el Hue más alto de 49,5 (Cuadro 16).

En los días 6 y 9 no se detectó interacción entre los factores, por lo que independiente el TH aplicado la atmósfera de 21 + 0 obtuvo el Hue de 42,5 (día 6) y 42,1 (día 9), siendo significativamente mayor 5 + 5 (46,3 a 45,5) y 5 + 10 (46,8 a 46,2). Al evaluar el TH independiente de la atmósfera de almacenamiento utilizada, se determinó que el TH a 55 °C presentó el mayor Hue de 46,4 (día 6) y 45,8 (día 9) y menor en con TH a 10 °C con 44,4 y 43,8 (Cuadro 16).

Luego de 12 días se determinó que al combinar el TH a 55 °C con atmósfera de 5 + 5 se alcanzó el Hue más alto de 46,9 y el menor se registró a 10 °C y atmósfera de 21 + 0 logró un valor de 38,8 (Cuadro 16).

Cuadro 16. Tono (ángulo Hue) de rodajas de tomate 'Yollibell' sometidas a tratamiento hidrotérmico y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 3).

Tono (ángulo Hue)				
Atmósfera controlada (CA) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)			
	3	6	9	12
AC1 (21+ 0)	42,1 \pm 0,5	42,5 \pm 0,5 b ¹	42,1 \pm 0,5 b	40,56 \pm 0,7
AC2 (5 + 5)	46,4 \pm 0,9	46,3 \pm 0,2 a	45,5 \pm 0,5 a	46,18 \pm 0,3
AC3 (5 +10)	46,4 \pm 0,3	46,8 \pm 0,5 a	46,2 \pm 0,4 a	45,59 \pm 0,3
Tratamiento hidrotérmico (TH)				
10 °C	43,8 \pm 0,1	44,4 \pm 0,8 b	43,8 \pm 0,9 b	43,2 \pm 1,13
40 °C	44,9 \pm 0,7	44,8 \pm 0,7 b	44,2 \pm 0,6 b	43,9 \pm 1,04
55 °C	46,3 \pm 0,9	46,4 \pm 0,7 a	45,8 \pm 0,6 a	45,2 \pm 0,62
Interacción (AC x TH)				
AC1+10 °C	40,4 \pm 0,5 e ²	41,3 \pm 0,7	40,6 \pm 0,6	38,8 \pm 0,3 d
AC1+40 °C	43,4 \pm 0,4 cd	44,0 \pm 0,1	43,7 \pm 0,4	43,0 \pm 0,5 c
AC1+55 °C	42,5 \pm 0,6 d	42,1 \pm 0,7	41,9 \pm 0,4	39,8 \pm 0,5 d
AC2+10 °C	44,1 \pm 0,4 c	46,2 \pm 0,3	44,6 \pm 0,5	45,9 \pm 0,5 b
AC2+40 °C	46,5 \pm 0,5 b	46,8 \pm 0,3	47,1 \pm 0,4	45,9 \pm 0,2 b
AC2+55 °C	45,7 \pm 0,5 b	45,9 \pm 0,3	44,8 \pm 0,4	45,9 \pm 0,5 b
AC3+10 °C	46,7 \pm 0,5 b	45,6 \pm 0,4	46,0 \pm 0,4	44,8 \pm 0,5 b
AC3+40 °C	46,1 \pm 0,4 b	48,4 \pm 0,3	46,6 \pm 0,7	46,0 \pm 0,5 b
AC3+55 °C	49,5 \pm 0,6 a	46,3 \pm 0,3	45,9 \pm 0,5	46,7 \pm 0,5 a
Nivel de significancia				
AC	**3	**	**	**
TH	**	**	**	**
AC x TH	***	NS ⁴	NS	***

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).²Letras minúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos por interacción, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ³**, ***. Significativo para ($p \leq 0,01$; 0,001). ⁴No significativo ($p \geq 0,05$).

5.2.10. Firmeza

Los factores de TH y atmósferas no presentaron un efecto de interacción durante el almacenamiento (Cuadro 17). Al día 3 de almacenamiento las rodajas en atmósferas de 5 + 5 y 5 + 10 se diferenciaron significativamente por tener una firmeza más alta de 2,8 y 3,0 N respectivamente. Los menores valores se presentaron en 21 + 0 con 2,1 N. Además, el TH se diferenció significativamente, siendo la exposición a 10 °C la que registró la menor firmeza de 2,5 N y ésta fue significativamente mayor que 40 y 55 °C que alcanzaron 2,6 y 2,8 N (Cuadro 17).

Luego de 6 días las atmósferas 5 + 5 y 5 + 10 presentaron rodajas más firmes de 2,7 y 2,9 N. Además, los TH se diferenciaron significativamente, siendo la temperatura de 10 °C la que registró la menor firmeza de 2,3 N y la mayor con 40 y 55 °C que alcanzaron 2,5 y 2,7 N respectivamente (Cuadro 17).

A los 9 días el mayor valor de firmeza de 2,8 N se obtuvo en atmósfera de 5 + 10 y el menor valor fue 1,4 N registrado en 21 + 0. El TH a 10 °C alcanzó el menor valor de firmeza de 2,0 N diferenciándose significativamente de 40 y 55 °C con 2,4 y 2,7 N respectivamente (Cuadro 17).

Finalmente al día 12 se determinó que la atmósfera de 5 + 10 presentó rodajas más firmes de 2,4 N. Por el contrario, la menor firmeza fue en 21 + 0 que alcanzó 1,4 N. los TH evaluados se diferenciaron significativamente, siendo el TH de 40 y 55 °C el que favoreció a rodajas más firmes con 2,4 y 2,7 N respectivamente (Cuadro 17).

Cuadro 17. Firmeza (N) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenamiento en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 9).

Firmeza (N)				
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)			
	3	6	9	12
21+0	2,1 \pm 0,1 b ¹	1,9 \pm 0,1 b	1,7 \pm 0,1 c	1,4 \pm 0,1 b
5 + 5	2,8 \pm 0,1 a	2,7 \pm 0,1 a	2,5 \pm 0,1 b	2,4 \pm 0,1 a
5 +10	3,0 \pm 0,1 a	2,9 \pm 0,1 a	2,8 \pm 0,1 a	2,7 \pm 0,1 a
Tratamiento hidrotérmico (TH)				
10 °C	2,5 \pm 0,2 b	2,3 \pm 0,2 b	2,2 \pm 0,2 c	2,0 \pm 0,2 c
40 °C	2,6 \pm 0,1 a	2,5 \pm 0,2 a	2,4 \pm 0,2 b	2,2 \pm 0,2 b
55 °C	2,8 \pm 0,1 a	2,7 \pm 0,2 a	2,5 \pm 0,2 a	2,4 \pm 0,2 a
Nivel de significancia				
AC	***	***	***	***
TH	* ²	*	*	***
AC x TH	NS ³	NS	NS	NS

^{1/}Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ^{2/}*, **, ***. Significativo para ($p \leq 0,05$; 0,01; 0,001). ^{3/}No significativo ($p \geq 0,05$).

5.2.11. Sólidos solubles totales (SST)

La aplicación de TH y atmósferas no presentó interacción sobre los SST de rodajas, durante 12 días de almacenamiento (Cuadro 18). Al día 3 la atmósfera de 21+0 presentó SST de 2,6 % siendo significativamente menor que 5 + 5 y 5 + 10 que registraron valores de 3, y 3,5 % respectivamente. La aplicación de TH a 55 °C presentó significativamente el mayor valor de SST de 3,3 %. A los 6 días la atmósfera de 21 + 0 obtuvo 2,5 %, de SST, siendo significativamente menor que 5 + 5 y 5 + 10 con 3,4 y 3,6 % respectivamente. Además, se

diferenció significativamente la aplicación de TH a 55 °C por favorecer el mayor concentración de SST de 3,4 % (Cuadro 18).

Luego de 9 días la atmósfera de 5 + 10 alcanzó SST de 3,5 % mientras, que la atmósfera de 21 + 0 y 5 + 5 registraron valores de 3,3 y 2,5 % respectivamente. Además, el TH a 55 °C presentó el mayor contenido de 3,3 % de SST. Al día 12 las atmósferas de 5 + 10 alcanzó el valor más alto de 3,4 % de SST, mientras 21 + 0 registró el valor más bajo de 2,4 %. Por otra parte, se determinó que la aplicación de TH a 55 °C mantuvo el mayor contenido de SST en 3,2 % (Cuadro 18).

Cuadro 18. Sólidos solubles totales (%) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 9).

Sólidos solubles totales (%)				
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)			
	3	6	9	12
21+0	2,6 \pm 0,1 c ¹	2,6 \pm 0,1 c	2,5 \pm 0,1 c	2,4 \pm 0,1 c
5 + 5	3,3 \pm 0,1 b	3,4 \pm 0,1 b	3,3 \pm 0,1 b	3,2 \pm 0,1 b
5 +10	3,5 \pm 0,1 a	3,6 \pm 0,1 a	3,5 \pm 0,1 a	3,4 \pm 0,1 a
Tratamiento hidrotérmico (TH)				
10 °C	2,9 \pm 0,2 c	2,9 \pm 0,2 c	2,9 \pm 0,2 c	2,7 \pm 0,2 c
40 °C	3,2 \pm 0,1 b	3,2 \pm 0,1 b	3,1 \pm 0,1 b	3,0 \pm 0,2 b
55 °C	3,3 \pm 0,2 a	3,4 \pm 0,2 a	3,3 \pm 0,2 a	3,2 \pm 0,2 a
Nivel de significancia				
AC	**2	**	**	**
TH	***	***	***	***
AC x TH	NS ³	NS	NS	NS

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²**, ***. Significativo para ($p \leq 0,01$; 0,001). ³No significativo ($p \geq 0,05$).

5.2.12. Acidez titulable (AT)

Durante el ensayo no se presentó interacción entre los factores de TH y atmósferas sobre la acidez titulable de rodajas de tomate (Cuadro 19).

Al día 3 de almacenamiento las rodajas en atmósfera 5 + 10 manifestaron el valor más alto de acidez con 0,35 % y el menor valor se registró en 21 + 0 con 0,26 %. La TH no se diferenció significativamente, alcanzando valores entre 0,31 a 0,33 %. Luego de 6 días las rodajas en 21 + 0 mostraron valores significativamente más bajos de acidez de 0,25 %, mientras que en 5 + 10 fue de 0,36 %. Los TH aplicados no se diferenciaron significativamente registrándose valores de 0,30 a 0,32 % (Cuadro 19).

En el día 9 las rodajas en atmósfera de 21 + 0 mostraron valores bajos de acidez de 0,25 % en comparación a 5 + 10 que fue de 0,34 %. En el caso del TH no diferenció

significativamente llegándose a obtener valores de 0,29 y 0,30 % respectivamente. Al finalizar el almacenamiento al día 12, las atmósferas de 21 + 0 y 5 + 5 presentaron valores similares de acidez de 0,31 y 0,33 %, siendo los más altos en comparación a 21 + 0 con 0,24 %. Al evaluar el TH se observó que rodajas con mayor acidez de 0,32 % fueron tratadas con TH de 10 °C. Por el contrario, las sometidas a 40 y 55 °C alcanzaron valores de 0,27 y 0,30 % respectivamente (Cuadro 19).

Cuadro 19. Acidez titulable (% de ácido cítrico) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 9).

Acidez titulable (% de ácido cítrico)				
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)			
	3	6	9	12
21+0	0,26 \pm 0,10 c ¹	0,25 \pm 0,11 c	0,25 \pm 0,09 c	0,24 \pm 0,13 b
5 + 5	0,33 \pm 0,08 b	0,34 \pm 0,12 b	0,33 \pm 0,12 b	0,31 \pm 0,05 a
5 +10	0,35 \pm 0,06 a	0,36 \pm 0,06 a	0,35 \pm 0,08 a	0,33 \pm 0,01 a
Tratamiento hidrotérmico (TH)				
10 °C	0,33 \pm 0,02 a	0,32 \pm 0,05 a	0,31 \pm 0,02 a	0,32 \pm 0,04 a
40 °C	0,32 \pm 0,04 a	0,32 \pm 0,01 a	0,30 \pm 0,04 a	0,30 \pm 0,02 b
55 °C	0,31 \pm 0,03 a	0,30 \pm 0,02 a	0,29 \pm 0,05 a	0,27 \pm 0,03 c
Nivel de significancia				
AC	*** ²	***	***	***
TH	NS ³	NS	NS	***
AC x TH	NS	NS	NS	NS

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²***. Significativo para ($p \leq 0,001$). ³No significativo ($p \geq 0,05$).

5.2.13. Recuento de aerobios mesófilos

Los factores de TH y almacenamiento en atmósferas no presentaron interacción significativa en el recuento de bacterias mesófilas en rodajas de tomate. Los recuentos en rodajas recién cortadas (día 0) fue $< 1,0 \log \text{ufc g}^{-1}$ (Cuadro 20).

Al día 3 la atmósfera de 21 + 0 presentó un recuento significativamente más alto de $4,1 \log \text{ufc g}^{-1}$ mientras que en 5 + 5 se alcanzó $2,4 \log \text{ufc g}^{-1}$ y en 5 + 10 recuentos de $1,7 \log \text{ufc g}^{-1}$. Al evaluar el TH se determinó que la aplicación de 55 °C obtuvo la menor carga de $2,5 \log \text{ufc g}^{-1}$ y la mayor a 10 °C con $3,6 \log \text{ufc g}^{-1}$. A los 6 días 5 + 10 presentó valores significativamente más bajos de $3,5 \log \text{ufc g}^{-1}$ respecto a 21 + 0 con $5,5 \log \text{ufc g}^{-1}$. La aplicación de 10 °C presentó los mayores recuentos de $4,8 \log \text{ufc g}^{-1}$ en comparación con 55 °C que obtuvo $4,0 \log \text{ufc g}^{-1}$ (Cuadro 20).

A los 9 días los menores recuentos se dieron en 5 + 10 de $4,8 \log \text{ufc g}^{-1}$ mientras el más alto de $7,5 \log \text{ufc g}^{-1}$ en 21 + 0. La exposición de temperatura de 55 °C mostró un recuento de $5,6 \log \text{ufc g}^{-1}$ siendo significativamente menor que 10 °C con $6,3 \log \text{ufc g}^{-1}$ (Cuadro 20).

El día 12 la atmósfera de 5 +10 finalizó con el recuento significativamente más bajo de mesófilos de 5,7 log ufc g⁻¹ en comparación a 21 + 0 que alcanzó 8,5 log ufc g⁻¹. El TH a 55 °C mostró significativamente el menor recuento de 6,5 log ufc g⁻¹ con respecto a 10 °C que obtuvo 7,3 log ufc g⁻¹ (Cuadro 20).

Cuadro 20. Recuento de aerobios mesófilos (log UFC g⁻¹) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 9).

Recuento de aerobios mesófilos (log UFC g ⁻¹)					
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
21+ 0	<1,0	4,1 ± 0,1 a ¹	5,5 ± 0,1 a	7,4 ± 0,1 a	8,5 ± 0,1 a
5 + 5	<1,0	2,4 ± 0,2 b	4,2 ± 0,1 b	5,6 ± 0,1 b	6,5 ± 0,1 b
5 +10	<1,0	1,7 ± 0,1 c	3,6 ± 0,1 c	4,8 ± 0,2 c	5,7 ± 0,3 c
Tratamiento hidrotérmica (TH)					
10 °C	<1,0	3,0 ± 0,3 a	4,9 ± 0,3 a	6,3 ± 0,4 a	7,3 ± 0,4 a
40 °C	<1,0	2,7 ± 0,4 b	4,4 ± 0,3 b	5,9 ± 0,4 b	6,8 ± 0,4 b
55 °C	<1,0	2,4 ± 0,3 c	3,9 ± 0,3 c	5,6 ± 0,3 c	6,5 ± 0,2 c
Nivel de significancia					
AC	NS	***	***	***	***
TH	NS	** ²	**	**	**
AC x TH	NS	NS ³	NS	NS	NS

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$) ²**, ***. Significativo para ($p \leq 0,01$; 0,001). ³No significativo ($p \geq 0,05$).

