



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE POSTGRADO**

**TECNOLOGÍAS EMERGENTES DE POSTCOSECHA APLICADAS  
EN PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.) VARIEDAD ‘ALMUDEN’**

Tesis optar al grado de Magister en Ciencias Agropecuarias

**ALFONSO ANDRÉS GONZÁLEZ OLIVARES**

Director de Tesis

**VÍCTOR HUGO ESCALONA CONTRERAS**

SANTIAGO, CHILE

2020

## AGRADECIMIENTOS

Al proyecto FIA PYT-2016-0441 “Aplicación de tecnologías postcosecha emergentes que permitan la exportación y mínimo procesamiento de tomate y pimiento de la Región de O’Higgins”, por haber financiado esta investigación.

A la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile por la beca de gratuidad de arancel otorgada.

A mi profesor guía Víctor Hugo Escalona, agradezco su constante guía académica, profesional y personal durante el desarrollo de mi tesis y de trabajo profesional en el laboratorio, porque además de un profesor guía, se convirtió en un amigo.

A mis compañeros del laboratorio de CEPOC Mónica, Elizabeth, Walter, Cristian y Daniela, por la ayuda brindada durante la ejecución de los ensayos en el laboratorio.

Agradezco a mi familia, a mis padres y hermanas por el apoyo, preocupación y alegría brindada durante el desarrollo de mis estudios.

Finalmente agradezco a mi pareja por la gran paciencia y comprensión durante el extenso proceso de escritura de mi tesis.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1    Tratamientos postcosecha en frutos de pimiento .....	1
1.2    Productos mínimamente procesados en fresco en pimiento .....	2
<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
3.1    Objetivo general.....	4
3.2    Objetivos específicos .....	4
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>5</b>
4.1    Ubicación del estudio.....	5
4.2    Material biológico.....	5
4.3    Manejo del experimento.....	6
4.3.1    Selección y caracterización de la materia prima .....	6
4.3.2    Ensayo 1. Determinación de los parámetros físico-químicos y tiempo de vida útil en pimiento entero almacenados en frío .....	7
4.3.3    Ensayo 2. Evaluación del efecto de sanitizantes alternativos al cloro en pimiento mínimamente procesado .....	11
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO 1</b> .....	<b>14</b>
5.1.1    Caracterización de la materia prima.....	14
5.1.2    Concentración de gases dentro de la bolsa.....	15
5.1.3    Pérdida de peso .....	16
5.1.4    Color de la piel.....	16
5.1.5    Firmeza .....	20
5.1.6    Sólidos solubles totales .....	20
5.1.7    Acidez titulable .....	21
5.1.8    Concentración de calcio total.....	22
5.1.9    Análisis sensorial .....	22
5.1.10    Contenido de fenoles totales .....	24
5.1.11    Capacidad antioxidante FRAP .....	25
5.1.12    Capacidad antioxidante DPPH.....	26
<b>DISCUSIÓN DEL ENSAYO 1</b> .....	<b>28</b>
6.1.1    Concentración de gases.....	28

6.1.2	Pérdida de peso .....	28
6.1.3	Color de la piel.....	29
6.1.4	Firmeza .....	30
6.1.5	Sólidos solubles totales y acidez titulable.....	31
6.1.6	Contenido de calcio total.....	31
6.1.7	Análisis sensorial .....	32
6.1.8	Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante.....	33
<b>CONCLUSIONES DEL ENSAYO 1.....</b>		<b>34</b>
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO 2.....</b>		<b>35</b>
7.1.1	Caracterización de la materia prima.....	35
7.1.2	Concentración de gases dentro de la bolsa.....	36
7.1.3	Recuentos microbiológicos .....	37
<b>DISCUSIÓN DEL ENSAYO 2.....</b>		<b>41</b>
8.1.1	Concentración de gases.....	41
8.1.2	Mesófilos aerobios .....	41
8.1.3	Enterobacterias.....	42
8.1.4	Hongos y levaduras.....	42
8.1.5	Psicrófilos .....	43
<b>CONCLUSIONES DEL ENSAYO 2.....</b>		<b>44</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>		<b>45</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>52</b>
<b>APÉNDICE 1.....</b>		<b>54</b>
<b>APÉNDICE 2.....</b>		<b>69</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos realizados con inmersión térmica (IT) en agua caliente (AC) a 50 °C y CaCl <sub>2</sub> al 2 % por 2 minutos y en agua fría (AF) a 10 °C por 2 minutos; tratamientos de atmósfera modificada (AM) con barrido de nitrógeno y aire; y tratamientos en temperatura de almacenamiento (Temp) a 5 y 10 °C.....	8
Cuadro 2. Sanitizantes y concentraciones o dosis suministradas como tratamientos en el ensayo 2.....	12
Cuadro 3. Medios de cultivo, temperatura y tiempo de incubación de los microorganismos analizados.....	13
Cuadro 4. Caracterización de la materia prima realizada en pimientos enteros.....	14
Cuadro 5. Porcentaje de pérdida de peso (PP) entre los tratamientos de inmersión térmica en agua caliente (AC) y agua fría (AF), temperatura de almacenamiento a 5 y 10 °C y atmósfera modificada de nitrógeno (AM nitrógeno) y de aire (AM aire) durante 51 días de almacenamiento.....	16
Cuadro 6. Caracterización de la materia prima realizada en pimientos enteros.....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escala de madurez en pimiento (variedad Almuden).....	5
Figura 2: Escala de color de pimiento en función del Croma.....	14
Figura 3. Evolución en composición gaseosa de pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C. De izquierda a derecha tratamientos de agua caliente en aire (AC aire), agua caliente en nitrógeno (AC nitrógeno), agua fría en aire (AF aire) y agua fría en nitrógeno (AF nitrógeno).....	15
Figura 4. Luminosidad ( $L^*$ ) de pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. En línea continua tratamientos de inmersión térmica en agua caliente (AC) y en línea puntuada tratamientos de agua fría (AF) en atmósferas de nitrógeno (▲) y aire (◆).....	17
Figura 5. Cromo ( $C^*$ ) de pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. En línea continua tratamientos de inmersión térmica en agua caliente (AC) y en línea puntuada tratamientos de agua fría (AF) en atmósferas de nitrógeno (▲) y aire (◆).....	18
Figura 6. Tono ( $H^*$ ) de pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. En línea continua tratamientos de inmersión térmica en agua caliente (AC) y en línea puntuada tratamientos de agua fría (AF) en atmósferas de nitrógeno (▲) y aire (◆).....	19
Figura 7. Imagen fotográfica de pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C con tratamientos de inmersión térmica en agua caliente (AC) y agua fría (AF) en atmósferas de nitrógeno (AM nitro) y en aire (AM aire).....	19
Figura 8. Firmeza (N) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. En línea continua tratamientos de inmersión térmica en agua caliente (AC) y en línea puntuada tratamientos de agua fría (AF) en atmósferas de nitrógeno (▲) y aire (◆).....	20
Figura 9. Sólidos solubles totales (%) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. De izquierda a derecha tratamientos de agua caliente en aire (AC aire) de color negro, agua caliente en nitrógeno (AC nitrógeno) en color gris, agua fría en aire (AF aire) en color gris oscuro y agua fría en nitrógeno (AF nitrógeno) en color crema.....	21
Figura 10. Acidez titulable (%) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. De izquierda a derecha tratamientos de agua caliente en aire (AC aire) de color negro, agua caliente en nitrógeno (AC nitrógeno) en color gris, agua fría en aire (AF aire) en color gris oscuro y agua fría en nitrógeno (AF nitrógeno) en color crema.....	21
Figura 11. Concentración de calcio total (g calcio/100g PF) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. De izquierda a derecha tratamientos de agua caliente en aire (AC aire), agua caliente en nitrógeno (AC nitrógeno), agua fría en aire (AF aire) y agua fría en nitrógeno (AF nitrógeno).....	22