5.2.14. Recuento de bacterias psicrófilas

El TH y almacenamiento en atmósferas no presentaron interacción sobre el recuento de bacterias psicrófilas en los días en que se realizó el conteo. Los recuentos en rodajas recién cortadas al día 0 fueron < 1,0 log ufc g⁻¹ (Cuadro 21). Al día 3 de almacenamiento los menores recuentos de 1,6 y 1,7 log ufc g⁻¹ se registraron en 5 + 5 y 5 + 10 y el mayor conteo de 1,9 log ufc g⁻¹ en 21+0. Por su parte el TH a 55 °C se diferenció significativamente por obtener el menor recuento de 1,3 log ufc g⁻¹ (Cuadro 21).

Luego de 6 días la atmósfera de 21 + 0 presentó recuentos significativamente mayores de 2,8 log ufc g⁻¹ respecto a 5 + 10 que alcanzó 2,6 log ufc g⁻¹. El TH a 10 °C obtuvo 3,2 log ufc g⁻¹ siendo significativamente mayor que 55 °C con 2,1 log ufc g⁻¹. A los 9 días las rodajas con menores recuentos fueron en 5 + 10 con 3,4 log ufc g⁻¹ mientras que el mayor recuento se presentó en 21 + 0 con 3,9 log ufc g⁻¹. Al evaluar el TH se determinó que a 10 °C fue significativamente el mayor recuento de 4,1 log ufc g⁻¹ en comparación con 40 °C y 55 °C que registraron recuentos de 3,7 y 3,1 log ufc g⁻¹ respectivamente (Cuadro 21).

Tras 12 días las atmósferas de 5 + 5 y 5 + 10 presentaron recuento de 4,8 y 4,3 log ufc g⁻¹ respectivamente, siendo significativamente menores que 21 + 0 con 5,4 log ufc g⁻¹. En el caso del TH se diferenció significativamente, alcanzando a 55 °C el menor recuento de 4,3 log ufc g⁻¹ en comparación a 10 °C que alcanzó 5,2 log ufc g⁻¹ (Cuadro 21).

Cuadro 21. Recuento de bacterias psicrófilas (log UFC g⁻¹) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 9).

Recuento de bacterias psicrófilas (log UFC g ⁻¹)					
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
21+0	<1,0	1,9 ± 0,1 a ¹	2,8 ± 0,2 a	3,8 ± 0,9 a	5,4 ± 0,1 a
5 + 5	<1,0	1,7 ± 0,1 b	2,6 ± 0,1 b	3,6 ± 0,2 b	4,7 ± 0,2 b
5 +10	<1,0	1,6 ± 0,1 b	2,5 ± 0,1 c	3,3 ± 0,1 c	4,3 ± 0,1 c
Tratamiento hidrotérmico (TH)					
10 °C	<1,0	2,3 ± 0,0 a	3,2 ± 0,1 a	4,1 ± 0,1 a	5,2 ± 0,2 a
40 °C	<1,0	1,8 ± 0,1 b	2,6 ± 0,5 b	3,7 ± 0,6 b	4,8 ± 0,2 b
55 °C	<1,0	1,3 ± 0,1 c	2,1 ± 0,5 c	3,1 ± 0,6 c	4,3 ± 0,1 c
Nivel de significancia					
AC	NS	***	***	***	***
TH	NS	** ²	**	**	**
AC x TH	NS	NS ³	NS	NS	NS

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$) ²**, ***. Significativo para ($p \leq 0,01$; 0,001). ³No significativo ($p \geq 0,05$).

5.2.15. Recuento de enterobacterias

El recuento de enterobacterias en rodajas de tomate no presentó interacción entre los factores de TH y atmósferas, en los días en que se realizó el conteo. Las rodajas en día 0 registraron recuentos < 1,0 log ufc g⁻¹ sin diferenciarse significativamente según el tratamiento aplicado (Cuadro 22).

Al día 3 de almacenamiento los recuentos más altos de 3,0 y 2,8 log ufc g⁻¹ se obtuvieron en las atmósferas de 21 + 0 y 5 + 5 respectivamente, mientras que el menor recuento se registró en 5 + 10 con 1,9 log ufc g⁻¹. Por su parte la aplicación de TH a 40 y 55 °C resultó en recuentos más bajos de 2,5 y 2,2 log ufc g⁻¹ en comparación a 10 °C que alcanzó 2,9 log ufc g⁻¹ (Cuadro 22).

Luego de 6 días 21 + 0 presentó 4,6 log ufc g⁻¹ siendo significativamente mayor que 5 + 10 con recuentos de 3,5 log ufc g⁻¹. Independiente de la atmósfera utilizada se determinó TH a 55 °C obtuvo 3,8 log ufc g⁻¹ siendo significativamente menor que 10 °C con 4,4 log ufc g⁻¹.

El día 9 la atmósfera de 5 + 10 presentó recuentos significativamente más altos de 4,5 log ufc g⁻¹ respecto a 21 + 0 que alcanzó 6,3 log ufc g⁻¹. En el caso del TH los recuentos más bajos fueron a temperatura de 55 °C que alcanzó 5,2 log ufc g⁻¹ y los recuentos más altos a 10 °C con 5,9 log ufc g⁻¹ (Cuadro 22). Al día 12 los recuentos más altos de 7,6 log ufc g⁻¹ se registraron en condiciones de 21 + 0 y el menor recuento en 5 +10 con 6,4 log ufc g⁻¹. Al evaluar el TH se determinó la aplicación 55 °C finalizó con el menor recuento de 6,8 log ufc g⁻¹ y se diferenció significativamente de 40 y 10 °C por alcanzar mayores recuentos de 7,0 y 7,2 log ufc g⁻¹ (Cuadro 22).

Cuadro 22. Recuento de enterobacterias (log UFC g⁻¹) en rodajas de tomate ‘Yolibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 9).

Recuento de enterobacterias (log UFC g ⁻¹)					
Atmósferas controladas (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
21+0	<1,0	3,0 ± 0,9 a ¹	4,5 ± 0,1 a	6,3 ± 0,1 a	7,6 ± 0,2 a
5 + 5	<1,0	2,6 ± 0,7 a	4,1 ± 0,1 b	5,5 ± 0,2 b	7,1 ± 0,1 b
5 +10	<1,0	1,8 ± 0,1 b	3,5 ± 0,2 c	4,5 ± 0,2 c	6,4 ± 0,3 c
Tratamiento hidrotérmicas (TH)					
10 °C	<1,0	2,9 ± 0,2 a	4,4 ± 0,2 a	5,9 ± 0,3 a	7,2 ± 0,2 a
40 °C	<1,0	2,4 ± 0,1 b	4,1 ± 0,1 b	5,4 ± 0,2 b	7,0 ± 0,3 a
55 °C	<1,0	2,2 ± 0,2 c	3,7 ± 0,1 c	5,2 ± 0,2 c	6,7 ± 0,1 b
Nivel de significancia					
AC	NS	**2	**	**	**
TH	NS	**	**	**	**
AC x TH	NS	NS ³	NS	NS	NS

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²**. Significativo para ($p \leq 0,01$; 0,001). ³No significativo ($p \geq 0,05$).

5.2.16. Recuento de hongos y levaduras (H y L)

El TH y el almacenamiento en atmósferas presentó interacción significativa en el recuento de H y L en los primeros 9 días del ensayo (Cuadro 23). En el día 0 los recuentos fueron menor a < 1,0 log ufc g⁻¹ sin diferenciarse significativamente según el tratamiento aplicado. Al día 3 la combinación de temperatura 40 y 55 °C con atmósferas de 5 + 10 presentaron los recuentos más bajos de 1 y 1,2 log ufc g⁻¹ en comparación a TH de 10 °C en combinación con 21+ 0 que alcanzo 2,6 log ufc g⁻¹. Situación similar se presentó al día 6 en donde el TH a 10 °C con atmósfera de 21 + 0 alcanzaron el mayor recuento de 3,7 log ufc g⁻¹, siendo significativamente mayor a la combinación de 55 °C con atmósfera de 5 + 10 que obtuvieron 1,6 log ufc g⁻¹ (Cuadro 23).

A los 9 días la combinación del TH a 55 °C con atmósfera de 5 + 10 presentaron el menor recuento de H y L de 2,0 ufc g⁻¹ y los mayores recuentos se presentaron al combinar TH a 10 °C con atmósfera de 21 + 0 alcanzaron 4,6 log ufc g⁻¹. Al final del almacenamiento (día 12) los factores de TH y almacenamiento en atmósferas presentaron un efecto de manera independiente, registrándose la menor carga H y L en atmósfera de 5 + 10 con 3,3 log ufc g⁻¹ y mayor en atmósfera de 21 + 0 de 5,3 log ufc g⁻¹. Al evaluar el TH se determinó que 55 °C presentó significativamente el menor recuento de 3,7 log ufc g⁻¹ (Cuadro 23).

Cuadro 23. Recuento de hongos y levaduras (log UFC g⁻¹) en rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 3).

Recuento de hongos y levaduras (log UFC g ⁻¹)					
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
AC1 (21+0)	<1,0	2,2 ± 0,1	3 ± 0,2	4,2 ± 0,1	5,3 ± 0,2 a
AC2 (5 + 5)	<1,0	1,5 ± 0,1	2,4 ± 0,1	2,9 ± 0,2	4,1 ± 0,1 b
AC3 (5 +10)	<1,0	1,0 ± 0,1	1,9 ± 0,1	2,3 ± 0,1	3,3 ± 0,2 c
Tratamiento hidrotérmico (TH)					
10 °C	<1,0	1,9 ± 0,2	2,9 ± 0,2	3,5 ± 0,3	4,8 ± 0,3 a
40 °C	<1,0	1,5 ± 0,2	2,4 ± 0,2	3,2 ± 0,3	4,3 ± 0,3 b
55 °C	<1,0	1,3 ± 0,2	2 ± 0,1	2,7 ± 0,3	3,7 ± 0,3 c
Interacción (AC x TH)					
AC1+10 °C	<1,0	2,6 ± 0,0 a ¹	3,7 ± 0,1 a	4,6 ± 0,0 a	5,8 ± 0,0
AC1+40 °C	<1,0	2,2 ± 0,0 b	2,8 ± 0,1 b	4,1 ± 0,1 b	5,3 ± 0,2
AC1+55 °C	<1,0	1,9 ± 0,1 c	2,5 ± 0,1 c	3,8 ± 0,0 c	4,7 ± 0,1
AC2+10 °C	<1,0	1,9 ± 0,1 c	2,8 ± 0,0 b	3,4 ± 0,0 d	4,6 ± 0,1
AC2+40 °C	<1,0	1,4 ± 0,1 d	2,4 ± 0,1 c	3,1 ± 0,0 e	4,2 ± 0,1
AC2+55 °C	<1,0	1,2 ± 0,1 ef	2,0 ± 0,1 e	2,2 ± 0,1 h	3,6 ± 0,0
AC3+10 °C	<1,0	1,3 ± 0,0 e	2,2 ± 0,0 d	2,6 ± 0,0 f	3,8 ± 0,0
AC3+40 °C	<1,0	1,2 ± 0,1 f	1,8 ± 0,1 f	2,4 ± 0,0 g	3,4 ± 0,1
AC3+55 °C	<1,0	1,0 ± 0,0 g	1,6 ± 0,0 g	2,0 ± 0,1 i	2,7 ± 0,1
Nivel de significancia					
AC	NS	*** ²	***	***	***
TH	NS	***	***	***	***
AC x TH	NS	**	**	**	NS ³

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²**, ***. Significativo para ($p \leq 0,01$; 0,001). ³No significativo ($p \geq 0,05$).

5.2.17. Concentración de fenoles totales (CFT)

Los factores de TH y almacenamiento en atmósferas no prestaron sobre la CFT para los días en que se realizó a medición interacción (Apéndice II, Cuadro 16). Al día 3 se determinó que la atmósfera de 5 + 10 alcanzó 23,1 mg EAG·100 g⁻¹PF siendo significativamente mayor que 21 + 0 y 5 + 5 que obtuvieron 21,2 y 22,1 mg EAG·100 g⁻¹PF respectivamente. La aplicación de TH a 55 °C mostró rodajas con CFT más alto de 22,4 mg EAG·100 g⁻¹PF y la menor a 10 °C con 20,6 mg EAG·100 g⁻¹PF (Figura 24).

Luego de 6 días la CFT significativamente más altas de 24,8 mg EAG·100 g⁻¹PF se obtuvo en atmósfera de 5 +10, mientras que 21 + 0 alcanzó el valor más bajo de 21,1 mg EAG·100 g⁻¹PF. Los TH no se diferenciaron significativamente alcanzando valores entre 22,5 a 23,2 mg EAG·100 g⁻¹PF (Figura 24).

A los 9 días el menor la menor CFT se presentó en 21 + 0 con 21,5 mg EAG·100 g⁻¹PF y el valor más alto se registró en 5 + 10 de 26,1 mg EAG·100 g⁻¹PF. El TH a 55 °C generó significativamente la mayor expresión de CFT en rodajas, alcanzando 24,7 mg EAG·100 g⁻¹PF. En el día 12 las rodajas en atmósfera de 21 + 0 presentó la CFT significativamente más baja de 20,0 mg EAG·100 g⁻¹PF respecto a 5 + 5 y 5 + 10 que obtuvieron valores de 21,2 y 23,1 mg EAG·100 g⁻¹PF. Además, se determinó que los TH no se diferenciaron significativamente, alcanzando valores entre 20,6 y 21,4 mg AG·100 g⁻¹PF (Figura 24).

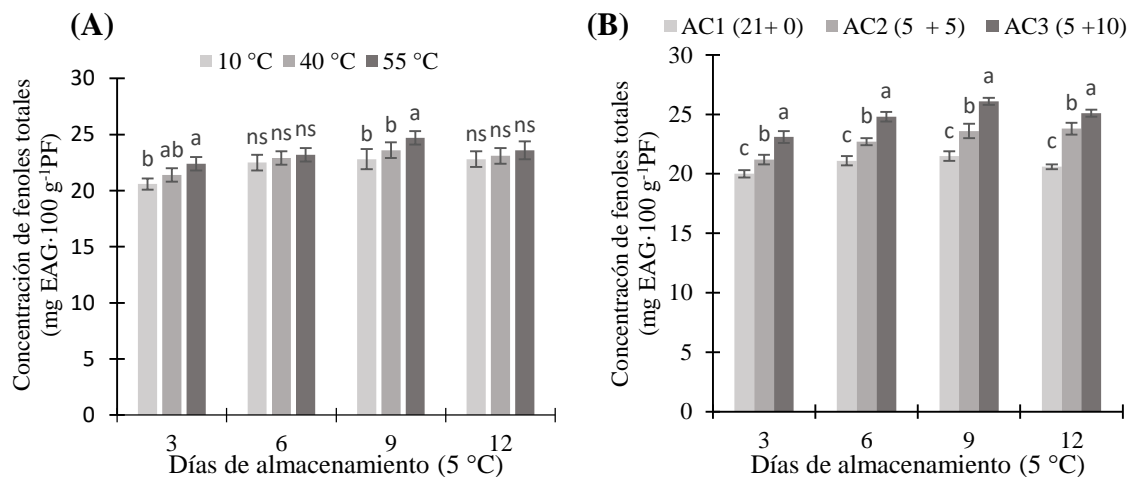


Figura 24. Evolución de la concentración de fenoles totales (mg AG·100 g⁻¹PF) de rodajas de tomate 'Yollibell' sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte (A) y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C (B). Letras minúsculas distintas en sentido horizontal en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de los factores, según la prueba LSD de Fisher ($p \leq 0,05$). Las barras representan el promedio \pm error estándar ($n = 9$).

5.2.18. Capacidad antioxidante total (CAT)

Los factores de TH y almacenamiento en atmósferas aplicados en rodajas, no presentaron interacción en los días en que se realizó la medición (Cuadro 24), por lo que los factores actuando de manera independiente. Al día 3 la atmósfera de 5 + 10 presentó rodajas con CAT significativamente más alta de 75,9 mg ET·100 g⁻¹PF, respecto a 21 + 0 que alcanzó 62,6 mg ET·100 g⁻¹PF. La aplicación de TH a 55 °C generó significativamente la CAT más alta de 71,7 mg ET·100 g⁻¹PF en comparación a 10 °C que obtuvo 67,5 mg ET·100 g⁻¹PF.

Luego de 6 días las rodajas presentaron el valor más bajo de CAT en atmósfera de 21 + 0 con 60,9 mg ET·100 g⁻¹PF y la mayor CAT en 5+ 10 que alcanzó 75,5 mg ET·100 g⁻¹PF. Al evaluar el TH se determinó que la aplicación de TH a 55 °C alcanzó significativamente la mayor CAT de 70,3 mg ET·100 g⁻¹PF. A los 9 días las rodajas en atmósfera de 5 + 10 presentó el valor más alto de CAT siendo de 26,1 mg ET·100 g⁻¹PF, mientras que el menor valor se obtuvo en 21 + 0 con 71,8 mg ET·100 g⁻¹PF. En cuanto al TH de 40 y 55 °C obtuvieron los valores más altos de CAT de 23,6 y 24,7 mg ET·100 g⁻¹PF respectivamente (Cuadro 24).

Al final de almacenamiento (día 12) las distintas atmósferas se diferenciaron significativamente, siendo 5 + 10 la que obtuvo el valor más alto de CAT de 68,0 mg ET·100 g⁻¹PF, mientras que los valores más bajos de 45,7 mg ET·100 g⁻¹PF se registraron en 21 + 0. El TH a 55 °C presentó significativamente el valor más alto de CAT de 58,9 mg ET·100 g⁻¹ PF (Cuadro 24).

Cuadro 24. Capacidad antioxidante total (mg ET·100 g⁻¹PF) de rodajas de tomate ‘Yolibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 9).

Capacidad antioxidante total (mg ET·100 g ⁻¹ PF)				
Atmósferas controladas (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)			
	3	6	9	12
21+ 0	62,6 ± 0,8 c ¹	60,9 ± 0,8 c	53,4 ± 0,4 c	45,7 ± 0,5 c
5 + 5	70,1 ± 0,9 b	68,1 ± 0,9 b	63,1 ± 0,9 b	58,3 ± 0,8 b
5 +10	75,9 ± 1,0 a	75,5 ± 0,7 a	71,8 ± 1,3 a	68,0 ± 0,6 a
Tratamiento hidrotérmico (TH)				
10 °C	67,5 ± 1,9 c	65,8 ± 2,2 c	60,8 ± 2,6 b	55,4 ± 3,2 c
40 °C	69,5 ± 2,0 b	68,5 ± 2,1 b	62,9 ± 2,7 a	57,7 ± 3,3 b
55 °C	71,7 ± 2,1 a	70,3 ± 2,2 a	64,7 ± 3,0 a	58,9 ± 3,3 a
Nivel de significancia				
AC	**** ²	***	***	***
TH	***	***	**	**
AC x TH	NS ³	NS	NS	NS

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05). ²***. Significativo para (p ≤ 0,001). ³No significativo (p ≥ 0,05).

5.2.19. Evaluación sensorial de apariencia de rodajas de tomate

La apariencia en rodajas de tomate cambio según el día en que se realizó el análisis sensorial (Figura 25) y se determinó que no existió interacción entre el TH y el almacenamiento en atmósferas. En el día 0 la apariencia de rodajas no se diferenció significativamente según el tratamiento aplicado, alcanzando puntajes entre 13,2 a 13,7 considerados como los valores más altos del ensayo (Apéndice II, Cuadro 17).

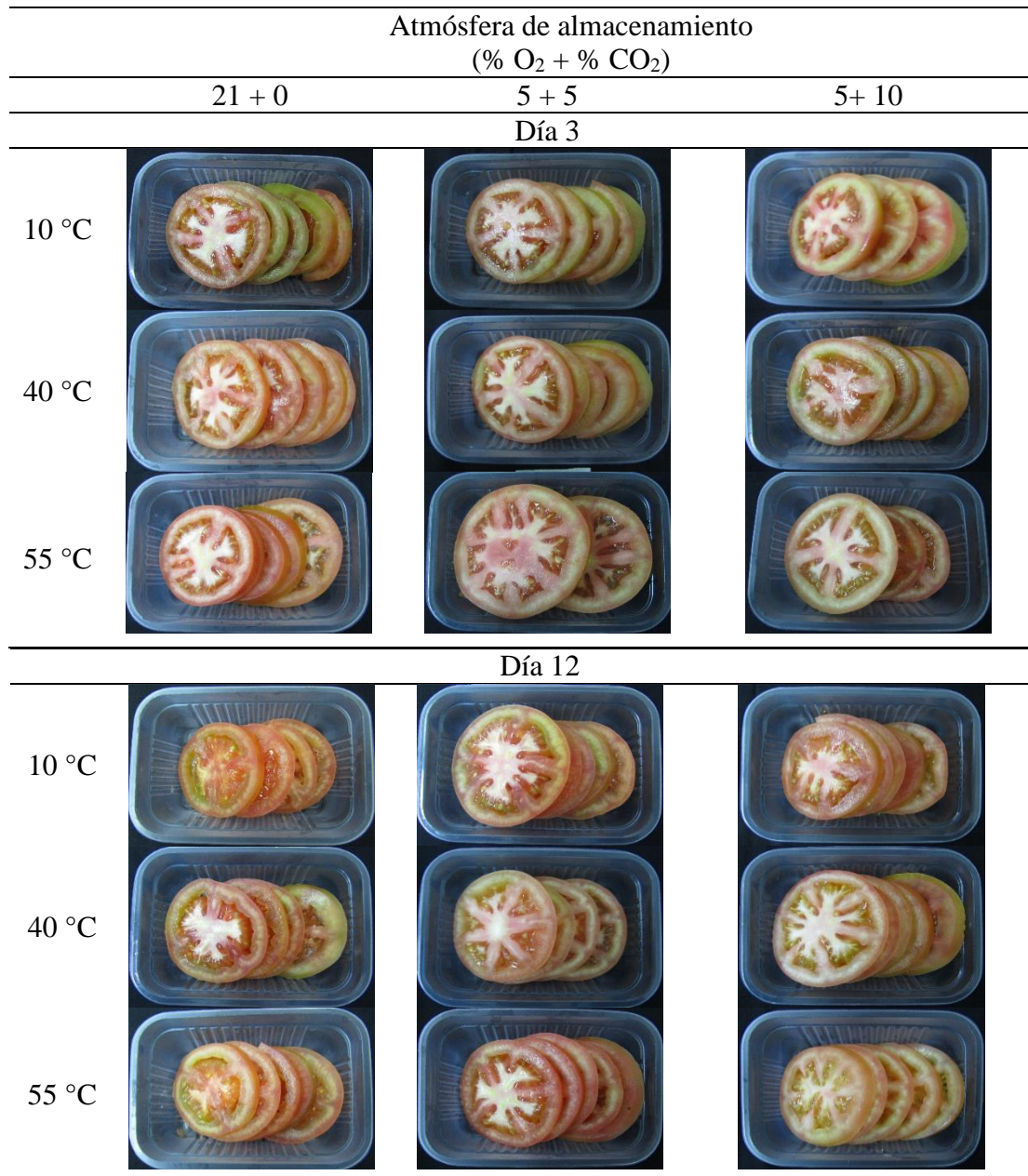


Figura 25. Evolución de la apariencia de rodajas de tomate 'Yollibell' sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenamiento en distintas atmósferas a 5 °C en los días 3 y 12 posterior al procesamiento.

Después de 3 días los puntajes de apariencia, significativamente más altos de 11,5 a 11,7 se obtuvieron en atmósferas de 5 + 5 y 5 + 10, mientras que los valores más bajos de 9,7 se registraron en 21 + 0. El TH aplicado se diferenciaron significativamente obteniendo el menor puntaje de 8,5 en rodajas sometidas a 10 °C. Sin embargo, los TH de 40 y 55 °C se presentaron mayores puntajes de 11,2 y 11,4.

Una situación similar ocurrió en los días 6, 9 y 12 de almacenamiento en donde la apariencia de rodajas se mantuvo significativamente más alta en atmósfera de 5 + 10 con puntajes de 8,8, 8,1 y 7,5 respectivamente para cada día. Por el contrario, los menores puntajes se percibieron en 21 + 0 con valores de 7,4, 6,9 y 6,1 respectivamente para cada día de medición. En el caso del TH se determinó que los puntajes más altos provenían de rodajas tratadas a 40 y 55 °C variando sus valores entre 9,3 a 7,5, mientras que la menor apariencia se apreció en rodajas sometidas a 10 °C con puntajes entre 8,2 a 6,9. (Apéndice II, Cuadro 15).

5.2.20. Evaluación sensorial de color de pulpa de rodajas de tomate

La aplicación del TH y el almacenamiento en atmósferas no presentó interacción en el color de la pulpa de rodajas en cada día de evaluación (Cuadro 25). Al momento del corte (día 0) el color de las rodajas no se diferenció significativamente. Sin embargo, se apreciaron los puntajes más bajos de color de 4,0 a 4,6 (Cuadro 25).

Al día 3 los puntajes del color de se diferenciaron significativamente según la atmósfera utilizada, siendo la de 21 + 0 la que presentó los puntajes más altos de 7,9, mientras que los más bajo en 5 + 10 de 5,0. El TH se diferenció significativamente, siendo 55 °C el que alcanzó significativamente el menor puntaje de 5,8 en comparación a 10 °C que alcanzó un valor de 4,6 (Cuadro 25).

Al día 6 los puntajes de color más altos se registraron en atmósfera de 21 + 0 que alcanzó valores de 8,3 a 9,0 mientras, que la atmósfera de 5 + 10 registró significativamente menores puntajes de 5,5 a 6,1. El TH se diferenció significativamente, encontrándose los menores puntajes en rodajas que provenían de frutos sometidos a 55 °C que alcanzaron puntajes de 6,9 (Cuadro 25).

El día 9 la atmósfera de 5 + 10 presentó puntajes significativamente más bajos de 5,8 en comparación con 21 + 0 y 5 + 5 que alcanzaron valores similares de 7,0 a 8,3. Los TH no mostraron diferencias significativas en este día de evaluación, alcanzando puntajes entre 7,6 y 6,9. Trascurridos 12 días se observó que los mayores puntajes de color fueron registrados en atmósferas de 21 + 0 y 5 + 5 con valores de 7,3 a 9,0. Por el contrario, el menor puntaje de color se visualizó en rodajas almacenadas en 5 + 10 con valor de 6,1. Además, se determinó que la aplicación de TH a 55 °C presentó puntajes significativamente más bajos de 6,9 comparada con el obtenido a 10 °C de 8,0 (Cuadro 25).

Cuadro 25. Sensorial de color de pulpa de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 9).

Sensorial de color de pulpa de rodajas de tomate ‘Yollibell’					
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
21+0	4,2 \pm 0,2 a ¹	7,9 \pm 0,3 a	8,3 \pm 0,3 a	8,7 \pm 0,4 a	9,0 \pm 0,3 a
5 +5	4,1 \pm 0,3 a	6,3 \pm 0,2 b	7,0 \pm 0,2 b	7,3 \pm 0,2 a	7,3 \pm 0,2 a
5 +10	4,0 \pm 0,4 a	5,0 \pm 0,2 c	5,5 \pm 0,2 c	5,8 \pm 0,2 b	6,1 \pm 0,2 b
Tratamiento hidrotérmico (TH)					
10 °C	4,6 \pm 0,2 a	7,0 \pm 0,5 a	7,4 \pm 0,5 a	7,6 \pm 0,5 a	8,0 \pm 0,5 a
40 °C	4,5 \pm 0,3 a	6,4 \pm 0,4 b	7,0 \pm 0,4 a	7,4 \pm 0,5 a	7,5 \pm 0,4 b
55 °C	4,1 \pm 0,3 a	5,8 \pm 0,5 c	6,4 \pm 0,5 b	6,9 \pm 0,5 a	6,9 \pm 0,5 c
Nivel de significancia					
AC	NS	*** ²	***	**	***
TH	NS	***	***	NS	**
AC x TH	NS	NS ²	NS	NS	NS

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²**, ***. Significativo para ($p \leq 0,01$; 0,001). ³No significativo ($p \geq 0,05$).

5.2.21. Evaluación sensorial de traslucidez en pulpa de rodajas de tomate

La aplicación del TH y el almacenamiento en atmósferas no presentó interacción sobre la traslucidez sobre los tabiques de rodajas de tomate en cada día de evaluación. Las rodajas recién cortadas (día 0) no se diferenciaron significativamente (Cuadro 26), alcanzando puntajes de traslucidez $<1,0$ siendo los menores valores durante el ensayo.

En el día 3 las atmósferas se diferenciaron significativa siendo 21 + 0 la que obtuvo el puntaje más alto de traslucidez de 3,3 mientras que 5 + 10 obtuvo el menor valor de 2,6. Al evaluar el TH a 55 resultó con los puntajes significativamente más bajos de 2,6 con respecto a 10 °C que alcanzó 2,9. Luego de 6 días las rodajas almacenadas en 5 +10 fueron evaluadas con el puntaje significativamente más bajo de 3,5 en comparación a 21 + 0 que alcanzó un valor de 4,5. Por otro lado, rodajas provenientes de frutos sometidos a TH a 10 °C fueron valoradas significativamente con mayor traslucidez de 3,8 y el menor valor en 55 °C con 3,4 (Cuadro 26).

En los días 9 y 12 los puntajes significativamente más altos se observaron en 21 + 0 con 6,1 y 7,3 respectivamente. Mientras que los menores valores se dieron en rodajas en atmósfera de 5 + 10 con valores de 3,6 y 4,5. El TH no se diferenció significativamente, alcanzando puntajes promedio de 4,5 a 4,7 (día 9) y de 5,6 a 5,9 (día 12) (Cuadro 26).

Cuadro 26. Traslucidez de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenamiento en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 9).

Traslucidez en pulpa de rodajas de tomate ‘Yollibell’					
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
21+0	<1,0	3,3 \pm 0,1 a ¹	4,5 \pm 0,1 a	6,1 \pm 0,1 a	7,3 \pm 0,3 a
5 + 5	<1,0	2,6 \pm 0,1 b	3,3 \pm 0,1 b	4,0 \pm 0,1 b	5,6 \pm 0,2 b
5 +10	<1,0	2,3 \pm 0,1 c	3,1 \pm 0,2 b	3,6 \pm 0,1 c	4,5 \pm 0,2 c
Tratamiento hidrotérmico (TH)					
10 °C	<1,0	2,9 \pm 0,2 a	3,8 \pm 0,3 a	4,7 \pm 0,4 a	5,9 \pm 0,4 a
40 °C	<1,0	2,7 \pm 0,2 a	3,7 \pm 0,2 a	4,6 \pm 0,4 a	5,6 \pm 0,5 a
55 °C	<1,0	2,6 \pm 0,2 a	3,4 \pm 0,3 b	4,5 \pm 0,4 a	5,7 \pm 0,5 a
Nivel de significancia					
AC	NS	**** ²	***	***	***
TH	NS	NS ³	*	NS	NS
AC x TH	NS	NS	NS	NS	NS

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²*, **, ***. Significativo para ($p \leq 0,05, 0,01; 0,001$). ³No significativo ($p \geq 0,05$).

5.2.22. Evaluación sensorial de dureza al morder de rodajas de tomate

La aplicación de TH y el almacenamiento en distintas atmósferas presentó interacción significativa únicamente el día 3 de almacenamiento sobre la sensación de dureza al morder (Apéndice II, Cuadro 18). En el día 0 las rodajas recién cortadas presentaron los puntajes más altos de dureza durante el ensayo, alcanzando valores de 10,5 a 11,0. Tras 3 días de almacenamiento el TH a 55 °C con atmósfera de 5 + 10 presentó una dureza significativamente más alta de 13,1. Por el contrario, los valores más bajos se obtuvieron cuando se combinó temperatura de 10 °C con atmósfera de 21 + 0 que alcanzó 7,1 (Apéndice II, Cuadro 16).

En los días 6 y 9 se determinó que los TH no presentaron diferencia significativa sobre la dureza de rodajas de tomate tratadas, alcanzando valores de 5,8 a 9,8 y 5,4 a 8,5. Por el contrario, las atmósferas se diferenciaron significativamente, siendo 21 + 0 la que alcanzó los puntaje de 5,8 a 4,5. Las rodajas con mayor dureza se registró en atmósfera de 5 + 10 en donde obtuvieron puntajes de 9,8 a 6,9. Al finalizar el ensayo la dureza en rodajas se mantuvo significativamente más alta en atmósfera de 5 + 10 con puntajes de 6,9, mientras que en 21 + 0 obtuvo el menor puntaje de 4,5. El TH no se diferenció significativamente según la temperatura utilizada, alcanzando a puntajes entre 5,0 a 6,1 (Apéndice II, Cuadro 18).

5.2.23. Evaluación sensorial de sabor extraño de rodajas de tomate

La percepción de sabores extraños en rodajas de tomate sometidas a TH antes del corte y almacenamiento en distintas atmósferas no se diferenciaron significativamente en los días en que se realizó la evaluación de este parámetro (Cuadro 27). Los valores registrados en los primeros 6 días fueron menores a <1,0, mientras que al día 9 se mantuvieron en un rango de 1,0 a 1,2. Trascurridos 12 días los valores para sabor extraño fueron de 1,6 a 2,1 (Cuadro 27).

Cuadro 27. Sabor extraño de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 9).

Sabor extraño de rodajas de tomate ‘Yollibell’					
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
21+0	0,0	0,4 \pm 0,1 a ¹	0,7 \pm 0,1 a	1,2 \pm 0,1 a	2,1 \pm 0,1 a
5 +5	0,0	0,2 \pm 0,0 a	0,5 \pm 0,0 a	1,0 \pm 0,1 a	1,6 \pm 0,1 a
5 +10	0,0	0,2 \pm 0,0 a	0,5 \pm 0,0 a	1,1 \pm 0,1 a	1,8 \pm 0,1 a
Tratamiento hidrotérmico (TH)					
10 °C	0,0	0,3 \pm 0,1 a	0,5 \pm 0,0 a	1,2 \pm 0,1 a	2,0 \pm 0,1 a
40 °C	0,0	0,2 \pm 0,1 a	0,6 \pm 0,1 a	1,0 \pm 0,1 a	1,8 \pm 0,1 a
55 °C	0,0	0,3 \pm 0,0 a	0,5 \pm 0,0 a	1,0 \pm 0,1 a	1,8 \pm 0,1 a
Nivel de significancia					
AC	NS	NS ²	NS	NS	NS
TH	NS	NS	NS	NS	NS
AC x TH	NS	NS	NS	NS	NS

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²No significativo ($p \geq 0,05$).

6. DISCUSIÓN

Caracterización de materia prima

Los frutos de tomate utilizados como materia prima en ambos ensayos presentaron valores entre 18,5 y 19,0 N (Cuadro 3), lo que se considera adecuado según Cantwell (2004). Este autor realizó una clasificación de los tomates en función de la resistencia al corte indicando que los valores varían desde inferiores a 8 N para frutos muy blandos, hasta superiores de 25 N para aquellos muy firmes. Por su parte, Arana *et al.* (2007) señalan que para considerar una calidad “extra” en tomates, éstos deben presentar una resistencia a la compresión cercana a 18 N. En cuanto a los parámetros químicos de SST y AT de los frutos seleccionados para los ensayos son correspondientes a frutos con estado de madurez “rojo claro”. Gross *et al.* (2016) reportan valores similares de SST (3,8 a 4,5%) y AT (0,33 a 0,41 %) para tomates de color rojo.

Tasa de respiración (TR) de frutos enteros y rodajas sometidos a tratamiento hidrotérmico (TH)

En ambos ensayos se observó que frutos enteros y en rodajas sometidos a TH de 40 y 55 °C presentaron inicialmente la mayor tasa respiratoria. Sin embargo, a medida que se extendió el periodo de almacenamiento a 5 °C, éstos TH obtuvieron la menor TR en comparación a los tratados a 10 °C. Este comportamiento también fue observado en melón y peras (Silveira *et al.*, 2011; Mery, 2011), como respuesta inicial al estrés generado por la exposición a temperaturas de 40 y 60 °C. Paull y Chen (2000) consideran que la reducción de actividad respiratoria estaría relacionada al estrés térmico en las células en condiciones no letales (menores a 45 °C) que causa una parada momentánea del metabolismo normal y activa los mecanismos de defensa. Lo anterior también fue observado por Rodoni *et al.* (2015), quienes evaluaron la inmersión de pimientos cortados en agua a 45 °C por un periodo de 3 min y posterior almacenamiento por 10 días a 5 °C logrando disminuir la TR en un 30 % en comparación a los no tratados. También se han utilizado tratamientos térmicos en rodajas de zanahoria mediante la aplicación de microondas leves, de 750 W por 45 s reduciendo un 55 % la TR inicial en comparación con las muestras sin tratar (Martínez *et al.*, 2006). Por su parte Lara *et al.* (2009) reportaron que frutos de durazno 'Dixiland' tratados con aire caliente a 39 °C durante 72 h seguido de 3 días en almacenamiento a 20 °C mostraron la acumulación de proteínas de choque térmico en los tejidos. Aghdam *et al.* (2013) sugieren que estas proteínas están implicadas en la estabilización de proteínas y membranas que permite hacer frente a las condiciones de almacenamiento posteriores.

De acuerdo a los resultados obtenidos en ambos ensayos la TR alcanzada posterior al procesamiento (día 0) fue de 2,5 a 3,2 veces más alta que la de frutos intactos (Figura 14). Este resultado se atribuiría al daño mecánico ocasionado en los tejidos por el corte y que desencadena una respiración inducida en los tejidos, lo que conlleva un metabolismo más activo y usualmente a una tasa de deterioro más acelerada (Cantwell y Suslow, 2007). Por otro lado, Laties (1978) considera que el aumento en la respiración en tejidos dañados es consecuencia del aumento en la emisión de etileno, el cual estimula la respiración. Además, Sousa *et al.* (2017) consideran que a mayor grado de procesado mayor es la tasa respiratoria. En ese sentido investigaciones realizadas por Silveira *et al.* (2007) observaron que la tasa

respiratoria de cubos, con mayor superficie y grado de procesado, fue mayor en comparación a tajadas, de melón almacenados a 5 °C.

Tasa de respiración de rodajas almacenadas en distintas atmósferas

Los resultados obtenidos en esta investigación indican que las rodajas de tomate almacenadas durante 12 días en atmósfera de reducido O₂ y moderada concentración de CO₂ (5 + 10) a 5 °C redujeron la TR en 57 % en comparación con aquellas sometidas a la atmósfera de aire (21 + 0) (Cuadro 4). Estos resultados son consistentes a los obtenidos por Silveira *et al.* (2011) quienes en atmósfera modificada pasiva alcanzaron un estado de equilibrio de 7,4 kPa O₂ y 7,4 kPa CO₂ durante 10 días a 5 °C, observando una disminución de la TR en piezas de melón. Efectos similares se observaron empleando una atmósfera con presiones parciales de 5 kPa de O₂ y 3 kPa de CO₂ en tomate entero almacenado a 13 °C y 85 % HR, obteniendo menor TR que aquellos en aire (Majidi *et al.*, 2014). Los resultados anteriores serían esperables, ya que al disminuir la presión parcial de O₂ (≤ 10 kPa) e incrementar la presión parcial de CO₂ (> 3 kPa) respecto al aire, se genera un efecto directo en la reducción de la TR de los frutos cortados (Artés *et al.*, 2006). Sin embargo, cuando las proporciones de O₂ y CO₂ en la atmósfera no son adecuadas para los frutos enteros y cortado, se producen trastornos fisiológicos como maduración irregular y aparición de olores no deseados (Sandhya, 2010).

Tasa de producción de etileno (TPE) en frutos enteros y rodajas sometidos a tratamiento hidrotérmico

Los resultados demuestran que TPE aumentó de 3 a 3,5 veces en rodajas respecto a los frutos intactos (Figura 16). El incremento de la producción etileno pudo deberse al estrés provocado por el corte que generó una señal de estrés como mecanismo de defensa en los tejidos dañados (Kader, 2002). La disminución de la TPE en ambos ensayos podría ser relacionada a la exposición de la temperatura a 5 °C bajo la cual se reduciría el estrés provocado por el corte, lo que es reconocido como uno de los principales factores en la conservación de la calidad de las hortalizas MP (Artés y Allende, 2005).

El TH mostró un efecto significativo en la disminución de la TPE tanto en frutos enteros y rodajas, en particular a 55 °C ya que a ésta temperatura disminuiría la actividad enzimas relacionadas con la biosíntesis del etileno, que se encuentran asociadas a la membrana celular. (Mathooko *et al.*, 1995). Estudios previos realizados por Asif *et al.* (2009) determinaron que la exposición de temperaturas mayores a 40 °C tendrían una acción inhibitoria de la actividad de las enzimas como la ACCS (1- aminociclopropano-1-carboxilato sintasa) y ACCO (1-aminociclopropano-1-carboxilato oxidasa) responsables de catalizar la síntesis de etileno.

Tasa de producción de etileno (TPE) en rodajas almacenadas en distintas atmósferas

Bajo atmósferas de reducido O₂ (5 %) y moderado CO₂ (10 %) se obtuvo una reducción de TPE en rodajas de tomate (Cuadro 5). Debido probablemente a una menor velocidad de maduración ya que se afectaría la producción de etileno y la actividad de enzimas relacionadas con el ablandamiento de los tejidos (Thompson *et al.*, 2018). El almacenamiento de frutas y hortalizas en presencia de reducidas concentraciones de O₂ afectaría la actividad de la enzima ACCO, que es requerida para poder oxidar el sustrato que da origen al etileno

(Sfakiotakis *et al.*, 1997). Según Antunes y Sfakiotakis (2000) en frutos kiwi (*Actinidia deliciosa* L.) almacenados en atmósfera de 5 % de O₂ y 95 % de N₂ se redujo la producción de etileno debido a una disminución en la actividad de la enzima ACCO. Por su parte, el incremento de la presión parcial de CO₂ (3 a 8 kPa) en la atmósfera de almacenamiento disminuiría la producción de etileno ya que ésta molécula es considerada como inhibidor competitivo del sitio activo del etileno en la célula bloqueando la señal auto-catalítica de esta hormona (Kader, 2007).

Pérdida de peso

Los frutos MP se vuelven más susceptibles a la pérdida de peso por deshidratación ya que al remover la piel y por aumentar la relación de superficie-volumen durante el corte se favorece la exposición a la atmósfera ambiental que se caracteriza por una menor HR (Aguayo *et al.*, 2004).

En la investigación realizada se determinó que las rodajas de tomate en ambos ensayos presentaron una leve pérdida de peso (<2 %) durante 12 días de almacenamiento (Cuadro 10). La pérdida de agua podría atribuirse a que la HR de las atmósferas pudo presentar variaciones que favoreció una gradiente de presión de vapor en el interior de los recipientes provocando una deshidratación de las rodajas (García y Barrett, 2002). Investigaciones realizadas por Ansah *et al.* (2018) sostienen que una pérdida de agua menor a 3 % en frutas no afecta la apariencia visual. Por su parte Figueroa *et al.* (2010) determinaron que una pérdida de agua entre 3 y 5 % origina arrugamiento y pérdida de firmeza en frutos intactos.

En los ensayos realizados se determinó que las mayores pérdidas de peso se registraron en condiciones de atmósfera de 21 + 0. La pérdida puede relacionarse a que esta atmósfera presentó las mayores variaciones de HR. Por el contrario, la atmósfera de 5 + 10 fue más estable en los valores de HR, mostrando menores pérdidas de peso. Por su parte Hakim *et al.* (2004) reportan que rodajas de tomate almacenadas en condiciones de atmósfera de aire (21 % de O₂) alcanzaron una mayor pérdida de peso, en comparación a las almacenadas en 2,5 % de O₂ y 5 % de CO₂.

Color

El color es el parámetro que más incide en la percepción de la calidad en frutas y verduras frescas (Ahmed *et al.*, 2012). En los resultados de ambos ensayos los factores de TH y almacenamiento en atmósferas tuvieron un efecto sobre los parámetros de L*, C y Hue de rodajas de tomate.

Las rodajas sometidas a temperatura de 55 °C antes del corte, presentaron mayores valores de L* y Hue, mientras que el C se redujo en cada día de medición, en comparación a 10 °C en donde L* y el Hue disminuyeron y el C aumentó. Por su parte, el almacenamiento en atmósfera de 5 +10 presentó menores valores de C y el Hue en comparación a la atmósfera en aire (21 +0) en donde se incrementaron los valores de estos parámetros (Figura 22). La obtención de un C y Hue de mayor valor es característico de un color más claro que demuestra un retraso de maduración de las rodajas (Aguayo *et al.*, 2004). De igual forma Lu *et al.* (2009)

observaron un retraso en maduración de tomates enteros al exponerlos a temperaturas de 39 °C los cuales presentaron un C y Hue más alto en comparación con frutos no tratados.

Begum y Brewer (2001) sostienen que los cambios en el color podrían deberse a que en tomate el principal pigmento es el licopeno y la síntesis de éste se ve afectado por las bajas concentraciones de O₂ en la atmósfera de almacenamiento y la aplicación de tratamiento térmico antes o después del procesamiento, ambas situaciones de estrés pueden causar isomerización de los dobles enlaces en dicho pigmento, provocando un cambio en la estructura del pigmento lo que genera una reducción en la intensidad del color.

Firmeza

El deterioro más evidente en la calidad del tomate recién cortado es el ablandamiento de los tejidos, como resultado de la solubilidad de pectinas en la pared celular (Natalini *et al.*, 2014), asociada principalmente a la actividad de enzimas (Budde *et al.*, 2006).

Los resultados de los ensayos mostraron que la firmeza de rodajas de tomate disminuyó durante el almacenamiento y se determinó que independiente de la TH aplicada, la disminución fue menor en atmósfera de 5 % O₂ + 10 % CO₂ alcanzando una pérdida de 23% de la firmeza inicial y de un 31 % en atmósfera de aire (Cuadro 17). Resultados similares fueron reportados por Majidi *et al.* (2014) en tomates rojos almacenados en AC de 5 kPa O₂ y 3 kPa CO₂, obteniendo frutos más firmes al finalizar el almacenamiento. La retención de la firmeza puede atribuirse al efecto de la baja concentración de O₂ en la atmósfera de almacenamiento, que disminuye la acción de enzimas relacionadas con el ablandamiento de los tejidos como la pectinmetilesterasa (PME) y poligalacturonasa (PG) (Finnegan y O'Beirne, 2015).

La aplicación de TH en frutos antes del corte favoreció un efecto significativo sobre la firmeza de rodajas, siendo la temperatura de 55 °C la que presentó rodajas más firmes (Cuadro 17). El resultado anterior es congruente con lo reportado por Akbudak *et al.* (2007) quienes determinaron que tomates enteros sumergidos en agua a 54 °C durante 5 min presentaron una menor pérdida de firmeza. Los frutos tratados redujeron de 13,1 N (día 0) a 6,9 N (día 28), mientras que en las muestras no tratadas la reducción fue de 13,2 a 1,7 N, respectivamente. El mantenimiento de la firmeza podría atribuirse a una mayor integridad celular en los tejidos por efecto del tratamiento hidrotérmico (Toivonen y Brummell, 2008). El estrés generado favorece el incremento de la enzima PME que provoca la formación de un mayor número de grupos carboxilos libres, capaces de reaccionar con iones divalentes, como el calcio y el magnesio, presentes en la pared celular, creando estructuras tridimensionales más rígidas que aumenta la firmeza de los tejidos (Villarreal *et al.*, 2004). Por otro lado, la aplicación de TH de 40 °C inhiben la actividad de la PG, lo cual genera que se mantenga la firmeza. (Pelloux *et al.*, 2007). En investigaciones previas realizadas por Budde *et al.* (2006) se sostiene que el efecto de inmersión en agua a 44 °C por 3 min sobre la retención firmeza de melocotones estaría asociada a la inhibición de la producción de etileno dando como resultado menores niveles de SAMS (S-Adenosilmetionina Sintetasa) que es la hormona que cataliza la reacción inicial en la biosíntesis de etileno.

Sólidos solubles totales (SST)

En frutos de tomate los azúcares representan aproximadamente el 50 % de la materia seca, siendo la glucosa y la fructosa las de mayor proporción (Adalid, 2011). La aplicación de tratamientos térmicos tiene gran impacto en la acumulación de azúcares en frutas que no han completado su maduración, ya que en los tejidos se da un aumento en la actividad de enzimas que catalizan los carbohidratos (Guillen *et al.*, 2007). En los ensayos realizados se determinó que independientemente de la atmósfera de almacenamiento la concentración SST en rodajas provenientes de frutos expuestos a temperaturas de 40 y 55 °C presentaron los mayores valores de SST durante 12 días de almacenamiento (Cuadro 18). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Pinheiro *et al.* (2014) quienes aplicaron un shock térmico de inmersión en agua a 40 °C por 30 min en tomates enteros, resultando una mayor concentración de SST (4,6 %) en comparación a frutos no tratados térmicamente (3,3 %). En este sentido Falagán *et al.* (2018) reportaron que la aplicación del tratamiento térmico de 50 °C en nectarines promovió un incremento de SST desde el inicio hasta final del almacenamiento. Este incremento puede relacionarse a una mayor síntesis de sacarosa, mediante la activación de la enzima sacarosa fosfato sintasa y sacarosa sintasa, como respuesta al estrés térmico aplicado (Beirao *et al.*, 2008). Sin embargo, autores como Finnegan y O'Beirne (2015) manifiestan que el incremento de los SST en frutos cortados se asocia a que los frutos se cosechan en estado de madurez fisiológica y al someterse al procesamiento, los tejidos no dañados pueden continuar el proceso de maduración, que se caracteriza por un aumento de los sólidos solubles.

El almacenamiento de las rodajas de tomate en atmósferas de reducido O₂ (5 %) y moderado CO₂ (10 %) mostraron valores más altos de SST en cada día de medición. Lo anterior estaría relacionado a que la atmósfera utilizada favoreció la disminución de la actividad respiratoria, dando lugar a una menor degradación de polisacáridos en el metabolismo respiratorio (Kader, 2002).

Acidez titulable (AT)

La acidez en tomates suele ser de 0,2 a 0,6% calculada como porcentaje de ácido cítrico y este representa más del 10% de la materia seca del fruto (Adalid, 2011). Las atmósferas utilizadas en los ensayos mostraron una disminución significativa de la acidez titulable en rodajas de tomate durante el almacenamiento, registrándose los valores más altos en atmósferas de bajo O₂ y moderado CO₂ (5 + 10) (Cuadro 19). Lo anterior se podría asociar a que la atmósfera utilizada mostró los menores valores de TR, con lo que se favoreció a disminuir el catabolismo de los ácidos presentes en las rodajas. En investigaciones previas realizadas por Odriozola *et al.* (2008) reportaron que tomates cortados en rodajas almacenadas en condiciones de atmósferas activas de 5 kPa de O₂ + 5 kPa de CO₂ fueron efectivas para mantener el contenido de ácido cítrico durante 5 días de almacenamiento a 5 °C.

En el presente trabajo se muestra que la aplicación de los TH en frutos antes del corte no generó un efecto en el contenido de acidez titulable durante el almacenamiento independiente de la AC utilizada. Estos resultados no son consistentes con lo reportado por Lu *et al.* (2010)

quienes encontraron que tomates en estado de madurez de quiebre de color, calentados por aire a 39 °C por 4 h alcanzaron un mayor AT cuando se maduraron a 20 °C. Mulas y Schirra. (2007) observaron que la acidez en frutos de durazno 'Dixiland' disminuyó después de aplicar el tratamiento de aire caliente a 39 °C por 4 h.

Recuentos microbiológicos

Mesófilos

En el Ensayo 2 se determinó que los recuentos de bacterias mesófilas superaron el límite máximo permisible establecido por la legislación chilena de 5,7 log ufc g⁻¹ (Anexo 1) al día 12 de almacenamiento (Cuadro 20). El resultado anterior se podría considerar aceptable ya que frutas y verduras frescas cortadas albergan una amplia variedad de bacterias en su mayoría mesófilas (Ragaert *et al.*, 2007), que pueden ingresar al producto al momento del procesamiento (Martínez *et al.*, 2006). En estudios anteriores realizados por Nguyen-the y Carlin (1994) informaron que los recuentos en productos MP puestos en anaquel, presentaron una carga de 3 a 6 ufc g⁻¹.

Como resultado se observó que los menores recuentos de mesófilos se presentaron en atmósferas de 5 % O₂ y 10 % CO₂ (Cuadro 20). Lo anterior estaría asociado a la alta concentraciones de CO₂, ya que este gas puede cambiar las condiciones de pH en la superficie del alimento, y alargar la fase de retardo (adaptación) y el tiempo de generación del crecimiento bacterial (Oms-Oliu *et al.*, 2007). Por su parte, niveles de O₂ menores de 8 % retrasan el crecimiento de microorganismos aeróbicos como *Pseudomonas spp.* y algunas especies del género *Lactobacillus* (Rojas *et al.*, 2009).

Se observó que rodajas tratadas con TH a 55 °C alcanzaron menores recuentos de mesófilos en cada día de medición. Resultados similares fueron reportados por Aguayo *et al.* (2015) para aerobios mesófilos en rebanadas de manzana 'Braeburn' sumergidas en agua a 55 °C por 2 minutos y almacenadas en atmósfera de aire a 4 °C por 28 días. Estos autores encontraron menor recuento de 3,9 log ufc g⁻¹ al aplicar el tratamiento térmico, en comparación a las no tratadas que obtuvieron 5,3 log ufc g⁻¹. Aguayo *et al.* (2008) también reportaron una reducción del crecimiento de bacterias aeróbicas en trozos de melón amarillo sometidos a TH a 60 °C durante 1 min. Así mismo Alegria *et al.* (2009) reportan que las aplicaciones del tratamiento con agua caliente a 100 °C por 45 s en zanahorias tanto enteras como cortadas logró las mayores reducciones microbianas de 3 a 4 log ufc g⁻¹.

Enterobacterias

Se determinó el crecimiento de enterobacterias superaron el límite establecido por la legislación chilena de 4,7 log ufc g⁻¹ (Anexo 1) al día 9. El crecimiento progresivo de este tipo de microorganismos pudo ser frenado por las condiciones de almacenamiento en combinación con la sanitización realizada al momento del lavado de frutos antes del corte (De Oliveira *et al.*, 2011).

El TH generó un efecto en el crecimiento de enterobacterias en rodajas que provenían de tomates tratados a 55 °C encontrándose menores recuentos en cada día de medición (Cuadro 22). Resultados similares fueron obtenidos por Ukuku *et al.* (2004) al aplicar agua caliente

70 °C en melón entero sobre la reducción de *Salmonella* y *Listeria monocytogenes* inoculada. Estos autores concluyeron que el tratamiento con agua caliente durante 1 min pudo descontaminar la superficie melón antes del procesamiento, registrándose una reducción de 4 log ufc g⁻¹ después del tratamiento térmico.

Hongos y levaduras

En el Ensayo 2 se observó que el crecimiento de hongos y levaduras en rodajas se mantuvo bajo en atmósfera de 5% de O₂ y 10% CO₂ alcanzando valores <3,3 log ufc g⁻¹ durante 12 días de almacenamiento (Cuadro 23). En concordancia con los resultados obtenidos Palou *et al.* (2016) quienes aplicaron tratamientos gaseosos de altas presiones parciales de CO₂ (70 kPa) por 48 h sobre frutos de granada 'Mollar de Elche' fueron efectivas para disminuir las poblaciones de *Botrytis cinerea* durante 16 días de almacenamiento.

Por su parte el TH presentó un efecto significativo sobre el crecimiento de hongos y levaduras independiente de la atmósfera utilizada. Se encontró que rodajas provenientes de frutos tratados a 55 °C presentaron el menor recuento de 3,7 log ufc g⁻¹ (Cuadro 23). Estos resultados son coherentes con los reportaron Aguayo *et al.* (2015) en rebanadas de manzana tratadas en agua a 55 °C por 2 min, obteniendo una carga de 4,7 log ufc g⁻¹ a 4 °C por 28 días. Estos resultados son cercanos a los reportados por Patanè *et al.* (2018) quienes realizaron recuentos de hongos y levaduras en tomate cortado, registrando valores de 2,5 log ufc g⁻¹ durante 12 días de almacenamiento.

Concentración de fenoles totales (CFT)

La CFT obtenida inicialmente en rodajas recién cortadas fue de 180,9 mg EAG·kg⁻¹PF lo cual es consistente con lo reportado por Odriozola *et al.* (2008) y Martínez *et al.* (2002) en otros cultivares de tomate, donde los valores fueron entre 187,4 - 498,6 mg·kg⁻¹PF. Por otra parte, independiente de la TH aplicada bajo AC se obtuvo un incremento significativo de CFT hasta el día 9 (Figura 24) y posteriormente descendió al día 12 de almacenamiento. Valdivia *et al.* (2018) consideran que el aumento de compuestos fenólicos se favorece por el incremento de la actividad metabólica causada por el estrés de corte en los tejidos.

Las rodajas en atmósfera de 5 % de O₂ y 10 % CO₂ presentaron la mayor CFT. Estos datos son congruentes con los obtenidos por Ke y Salveit (1989) quienes explican que el almacenamiento en atmósfera de reducido de O₂ y de moderada a alta concentración de CO₂ incrementan la actividad de la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL) que es la precursora de la síntesis de los compuestos fenólicos.

En el presente estudio, el TH presentó diferencia significativa en cada día de evaluación independiente de la atmósfera de almacenamiento (Figura 24). Los valores más altos se obtuvieron a temperatura de 55 °C. Estos resultados son consistentes por los reportados por Rodoni *et al.* (2015) quienes aplicaron el TH a 45 °C por 3 min reportando un incremento de compuestos fenólicos en pimientos recién cortados.

Capacidad antioxidante total (CAT)

El tomate presenta propiedades que favorecen la salud, debido su riqueza en carotenos (β -carotenos y licopenos) y compuestos que actúan como antioxidantes (Natalini *et al.*, 2014).

Los resultados muestran que la capacidad antioxidante total se incrementó en los primeros 3 días de almacenamiento y posteriormente disminuyó hasta obtener los valores más bajos en el día 12, siendo menos severa en 5 % de O₂ y 10 % de CO₂ comparado con la atmósfera de aire que presentó la mayor pérdida de capacidad antioxidante total (Cuadro 24). El incremento inicial de la capacidad antioxidante está asociado al aumento CFT ya que existe una relación directa entre ambas variables. Lo cual es confirmado por Toor y Savage (2005) quienes sostienen que los principales compuestos antioxidantes en frutos de tomate son los ácidos fenólicos y que estos pueden contribuir entre 60 a 70 % de la actividad antioxidante total.

Lana y Tijskens (2006) sostienen que la capacidad antioxidante de frutos recién cortados disminuye debido al estrés oxidativo generado en las etapas de procesamiento y almacenamiento. En estudios realizados por Roossle *et al.* (2010) se informa que las condiciones de almacenamiento en aire durante 5 días a 4 °C de manzanas cortadas afectaron significativamente la capacidad antioxidante. Por su parte las TH generaron un incremento sobre la capacidad antioxidante total de rodajas de tomate en los primeros 3 días de almacenamiento independiente de la atmósfera utilizada. Luego disminuyó gradualmente hasta el día 12. En cada día de evaluación las rodajas provenientes de frutos expuestos a temperaturas de 55 °C presentaron valores más altos de capacidad antioxidante total. Los resultados del ensayo son congruentes con Falagán *et al.* (2018) quienes encontraron que los compuestos antioxidantes incrementaron por efecto del tratamiento térmico. Este comportamiento se podría explicar según Kurilich *et al.* (2002) debido a que la aplicación del estrés térmico provoca una ruptura de la membrana celular, liberando compuestos fenólicos de los polímeros insolubles que dan como resultado un aumento de la capacidad antioxidante.

Análisis sensorial

De acuerdo a los resultados de la evaluación sensorial de rodajas de tomate presentaron un deterioro significativo de la apariencia durante el almacenamiento. La mejor apariencia fue percibida en 5 % de O₂ y 10 % de CO₂ en combinación con temperaturas de 55 °C (Apéndice II, Cuadro 17).

Estudios anteriores por Koukounaras *et al.* (2008) reportan resultados similares en rodajas de durazno tratadas con agua a 50 °C por 10 minutos antes del corte y almacenadas en atmósfera de 0,25 % O₂ y 10 % CO₂ durante 6 días a 5 °C, mostrando las más altas puntuaciones de apariencia en comparación a las no tratadas. Otros resultados fueron obtenidos por Falagán *et al.* (2018) cuando en nectarines previamente cortados y sometidos a tratamiento térmico de a 50 °C presentaron mayores valores de apariencia.

Las rodajas que presentaron una mayor percepción de traslucidez fueron las que se almacenaron en atmósfera de aire, mientras que las condiciones de bajo O₂ y de moderado a alto CO₂ (5 + 5 y 10) presentaron menor valor de traslucidez (Cuadro 26). El comportamiento

de este parámetro es explicado por Lana *et al.* (2007) quienes afirman que el incremento en la traslucidez de la zona de corte está asociada a la disminución en la capacidad de dispersión de la luz en los tejidos como consecuencia de la pérdida de integridad en las células.

La sensación de dureza al morder de rodajas disminuyó gradualmente en todos los tratamientos, siendo menos severa en atmósfera de 5 % O₂ y 10 % CO₂ y tratadas a 55 °C que obtuvieron las puntuaciones más altas en cada día de evaluación. Oms-Oliu *et al.* (2010) consideran que la aceptación de los productos MP está relacionada con la percepción de calidad, principalmente asociada a la firmeza como atributo mecánico, debido a que su variación depende de procesos de degradación, cambios bioquímicos o enzimáticos del producto.

En cuanto al color se percibió que rodajas almacenadas en atmósfera de aire y tratadas con TH a 10 °C presentaron las mayores puntuaciones de color, mientras que las almacenadas en 5 % O₂ y 10 % CO₂ combinado con temperaturas de 55 °C obtuvieron los menores puntajes (Cuadro 25). Finnegan y O'Beirne (2015) consideran que el incremento del color de pulpa es asociado a una maduración más avanzada y ésta puede retrasarse mediante el almacenamiento a bajas temperaturas y la modificación de atmósferas. Por otro lado, la aplicación de temperaturas mayores a 35 °C podría interrumpir la síntesis de licopeno que es el pigmento responsable del color rojo en el fruto de tomate (Cantwell y Suslow, 2007).

7. CONCLUSIONES

La aplicación de tratamiento hidrotérmico antes del corte y el almacenamiento en atmósferas de bajo oxígeno y moderado dióxido de carbono provocan una disminución de la actividad metabólica en rodajas de tomate, lo que alarga su conservación.

El efecto combinado del TH de 55 °C y almacenamiento en atmósferas de 5 % O₂ y 10 % CO₂ mantienen el color y favorece recuentos microbiológicos aceptables en rodajas de tomate hasta 9 días a 5 °C.

El uso de atmósfera de 5 % O₂ y de 5 % a 10 % CO₂ y tratamientos a 40 y 55 °C mantienen la firmeza, la calidad funcional y sensorial de rodajas de tomate en almacenamiento refrigerado.

El tratamiento hidrotérmico aplicado antes de corte de rodajas de tomate 'Yollibell' y el uso de atmósferas controladas, logran mantener los atributos de calidad durante el almacenamiento refrigerado. Esto abre la posibilidad de evaluar los tratamientos bajo la modalidad de envasado en atmósfera modificada.

8. LITERATURA CITADA

- 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, 110 p.
- Aghdam, M., L. Sevillano, F. Flores and S. Bodbodak. 2013. Heat shock proteins as biochemical markers for postharvest chilling stress in fruits and vegetables. *Science Horticultural*, 160: 110 - 115.
- Aguayo, E., C. Requejo, R. Stanley and A. Woolf. 2015. Hot water treatment in combination with calcium ascorbate dips increases bioactive compounds and helps to maintain fresh-cut apple quality. *Postharvest Biology and Technology*, 110: 158 - 165.
- Aguayo, E., V. Escalona and F. Artés. 2004. Quality of fresh cut tomato as affected by type of cut, packaging, temperature and storage time. *European Food Research and Technology*, 219(5): 492 - 499.
- Aguayo, E., V. Escalona, and F. Artés. 2008. Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut 'Amarillo' melon. *Postharvest Biology and Technology*, 47(3): 397 - 406.
- Ahmed, L., A. Martin, D. Rico and C. Barry. 2012. Quality and nutritional status of fresh-cut tomato as affected by spraying of delactosed whey permeate compared to industrial washing treatment. *Food and Bioprocess Technology*, 5: 310 - 315.
- Akbudak, B., N. Akbudak, V. Seniz and A. Eris. 2007. Sequential treatments of hot water and modified atmosphere packaging in cherry tomatoes. *Journal of Food Quality*, 30: 896-910.
- Alegria, C., J. Pinheiro, E. Gonçalves, I. Fernandes, M. Moldão and M. Abreu. 2009. Quality attributes of shredded carrot (*Daucus carota* L. cv. Nantes) as affected by alternative decontamination processes to chlorine. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(1): 61 - 69.
- Ansah, F., M. Amodio and G. Colelli. 2018. Quality of fresh-cut products as affected by harvest and postharvest operations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(10): 3614 - 3626.
- Antunes, M. and E. Sfakiotakis. 2000. Effect of high temperature stress on ethylene biosynthesis, respiration y ripening of 'Hayward' kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 20(3): 251 - 259.
- Arana, I., C. Jarén, S. Arazuri, M. García, A. Ursua, and P. Riga. 2007. Calidad del tomate fresco: técnica de cultivo y variedad. Disponible en <http://www.horticom.com/pd/imagenes/67/359/67359.pdf> (Consultado el 20 de enero de 2019).

Araya, E. 1997. Guía de laboratorio curso: Evaluación sensorial de los alimentos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Agroindustria y Enología.

Artés, F. and A. Allende. 2005. Processing lines and alternative preservation techniques to prolong the shelf-life of minimally fresh processed leafy vegetables. *European Journal of Horticultural Science*, 70(5): 231 - 240.

Artés, F., P. Gómez and F. Hernández. 2006. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Stewart Postharvest Review*, 5(2): 1 - 13.

Artés, F., P. Gómez, E. Aguayo and V. Escalona. 2009. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. *Postharvest Biology and Technology*, 51: 287-296.

Asif, M., N. Pathak, T. Solomos and P. Trivedi. 2009. Effect of low oxygen, temperature and 1-methylcyclopropene on the expression of genes regulating ethylene biosynthesis and perception during ripening in apple. *South African Journal of Botany*, 75(1): 137 - 144.

Begum, S. and M. Brewer. 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.

Beirao, S., A. Cardoso, L. Martins, J. Empis and M. Moldao. 2008. The effect of calcium dips combined with mild heating of whole kiwifruit for fruit slices quality maintenance. *Food Chemistry*, 108(1): 191 - 197.

Benzie, I. and J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1): 70 - 76.

Bodbodak, S. and M. Moshfeghifar. 2016. Advances in modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Eco-friendly Technology for Postharvest Produce Quality*, 34: 127 - 183.

Budde, O., G. Polenta., C. Lucangeli and R. Murray. 2006. Air and immersion heat treatments affect ethylene production and organoleptic quality of 'Dixiland' peaches. *Postharvest Biology and Technology*, 41: 32 - 37.

Callejón, R., M. Rodríguez, C. Ubeda, R. Hornedo, M. Parrilla and A. Troncoso. 2015. Reported foodborne outbreaks due to fresh produce in the United States and European Union. *Foodborne Pathogens and Disease*, 12: 32 - 38.

Cantwell, M. 2004. Fresh Market Tomato. p. 320 - 335. *In: Statewide Uniform Variety Trial Report Field and Postharvest Evaluations*, University of California, San Joaquin Valley. EE.UU.

Cantwell, M. and T. Suslow. 2007. Postharvest handling systems: Fresh-cut fruits and vegetables. A. Kader p. 445 - 464 *In: Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 3ed. University of California Agriculture, Oakland, EE.UU.

Capanoglu, E., J. Beekwilder, D. Boyacioglu, R. De-Vos and R. Hall. 2010. The effect of industrial food processing on potentially health beneficial tomato antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(10): 919 - 930.

De Oliveira, M., V. De Souza, A. Morato and E. Pereira. 2011. Microbiological quality of ready to eat minimally processed vegetables consumed in Brazil. *Food Control*, 22: 1400 - 1403.

Escalona, V., E. Aguayo and F. Artés. 2006. Metabolic activity and quality changes of whole and fresh-cut kohlrabi (*Brassica oleracea* L.) stored under controlled atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, 41: 181 - 190.

Fagundes, C., M. Perez, L. Palou, M. Maraschin and A. Monteiro. 2015. Effect of active modified atmosphere and cold storage on the postharvest quality of cherry tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 109: 73 - 81.

Falagán, N., F. Artés and E. Aguayo. 2018. Heat treatment as postharvest tool for improving quality in extra-early nectarines. *Science of Food and Agriculture*, 98: 1469 - 1475.

Figueroa, D., J. Guerrero y E. Bensch. 2010. Efecto de momento de cosecha y permanencia en huerto sobre la calidad en postcosecha de arándano alto (*Vaccinium Corymbosum* L.), cvs. Berkeley, Brigitta y Elliott durante la temporada 2005-2006. *IDESIA*, 28(1): 79 - 84.

Finnegan, E. and D. O'Beirne. 2015. Characterising and tracking deterioration patterns of fresh-cut fruit using principal component analysis Part I. *Postharvest Biology and Technology*, 100: 73 - 80.

Garcia, E. and D. Barrett. 2002. Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. Dept. Food Science and Technology. University of California, Davis.

Gil, M., M. Conesa and F. Artés. 2002. Quality changes in fresh cut tomato as affected by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 25(2): 199 - 207.

Gómez, V., P. Ragaer, J. Debevere and F. Devlieghere. 2008. Decontamination methods to prolong the shelf life of minimally processed vegetables state of the art. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(6): 487 - 495.

Gross, K., C. Yi Wang and M. Saltveit. 2016. The commercial storage of fruits vegetables and florist and nursery stocks. p. 173 - 602 *In: Commodity Summaries Fruits and Vegetables*, Agriculture Handbook 66 U.S. Department of Agriculture, Research Service, Washington, DC.

- Guillen, F., S. Castillo, P. Zapata, D. Martinez, M. Serrano and D. Valero. 2007. Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit. 1. Duration and concentration of 1-MCP treatment to gain an effective delay of postharvest ripening. *Postharvest Biology Technology*, 43: 23 - 27.
- Hakim, A., E. Austin, D. Batal, S. Gullo and M. Khatoun. 2004. Quality of freshly cut tomatoes. *Food Quality*, 27(3): 195 - 206.
- Hodges, D. and P. Toivonen. 2008. Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. *Postharvest Biology and Technology*, 48(2): 155 - 162.
- Hussein, Z., O. Caleb, K. Jacobs, M. Manley and U. Opara. 2015. Effect of perforation mediated modified atmosphere packaging and storage duration on physicochemical properties and microbial quality of fresh minimally processed 'Acco' pomegranate arils. *Food Science and Technology*, 64(2): 911 - 918.
- Iqbal, T., F. Rodriguez, P. Mahajan and J. Kerry. 2009. Mathematical modeling of the influence of temperature and gas composition on the respiration rate of shredded carrots. *Journal of Food Engineering*, 91(2): 325 - 332.
- Jalali, A., S. Seiedlou, M. Linke and P. Mahajan. 2017. A comprehensive simulation program for modified atmosphere and humidity packaging (MAHP) of fresh fruits and vegetables. *Journal of Food Engineering*, 206: 88 - 97.
- Jing, Y., M. Fu, Y. Zhao and L. Mao. 2009. Reduction of chilling injury and ultrastructural damage in cherry tomato fruits after hot water treatment. *Agricultural Sciences in China*, 8(3): 304 - 310.
- Kader, A. 2002. Postharvest biology and technology. p. 39 - 47 *In: Postharvest technology of horticultural Crops*. University of California, USA.
- Kader, A. 2007. Postharvest technology of horticultural crops. p. 43 - 53 *In: Information and research center on postharvest technology, agriculture and natural resources division*, University of California Davis. USA.
- Ke, D. and M. Salveit. 1989. Carbon dioxide-induced brown stain development as related to phenolic metabolism in Iceberg lettuce. *American Society for Horticultural Science*, 114: 789 - 794.
- Koukounaras, A., G. Diamantidis and E. Sfakiotakis. 2008. The effect of heat treatment on quality retention of fresh-cut peach. *Postharvest Biology and Technology*, 48(1): 30 - 36.
- Kurilich, A., G. Tsau, A. Brown, L. Howard, B. Klein and E. Jeffery. 2002. Carotene, tocopherol, and ascorbate contents in subspecies of *Brassica oleracea*. *Agricultural and Food Chemistry*, 47(4): 1576 - 1581.
- Lamikanra, O. and M. Watson. 2007. Mild heat and calcium treatment effects on fresh-cut cantaloupe melon during storage. *Food Chemistry*, 102(4): 1383 - 1388.

- Lana, M., M. Hogenkamp and R. Koehorst. 2007. Application of Kubelka–Munk analysis to the study of translucency in fresh-cut tomato. *Innov. Food Science Energy technology*, 7: 302 - 308.
- Lana, M. and L. Tijssens. 2006. Effect of cutting and maturity on antioxidant activity of fresh-cut tomatoes. *Food Chemistry*, 97: 203 - 211.
- Lara, M., J. Borsani, C. Budde, M. Lauxmann, V. Lombardo and R. Murray. 2009. Biochemical and proteomic analysis of 'Dixiland' peach fruit (*Prunus persica*) upon heattreatment. *Postharvest Biology and Technology*, 60: 4315 - 4333.
- Laties, G. 1978. The development and control of respiratory pathways in slices of plant storage organs. *Biochemistry of Wounded Tissues*, 42: 42 - 51.
- Lee, S. and A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20(3): 207 - 220.
- Linus, U. and M. Al-Ani. 2010. Antioxidant contents of pre-packed fresh-cut versus whole fruit and vegetables. *British Food Journal*, 112(8): 797 - 810.
- Lu, J., M. Charles, C. Vigneault, B. Goyette and G. Raghavan. 2010. Effect of heat treatment uniformity on tomato ripening and chilling injury. *Postharvest Biology and Technology*, 56(2): 155 - 162.
- Lu, J., S. Dev, G. Raghavan and C. Vigneault. 2009. Simulation of a forced air twin chamber for measuring heat treatment uniformity in harvested tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 95(4): 636 - 647.
- Lurie, S. and P. Tonutti. 2014. Heat and hypoxia stress and their effects on stored fruits. *Stewart Postharvest Review*, 3(9): 45 - 56.
- Majidi, H., S. Minaei, M. Almassi and Y. Mostofi. 2014. Tomato quality in controlled atmosphere storage, modified atmosphere packaging and cold storage. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9): 2155 - 2161.
- Mangaraj, S., T. Goswami and P. Mahajan. 2009. Applications of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: A review. *Food Engineering Reviews*, 1: 133 -158.
- Martínez, A., A. Allende and R. Bennett. 2006. Microbial, nutritional and sensory quality of rocket leaves as affected by different sanitizers. *Postharvest Biology and Technology*, 42: 86 - 97.
- Martínez, I., M. Periago, G. Provan and A. Chesson. 2002. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant capacity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Science of Food Agriculture*, 82: 323 - 330.

- Mathooko, F., Y. Kubo, A. Inaba and R. Nakamura. 1995. Characterization of the regulation of ethylene biosynthesis in tomato fruit by carbon dioxide and diazocyclopentadiene. *Postharvest Biology and Technology*, 5(3): 221 - 233.
- McGuire, R. 1992. Reporting of objective color measurements. *Horticulture Science*, 27: 1254 - 1255.
- Mery, L. 2011. Evaluación de distintas técnicas de postcosecha para prolongar la vida útil de peras mínimamente procesadas. 213 p. Tesis Magíster. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile. 45 p.
- Mulas, M. and M. Schirra. 2007. The effect of heat conditioning treatments on the postharvest quality of horticultural crops. *Stewart Postharvest Review*, 3(1): 1 - 6.
- Natalini, A., V. Martinez, A. Ferrante and A. Pardossi. 2014. Effect of temperature and ripening stages on membrane integrity of fresh-cut tomatoes. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36: 191 - 198.
- Nguyen-the, C. and F. Carlin. 1994. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Food Science and Nutrition*, 34(4): 371 - 401.
- Odriozola, I., R. Soliva and O. Martín. 2008. Effect of minimal processing on bioactive compounds and color attributes of fresh cut tomatoes. *Food Science and Technology*, 41(2): 217 - 226.
- Oms-Oliu, G., M. Rojas, L. González, P. Varela, R. Soliva, M. Hernando and M. Belloso. 2010. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 57(3): 139 - 148.
- Oms-Oliu, G., R. Soliva and O. Belloso. 2007. Effect of ripeness on the shelf-life of fresh-cut melon preserved by modified atmosphere packaging. *European Food Research and Technology*, 225(3): 301 - 311.
- Palou, L., R. Rosales, C. Montesinos and V. Taberner. 2016. Short-Term Exposure to High CO₂ and O₂ Atmospheres to Inhibit Postharvest Gray Mold of Pomegranate Fruit. *Plant Disease*, 100(2): 424 - 430.
- Pasha, I., F. Saeed, M. Sultan, M. Khan and M. Rohi. 2014. Recent developments in minimal processing: a tool to retain nutritional quality of food. *Food Science and Nutrition*, 54(3): 340 - 351.
- Patanè, C., M. Angelo, S. Alessandro, P. Rizzarelli, L. Siracusa, V. Rizzo and G. Muratore. 2018. Quality aspects of fresh-cut 'long-storage tomato' as affected by package, calcium chloride and storage time. *Food Science Technology*, 53(3): 819 - 827.
- Pelloux, J., C. Rustérucci and E. Mellerowicz. 2007. New insights into pectin methylesterase structure and function. *Trends Plant Science*, 12: 267 - 277.

- Pinheiro, J., C. Alegria; M. Abreu, M. Sol, E. Goncalves, and C. Silva. 2014. Postharvest quality of refrigerated tomato fruit (*Solanum lycopersicum*, cv. Zinac) at two maturity stages following heat treatment. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6): 697 - 709.
- Paull, R. and Chen, N. 2000. Heat treatment and fruit ripening. *Postharvest, Biology and Technology*, 21: 21 - 37.
- Ragaert, P., F. Devlieghere and J. Debevere. 2007. Role of microbiological and physiological spoilage mechanisms during storage of minimally processed vegetables. *Postharvest biology and technology*, 44(3): 185 - 194.
- Ravindra, M. and T. Goswami. 2008. Modelling the respiration rate of green mature mango under aerobic conditions. *Biosystems Engineering*, 99: 239 - 248.
- Rodoni, L., A. Vicente, S. Azevedo, A. Concellón and L. Cunha. 2015. Quality retention of fresh-cut pepper as affected by atmosphere gas composition and ripening stage. *Food Science and Technology*, 60(1): 109 - 114.
- Rojas, M., G. Oms-Oliu, R. Soliva and M. Belloso. 2009. The use of packaging techniques to maintain freshness in fresh-cut fruits and vegetables. *International Food Science*, 44: 875 - 889.
- Roosle, C., H. Wijngaard, R. Gormley, F. Butler, and N. Brunton. 2010. Effect of storage on the content of polyphenols of minimally processed skin-on apple wedges from ten cultivars and two growing seasons. *Agricultural and Food Chemistry*, 58: 1609 - 1614.
- Sandhya, M. 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: current status and future needs. *Review. Food Science and Technology*, 43: 81 - 92.
- Sfakiotakis, E., M. Antunes, G. Stavroulakis, N. Niklis, P. Ververidis and D. Gerasopoulos. 1997. Ethylene biosynthesis and its regulation in ripening "Hayward" kiwifruit. *Biology and Biotechnology of the Plant*, 22: 47 - 56.
- Shellie, K. and R. Mangan. 2002. Hot water immersion as a quarantine treatment for large mangoes: artificially versus cage infestation. *HortScience*, 127: 430 - 434.
- Siddiqui, M., I. Chakraborty, J. Ayala and R. Dhua. 2011. Advances in minimal processing of fruits and vegetables: a review. *Scientific and Industrial Research*, 70: 823 - 834.
- Silveira, A., E. Aguayo, V.H. Escalona, and F. Artés. 2011. Hot water treatment and peracetic acid to maintain fresh-cut Galia melon quality. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12: 569 - 576.
- Silveira, A.C., E. Aguayo, A. Leglise y F. Artés. 2007. Aptitud de tres cultivares de melón tipo "Galia" para su procesado en fresco. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. 1182 - 1192.

- Singleton, V. and J. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3): 144 - 158.
- Sousa, M. J. Oliveira and M. Sousa. 2017. Determination of the respiration rate parameters of cherry tomatoes and their joint confidence regions using closed systems. *Journal of Food Engineering*, 206: 13 - 22.
- Sousa, M., A. Tank and A. Sousa. 2016. Emerging technologies to extend the shelf life and stability of fruit and vegetable. *Journal of Food Engineering*, 14: 400 - 4010.
- Thompson, A., R. Prange, R. Bancroft and T. Puttongsiri. 2018. *Controlled atmosphere storage of fruit and vegetables*. 3 ed. London: CAB International, 278 p.
- Toivonen, P and D. Brummell. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48: 1 - 14.
- Toor, R. and G. Savage. 2005. Antioxidant activities in different fractions of tomato. *Food Research International*, 38: 487 - 494.
- Ukuku, D., V. Pilizota and G. Sapers. 2004. Effect of hot water and hydrogen peroxide treatments on survival of Salmonella and microbial quality of whole and fresh-cut cantaloupe. *Journal of Food Protection*, 67(3): 432 - 437.
- USDA. 1997. United States Department of Agriculture. Agricultural Marketing Service. United States standards for grades of fresh tomatoes. Disponible en <http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/STELP/RDC5050331> (Consultado el 21 de septiembre de 2017).
- Valdivia, C., O. Martín and R Soliva. 2018. Kinetics of the changes in the antioxidant potential of fresh-cut tomatoes as affected by pulsed light treatments and storage time. *Food engineering*, 237: 146 - 153.
- Venegas, N. 1990. *Control microbiológico de alimentos: Técnicas actualizadas y métodos acelerados*. Universidad de Santiago de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 160 p.
- Villarreal, E., J. Contreras, C. Aguilar and M. Reyes. 2004. Pectinesterase activity and the texture of Jalapeño pepper. *European Food Research and Technology*, 218(2): 164 - 166.

9. ANEXOS

Anexo 1

Criterios microbiológicos establecidos por el Ministerio de Salud Pública de Chile para frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados, listos para el consumo.

Parámetro	Plan de muestreo				Límite por gramo	
	Categoría	Clases	n	c	m	M
RAM	3	3	5	1	5×10^4 (4,69 log)	5×10^5 (5,69 log)
Enterobacteriaceas	6	3	5	1	5×10^3 (3,69 log)	5×10^4 (4,69 log)
E.coli	6	3	5	1	10	10^2
SAureus	4	3	5	1	10	10^2
Salmonella en 25 g	10	2	5	0	0	--

n: número de muestras a ser examinadas; m: valor del parámetro microbiológico para el cual o por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud; c: número máximo de unidades de muestra que puede contener un número de microorganismos comprendidos entre “m” y “M” para que el alimento sea aceptable; M: valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.
Grados de calidad: “aceptable”: valores entre 0 y m; “medianamente aceptable”: valores entre m y M; “rechazable”: valores superiores a M. (Reglamento Sanitario de los Alimentos, Ministerio de Salud Pública, Chile, actualizado 2018).

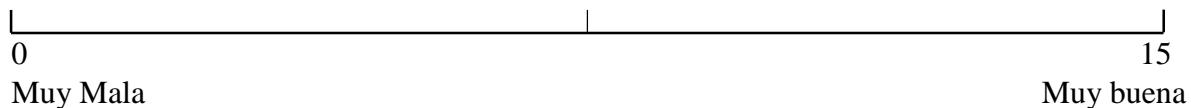
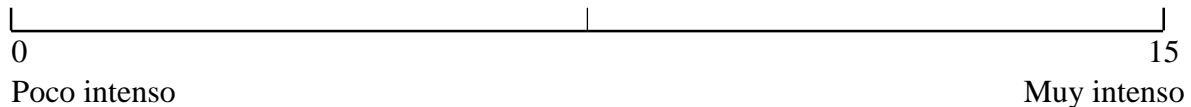
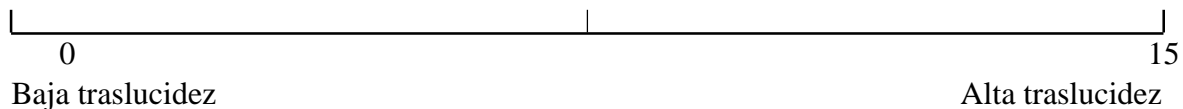
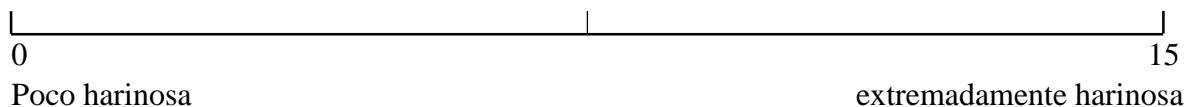
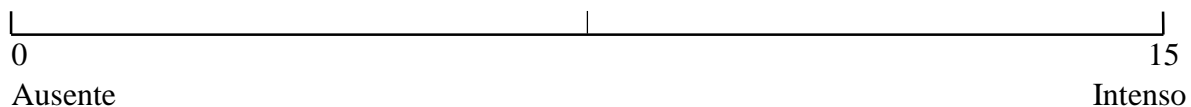
Anexo 2

Pauta sensorial para evaluación de rodajas de tomate

Nombre: _____ Fecha: _____ Salida _____

Instrucciones: Por favor, indique con una línea vertical la intensidad de su sensación para cada una de las muestras.

Muestra N° _____

1. Apariencia**2. Color de pulpa****3. Traslucidez (en tabiques)****4. Dureza al morder****5. Sabor extraño**

Comentarios: _____

10. APÉNDICE

Apéndice I

Cuadro 1. Valores de temperatura (°C), humedad relativa (% HR) y flujo (L·h⁻¹) en el sistema de atmósferas. Los valores indican el promedio (n = 3) para cada atmósfera en estudio.

Atmósfera de almacenamiento (% O ₂ + % CO ₂)									
Días	21 + 0			5 + 5			5 + 10		
	(L·h ⁻¹)	% HR	°C	(L·h ⁻¹)	% HR	°C	(L·h ⁻¹)	% HR	°C
1	5,5	90,0	5,4	5,3	93,0	4,9	4,5	93,0	4,8
2	5,4	90,0	5,4	5,4	93,0	4,8	4,7	93,0	4,9
3	5,5	91,0	5,4	5,5	93,0	4,7	4,6	94,0	4,8
4	5,4	93,0	5,5	5,4	93,0	4,8	4,7	93,0	4,7
5	5,5	93,0	5,4	5,6	94,0	4,7	4,6	94,0	4,8
6	5,6	94,0	5,4	5,5	95,0	4,6	4,7	94,0	4,9
7	5,5	93,0	5,4	5,5	94,0	4,7	4,6	95,0	4,8
8	5,6	94,0	5,0	5,6	94,0	4,8	4,7	95,0	4,9
9	5,4	93,0	5,3	5,5	95,0	4,8	4,8	95,0	5,0
10	5,5	93,0	5,3	5,5	95,0	4,7	4,9	95,0	4,7
11	5,5	94,0	5,4	5,6	96,0	4,7	4,8	95,0	4,7
12	5,4	93,0	5,3	5,6	95,0	4,7	4,6	95,0	4,8

Cuadro 2. Monitoreo de la concentración de gases en el sistema de atmósferas. Los valores indican el promedio (n = 3) para cada atmósfera en estudio.

Concentración de gases en el sistema de atmósferas (% O ₂ + % CO ₂)				
Día	Hora	21 + 0	5 + 5	5 + 10
1	9:00	20,7 + 0,2	5,4 + 5,5	4,7 + 10,1
	19:00	20,8 + 0,5	5,7 + 5,2	4,8 + 10,3
2	9:00	20,9 + 0,2	5,4 + 5,0	4,7 + 10,1
	19:00	20,7 + 0,4	5,3 + 5,4	5,1 + 10,3
3	9:00	20,9 + 0,1	5,8 + 5,2	5,1 + 10,0
	19:00	20,7 + 0,3	5,3 + 5,4	5,4 + 10,2
4	9:00	20,9 + 0,1	5,3 + 5,3	5,0 + 9,9
	19:00	20,8 + 0,4	5,6 + 5,5	5,3 + 10,4
5	9:00	20,9 + 0,1	5,2 + 5,2	4,9 + 9,9
	19:00	20,7 + 0,3	5,5 + 5,1	5,3 + 10,5
6	9:00	20,8 + 0,1	5,2 + 5,0	5,3 + 9,8
	19:00	20,6 + 0,4	5,3 + 5,2	5,7 + 10,3
7	9:00	20,8 + 0,1	5,3 + 5,1	5,5 + 9,8
	19:00	20,7 + 0,4	5,4 + 5,4	5,7 + 10,3
8	9:00	20,9 + 0,1	5,2 + 5,2	5,5 + 9,8
	19:00	20,7 + 0,4	5,4 + 5,5	5,9 + 10,2
9	9:00	20,9 + 0,1	5,2 + 5,3	5,4 + 9,8
	19:00	20,7 + 0,4	5,4 + 5,3	5,5 + 10,1
10	9:00	21,0 + 0,1	5,3 + 5,2	5,1 + 9,9
	19:00	20,7 + 0,4	5,3 + 5,5	5,5 + 10,4
11	9:00	21,0 + 0,2	5,3 + 5,1	5,2 + 10,0
	19:00	20,7 + 0,3	5,4 + 5,0	5,3 + 10,1
12	9:00	21,0 + 0,3	5,3 + 5,2	5,1 + 9,9
	19:00	20,7 + 0,3	5,4 + 5,2	5,4 + 10,3

Cuadro 3. Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en aire de tomates ‘Yolibell’ enteros sometidos a tratamiento hidrotérmico y almacenados durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar ($n = 3$).

Tratamiento hidrotérmico	Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)				
	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
10 °C Entero	$9,6 \pm 0,4$ c ¹ A ²	$7,2 \pm 0,5$ a B	$8,9 \pm 0,8$ a A	$8,5 \pm 0,5$ a A	$8,0 \pm 0,8$ a AB
40 °C Entero	$11,0 \pm 0,6$ b A	$5,3 \pm 0,2$ b B	$6,7 \pm 0,8$ b B	$6,4 \pm 0,8$ b B	$6,0 \pm 0,6$ b B
55 °C Entero	$13,4 \pm 0,6$ a A	$4,3 \pm 0,5$ b B	$5,6 \pm 1,0$ b B	$5,5 \pm 0,6$ b B	$5,2 \pm 0,3$ b B

^{1/}Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ^{2/}Letras mayúsculas distintas en sentido horizontal por atmósfera controlada indican diferencias significativas entre los días de almacenamiento, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Cuadro 4. Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en aire de rodajas de tomate ‘Yolibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar ($n = 3$).

Tratamiento hidrotérmico	Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)				
	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
10 °C Rodaja	$26,3 \pm 0,7$ b ¹ A ²	$24,1 \pm 0,2$ a B	$20,5 \pm 0,7$ a D	$20,1 \pm 0,4$ a D	$1,9 \pm 0,2$ a C
40 °C Rodaja	$27,5 \pm 0,9$ a A	$22,2 \pm 0,4$ b B	$18,6 \pm 0,3$ b D	$19,4 \pm 0,3$ a CD	$0,2 \pm 0,6$ b C
55 °C Rodaja	$28,6 \pm 0,5$ a A	$20,7 \pm 0,5$ c B	$18,4 \pm 0,7$ b C	$17,7 \pm 0,3$ b D	$9,8 \pm 0,4$ b C

^{1/} Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).^{2/} Letras mayúsculas distintas en sentido horizontal por atmósfera controlada indican diferencias significativas entre los días de almacenamiento, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Cuadro 5. Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en aire de tomates ‘Yolibell’ enteros sometidos a tratamiento hidrotérmico y almacenados durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar ($n = 3$).

Tratamiento hidrotérmico	Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)				
	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
10 °C Entero	$0,7 \pm 0,1$ b ¹ B ²	$0,6 \pm 0,2$ a B	$0,7 \pm 0,2$ a B	$1,4 \pm 0,4$ a A	$1,3 \pm 0,1$ a A
40 °C Entero	$0,9 \pm 0,1$ a A	$0,5 \pm 0,1$ a C	$0,5 \pm 0,1$ a C	$0,9 \pm 0,1$ b A	$0,7 \pm 0,1$ b B
55 °C Entero	$0,9 \pm 0,0$ a A	$0,5 \pm 0,0$ a C	$0,5 \pm 0,1$ a C	$0,7 \pm 0,1$ b B	$0,6 \pm 0,1$ b C

^{1/}Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).^{2/}Letras mayúsculas distintas en sentido horizontal por cada atmósfera controlada indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Cuadro 6. Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en aire de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 3).

Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)					
Tratamiento hidrotérmico	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
10 °C Rodaja	2,2 \pm 0,1 b ¹ B ²	2,1 \pm 0,2 a C	1,9 \pm 0,2 a C	2,4 \pm 0,1 a A	2,5 \pm 0,1 a A
40 °C Rodaja	2,4 \pm 0,1 a A	1,9 \pm 0,1 a B C	1,8 \pm 0,1 a C	2,2 \pm 0,1 b AB	2,3 \pm 0,1 b A
55 °C Rodaja	2,6 \pm 0,0 a A	1,8 \pm 0,0 a C	1,7 \pm 0,1 a C	2,0 \pm 0,1 b B	2,2 \pm 0,1 b B

^{1/}Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ^{2/}Letras mayúsculas distintas en sentido horizontal por tratamiento hidrotérmico indican diferencias significativas entre de los días de almacenamiento, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Cuadro 7. Acidez titulable (% de ácido cítrico) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 9).

Acidez titulable (% de ácido cítrico)				
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)			
	3	6	9	12
21+0	0,38 \pm 0,12 b ¹	0,31 \pm 0,15 c	0,27 \pm 0,11 c	0,26 \pm 0,10 c
5 + 5	0,45 \pm 0,11 a	0,39 \pm 0,13 b	0,35 \pm 0,14 b	0,34 \pm 0,12 b
5 +10	0,46 \pm 0,09 a	0,41 \pm 0,10 a	0,37 \pm 0,08 a	0,36 \pm 0,13 a
Tratamiento hidrotérmico (TH)				
10 °C	0,44 \pm 0,05 a	0,39 \pm 0,02 a	0,35 \pm 0,12 a	0,31 \pm 0,04 a
40 °C	0,43 \pm 0,07 a	0,38 \pm 0,09 a	0,35 \pm 0,10 a	0,30 \pm 0,02 a
55 °C	0,42 \pm 0,05 a	0,38 \pm 0,07 a	0,34 \pm 0,08 a	0,29 \pm 0,02 a
Nivel de significancia				
AC	*** ²	***	***	***
TH	NS ³	NS	NS	NS
AC x TH	NS	NS	NS	NS

^{1/}Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ^{2/}***. Significativo para ($p \leq 0,001$). ^{3/}No significativo ($p \geq 0,05$).

Apéndice II

Cuadro 8. Valores de temperatura (°C), humedad relativa (% HR) y flujo ($L \cdot h^{-1}$) en el sistema de atmósferas. Los valores indican el promedio ($n = 3$).

Atmósferas de almacenamiento (% O ₂ + % CO ₂)									
Días	21 + 0			5 + 5			5 + 10		
	($L \cdot h^{-1}$)	% HR	°C	($L \cdot h^{-1}$)	% HR	°C	($L \cdot h^{-1}$)	% HR	°C
1	5,6	91,0	5,4	5,3	93,0	5,1	4,8	93,0	4,9
2	5,6	92,0	5,4	5,2	94,0	5,0	4,8	93,0	5,0
3	5,7	92,0	5,4	5,3	95,0	4,9	4,8	94,0	4,9
4	5,6	93,0	5,5	5,2	95,0	5,0	4,9	93,0	4,8
5	5,8	93,0	5,4	5,3	95,0	4,9	4,8	93,0	4,9
6	5,7	93,0	5,4	5,4	96,0	4,8	4,8	94,0	5,0
7	5,7	94,0	5,4	5,3	95,0	4,9	4,8	95,0	4,9
8	5,8	93,0	5,0	5,4	94,0	5,0	4,4	95,0	5,0
9	5,7	96,0	5,3	5,2	95,0	5,0	4,7	96,0	4,9
10	5,7	94,0	5,3	5,3	95,0	4,9	4,7	96,0	4,8
11	5,8	94,0	5,4	5,3	96,0	4,9	4,8	96,0	4,8
12	5,8	96,0	5,3	5,2	95,0	4,9	4,7	96,0	4,7

Cuadro 9. Monitoreo de la concentración de gases en el sistema de atmósferas controladas.
Los valores indican el promedio (n = 3).

Concentración de gases en el sistema de atmósferas (% O ₂ + % CO ₂)				
Días	Hora	21 + 0	5 + 5	5 + 10
1	09:00	20,7 + 0,3	5,2 + 5,1	4,8 + 10,2
	19:00	20,9 + 0,3	5,0 + 5,2	4,9 + 10,2
2	09:00	20,8 + 0,2	4,9 + 5,1	4,9 + 10,2
	19:00	20,8 + 0,2	4,9 + 5,2	5,0 + 10,1
3	09:00	20,8 + 0,2	4,9 + 5,0	5,2 + 10,0
	19:00	20,9 + 0,2	5,0 + 5,3	5,1 + 10,2
4	09:00	20,9 + 0,3	5,0 + 5,1	5,2 + 9,9
	19:00	20,8 + 0,1	5,0 + 5,2	5,0 + 10,1
5	09:00	21,0 + 0,2	4,9 + 5,3	5,3 + 10,1
	19:00	21,0 + 0,2	4,9 + 5,0	5,2 + 10,1
6	09:00	20,9 + 0,2	4,9 + 5,2	5,0 + 10,2
	19:00	21,0 + 0,2	4,9 + 5,2	5,1 + 10,1
7	09:00	20,9 + 0,3	5,0 + 5,1	5,2 + 10,2
	19:00	20,9 + 0,2	5,0 + 5,2	5,2 + 10,1
8	09:00	21,0 + 0,3	5,0 + 5,1	5,2 + 9,9
	19:00	21,0 + 0,3	5,0 + 5,1	5,1 + 10,2
9	09:00	21,0 + 0,1	5,0 + 5,2	5,2 + 10,2
	19:00	20,9 + 0,1	5,0 + 5,2	5,1 + 10,1
10	09:00	21,0 + 0,2	5,0 + 5,2	5,2 + 10,2
	19:00	20,8 + 0,3	5,0 + 5,2	5,1 + 10,2
11	09:00	20,9 + 0,2	5,0 + 5,2	5,1 + 10,2
	19:00	20,9 + 0,2	5,0 + 5,1	5,1 + 10,0
12	09:00	20,9 + 0,2	5,0 + 5,3	5,1 + 10,1
	19:00	21,0 + 0,2	5,0 + 5,1	5,1 + 10,1

Cuadro 10. Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en aire de tomates ‘Yollibell’ enteros sometidos a tratamiento hidrotérmico y almacenados durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar ($n = 3$).

Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)					
Tratamiento hidrotérmico	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
10 °C Entero	7,4 \pm 0,5 b ¹ A ²	5,3 \pm 0,8 a B	6,3 \pm 0,6 a AB	5,7 \pm 0,8 a B	5,6 \pm 0,5 a B
40 °C Entero	8,1 \pm 0,6 a A	4,1 \pm 0,3 a B	4,9 \pm 0,5 b B	4,3 \pm 0,5 a B	3,8 \pm 0,3 b B
55 °C Entero	8,8 \pm 0,5 a A	2,9 \pm 0,5 b B	3,5 \pm 0,4 b B	2,9 \pm 0,3 b B	2,7 \pm 0,2 b B

^{1/}Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ^{2/}Letras mayúsculas distintas en sentido horizontal en cada tratamiento hidrotérmico indican diferencias significativas entre los días de almacenamiento, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Cuadro 11. Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en aire de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar ($n = 3$).

Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)					
Tratamiento hidrotérmico	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
10 °C Rodaja	23,1 \pm 0,4 b ¹ A ²	20,7 \pm 0,5 a B	17,8 \pm 0,4 a C	17,6 \pm 0,5 a C	19,1 \pm 0,4 a C
40 °C Rodaja	24,3 \pm 0,9 a A	19,3 \pm 0,5 b B	16,6 \pm 0,4 b C	16,7 \pm 0,3 a C	17,2 \pm 0,6 b C
55 °C Rodaja	25,9 \pm 0,7 a A	18,5 \pm 0,1 b B	15,8 \pm 0,5 b C	15,4 \pm 0,3 b C	16,1 \pm 0,5 b C

^{1/}Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según, la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ^{2/}Letras mayúsculas distintas en sentido horizontal por cada tratamiento hidrotérmico indican diferencias significativas entre los días de almacenamiento, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Cuadro 12. Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en aire de tomates ‘Yollibell’ enteros sometidas a tratamiento hidrotérmico y almacenadas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar ($n = 3$).

Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)					
Tratamiento hidrotérmico	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
10 °C Entero	1,2 \pm 0,2 a B	0,9 \pm 0,4 a C	1,0 \pm 0,5 a C	1,3 \pm 0,4 a A	1,4 \pm 0,4 a A
40 °C Entero	1,2 \pm 0,2 a A	0,7 \pm 0,5 b B	0,8 \pm 0,6 b B	1,1 \pm 0,2 b A	1,2 \pm 0,2 b A
55 °C Entero	1,3 \pm 0,1 a A	0,7 \pm 0,2 b C	0,7 \pm 0,4 b C	1,0 \pm 0,2 b B	1,1 \pm 1,0 b B

^{1/} Los valores indican el promedio ($n = 3$) \pm error estándar. ^{2/} Letras minúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor en el día en que se realizó la medición según, la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ^{3/} Letras mayúsculas distintas en sentido horizontal indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor en el día en que se realizó la medición según, la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Cuadro 13. Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en aire de rodajas de tomates ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 3)

Tratamiento hidrotérmico	Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)				
	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
10 °C Rodaja	2,6 \pm 0,1 b ¹ A ²	2,4 \pm 0,1 a B	2,3 \pm 0,2 a B	2,3 \pm 0,1 a B	2,5 \pm 0,2 a A
40 °C Rodaja	7,0 \pm 0,0 a A	2,1 \pm 0,1 b C	2,0 \pm 0,0 b D	2,1 \pm 0,3 b D	2,3 \pm 0,1 b B
55 °C Rodaja	2,9 \pm 0,2 a A	2,0 \pm 0,1 b B	1,9 \pm 0,0 c B	1,8 \pm 0,1 c B	2,2 \pm 0,1 b B

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²Letras mayúsculas distintas en sentido horizontal por cada tratamiento hidrotérmico indican diferencias significativas entre los días de almacenamiento, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Cuadro 14. Luminosidad (L^*) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 9).

Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Luminosidad (L^*)			
	Días de almacenamiento (5 °C)			
	3	6	9	12
21+0	58,3 \pm 0,6 a ¹	63,7 \pm 0,8 a	65,1 \pm 0,8 a	66,6 \pm 0,7 a
5 +5	54,4 \pm 0,7 b	59,4 \pm 1,0 b	60,2 \pm 0,7 b	62,5 \pm 0,6 b
5 +10	51,5 \pm 0,7 c	55,5 \pm 0,5 c	57,4 \pm 0,6 c	60,3 \pm 0,8 c
Tratamiento hidrotérmico (TH)				
10 °C	56,6 \pm 1,1 a	61,9 \pm 1,4 a	63,0 \pm 1,3 a	65,2 \pm 1,0 a
40 °C	54,5 \pm 1,2 b	59,0 \pm 1,2 b	60,4 \pm 1,2 b	62,9 \pm 1,0 b
55 °C	53,2 \pm 0,9 b	57,7 \pm 1,2 b	59,2 \pm 1,1 b	61,3 \pm 1,2 b
Nivel de significancia				
AC	*** ²	***	***	***
TH	***	***	***	***
AC x TH	NS ³	NS	NS	NS

¹Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ²***. Significativo para ($p \leq 0,001$). ³No significativo ($p \geq 0,05$).

Cuadro 15. Croma (C) en rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 9).

Croma (C)				
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)			
	3	6	9	12
21+0	27,4 \pm 0,3 a ¹	29,0 \pm 0,4 a	30,3 \pm 0,2 a	35,4 \pm 0,5 a
5 +5	26,1 \pm 0,3 b	26,7 \pm 0,3 b	27,6 \pm 0,4 b	29,0 \pm 0,5 b
5 +10	24,2 \pm 0,3 c	25,0 \pm 0,3 c	25,9 \pm 0,2 c	26,7 \pm 0,3 c
Tratamiento hidrotérmico (TH)				
10 °C	26,6 \pm 0,4 a	27,7 \pm 0,7 a	26,6 \pm 0,4 a	31,7 \pm 1,5 a
40 °C	26,2 \pm 0,6 a	27,1 \pm 0,6 a	26,2 \pm 0,6 a	30,2 \pm 1,2 b
55 °C	24,8 \pm 0,4 b	25,9 \pm 0,5 b	24,8 \pm 0,4 b	29,2 \pm 1,2 c
Nivel de significancia				
AC	*** ²	***	***	***
TH	***	***	**	***
AC x TH	NS ³	NS	NS	NS

^{1/}Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ^{2/}**, ***. Significativo para ($p \leq 0,01$; 0,001). ^{3/}No significativo ($p \geq 0,05$).

Cuadro 16. Concentración de fenoles totales (mg EAG·100 g⁻¹ PF) de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 9).

Concentración de fenoles totales (mg EAG·100 g ⁻¹ PF)				
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)			
	3	6	9	12
21+0	20,0 \pm 0,3 c ¹	21,1 \pm 0,4 c	21,5 \pm 0,4 c	20,0 \pm 0,3 c
5 +5	21,2 \pm 0,4 b	22,7 \pm 0,3 b	23,6 \pm 0,6 b	21,2 \pm 0,4 b
5 +10	23,1 \pm 0,5 a	24,8 \pm 0,4 a	26,1 \pm 0,3 a	23,1 \pm 0,5 a
Tratamiento hidrotérmico (TH)				
10 °C	20,6 \pm 0,5 b	22,5 \pm 0,7	22,8 \pm 0,9 b	20,6 \pm 0,5
40 °C	21,4 \pm 0,6 ab	22,9 \pm 0,6	23,6 \pm 0,7 ab	21,4 \pm 0,6
55 °C	22,4 \pm 0,6 a	23,2 \pm 0,6	24,7 \pm 0,6 a	22,4 \pm 0,6
Nivel de significancia				
AC	***	**	***	***
TH	** ²	NS	*	NS
AC x TH	NS ³	NS	NS	NS

^{1/}Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ^{2/}*, **, ***. Significativo para ($p \leq 0,05$, 0,01; 0,001). ^{3/}No significativo ($p \geq 0,05$).

Cuadro 17. Sensorial de apariencia de rodajas de tomate ‘Yollibell’ sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenamiento en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 9).

Sensorial de apariencia de rodajas de tomate ‘Yollibell’					
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
21+0	3,2 \pm 0,4 a	9,7 \pm 0,3 b ¹	7,4 \pm 0,2 b	6,9 \pm 0,2 b	6,1 \pm 0,2 b
5 + 5	3,4 \pm 0,3 a	11,5 \pm 0,3 a	9,8 \pm 0,2 a	8,8 \pm 0,2 a	8,2 \pm 0,2 a
5 + 10	3,6 \pm 0,3 a	11,7 \pm 0,1 a	9,2 \pm 0,2 c	8,1 \pm 0,1 a	7,6 \pm 0,2 a
Tratamiento hidrotérmico (TH)					
10 °C	3,1 \pm 0,2 a	10,3 \pm 0,5 b	8,2 \pm 0,4 b	7,5 \pm 0,3 b	6,9 \pm 0,4 b
40 °C	3,5 \pm 0,3 a	11,4 \pm 0,4 a	9,3 \pm 0,4 a	8,2 \pm 0,3 a	7,5 \pm 0,4 a
55 °C	3,7 \pm 0,3 a	11,2 \pm 0,3 a	8,8 \pm 0,4 a	8,1 \pm 0,4 a	7,5 \pm 0,3 a
Nivel de significancia					
AC	NS	***	***	**	**
TH	NS	** ²	**	*	*
AC x TH	NS	NS ³	NS	NS	NS

^{1/}Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ^{2/}*, **, ***. Significativo para ($p \leq 0,05, 0,01; 0,001$). ^{3/}No significativo ($p \geq 0,05$).

Cuadro 18. Sensorial de dureza al morder de rodajas de tomate 'Yollibell' sometidas a tratamiento hidrotérmico antes del corte y almacenadas en distintas atmósferas durante 12 días a 5 °C. Los valores indican el promedio \pm error estándar (n = 3).

Sensorial de dureza al morder de rodajas de tomate 'Yollibell'					
Atmósfera controlada (AC) (% O ₂ + % CO ₂)	Días de almacenamiento (5 °C)				
	0	3	6	9	12
AC1 (21+0)	10,6 \pm 0,2	8,3 \pm 0,4	5,8 \pm 0,4 b ²	5,4 \pm 0,4 b	4,5 \pm 0,4 b
AC2 (5 +5)	10,7 \pm 0,3	10,5 \pm 0,2	9,5 \pm 0,3 a	7,4 \pm 0,3 a	5,4 \pm 0,3 b
AC3 (5 +10)	11,0 \pm 0,1	11,6 \pm 0,4	9,8 \pm 0,4 a	8,5 \pm 0,3 a	6,9 \pm 0,3 a
Tratamiento hidrotérmico (TH)					
10 °C	10,7 \pm 0,2	9,2 \pm 0,6	7,9 \pm 0,8 a	6,6 \pm 0,6 a	5,0 \pm 0,4 a
40 °C	10,8 \pm 0,3	9,9 \pm 0,4	8,4 \pm 0,7 a	6,9 \pm 0,5 a	5,7 \pm 0,5 a
55 °C	11,0 \pm 0,1	11,2 \pm 0,6	8,9 \pm 0,6 a	7,8 \pm 0,4 a	6,1 \pm 0,5 a
Interacción (AC x TH)					
AC1+10 °C	10,7 \pm 0,2	7,1 \pm 0,2 f ¹	5,2 \pm 0,8	4,8 \pm 0,9	3,8 \pm 0,4
AC1+40 °C	10,8 \pm 0,3	8,5 \pm 0,3 e	5,6 \pm 0,4	5,0 \pm 0,4	4,7 \pm 1,0
AC1+55 °C	11,0 \pm 0,1	9,4 \pm 0,1 d	6,7 \pm 0,2	6,4 \pm 0,3	5,0 \pm 0,8
AC2+10 °C	10,7 \pm 0,2	10,1 \pm 0,0 cd	9,1 \pm 0,5	7,1 \pm 0,3	5,0 \pm 0,6
AC2+40 °C	10,8 \pm 0,3	10,2 \pm 0,2 c	9,7 \pm 0,4	7,4 \pm 0,6	5,4 \pm 0,1
AC2+55 °C	11,0 \pm 0,1	11,1 \pm 0,3 b	9,8 \pm 0,5	7,8 \pm 0,5	5,9 \pm 0,6
AC3+10 °C	10,7 \pm 0,2	10,6 \pm 0,2 bc	9,3 \pm 0,9	8,1 \pm 0,6	6,2 \pm 0,4
AC3+40 °C	10,8 \pm 0,3	11,1 \pm 0,3 b	10,0 \pm 0,5	8,2 \pm 0,6	7,1 \pm 0,7
AC3+55 °C	11,0 \pm 0,1	13,1 \pm 0,5 a	10,1 \pm 0,6	9,2 \pm 0,3	7,4 \pm 0,1
Nivel de significancia					
AC	NS	**	** ³	**	**
TH	NS	**	NS ⁴	NS	NS
AC x TH	NS	**	NS	NS	NS

^{1/}Letras minúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamiento por interacción, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ^{2/}Letras minúsculas distintas en sentido vertical en cada día de almacenamiento indican diferencias significativas dentro de los niveles de cada factor, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). ^{3/}** , Significativo para ($p \leq 0,01$). ^{4/} No significativo ($p \geq 0,05$).