Figura 12. Análisis de componentes principales de las variables de apariencia, textura, sabor, color, aroma y olor extraño entre los tratamientos de inmersión térmica en agua caliente (AC) en rojo y agua fría (AF) en azul durante 26 + 2 días de almacenamiento.....	24
Figura 13. Contenido de fenoles totales ( $\mu\text{gEAG/g PF}$ ) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. De izquierda a derecha tratamientos de agua caliente en aire (AC aire) de color negro, agua caliente en nitrógeno (AC nitrógeno) en color gris, agua fría en aire (AF aire) en color gris oscuro y agua fría en nitrógeno (AF nitrógeno) en color crema.....	25
Figura 14. Capacidad antioxidante FRAP ( $\mu\text{gET/g PF}$ ) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. De izquierda a derecha tratamientos de agua caliente en aire (AC aire) de color negro, agua caliente en nitrógeno (AC nitrógeno) en color gris, agua fría en aire (AF aire) en color gris oscuro y agua fría en nitrógeno (AF nitrógeno) en color crema.....	26
Figura 15. Capacidad antioxidante DPPH ( $\mu\text{gET/g PF}$ ) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. De izquierda a derecha tratamientos de agua caliente en aire (AC aire) de color negro, agua caliente en nitrógeno (AC nitrógeno) en color gris, agua fría en aire (AF aire) en color gris oscuro y agua fría en nitrógeno (AF nitrógeno) en color crema.....	27
Figura 16. Composición gaseosa de cubos de pimiento a 5 °C durante 14 días de almacenamiento. En a) tratamientos con concentración 1 y en b) tratamientos con concentración 2. De izquierda a derecha tratamientos de ácido peracético (AP), dióxido de cloro (DC), clorito sódico acidificado (CS), luz UV-C (UVC), ozono (OZ), hipoclorito de sodio (Cloro) y Agua potable desclorada (Agua).....	36
Figura 17. Recuento de mesófilos aerobios ( $\log \text{UFC/g}$ ) en cubos de pimiento almacenados a 5 °C durante 14 días. En a) tratamientos con concentración 1 y en b) tratamientos con concentración 2. De izquierda a derecha tratamientos de clorito sódico acidificado (CS), ácido peracético (AP), dióxido de cloro (DC), luz UV-C (UVC), ozono (OZ), hipoclorito de sodio (Cloro) y Agua potable desclorada (Agua).....	37
Figura 18. Recuento de enterobacterias ( $\log \text{UFC/g}$ ) en cubos de pimiento almacenados a 5 °C durante 14 días. En a) tratamientos con concentración 1 y en b) tratamientos con concentración 2. De izquierda a derecha tratamientos de clorito sódico acidificado (CS), ácido peracético (AP), dióxido de cloro (DC), luz UV-C (UVC), ozono (OZ), hipoclorito de sodio (Cloro) y Agua potable desclorada (Agua).....	38
Figura 19. Recuento de hongos y levaduras ( $\log \text{UFC/g}$ ) en cubos de pimiento almacenados a 5 °C durante 14 días. En a) tratamientos con concentración 1 y en b) tratamientos con concentración 2. De izquierda a derecha tratamientos de clorito sódico acidificado (CS), ácido peracético (AP), dióxido de cloro (DC), luz UV-C (UVC), ozono (OZ), hipoclorito de sodio (Cloro) y Agua potable desclorada (Agua).....	39
Figura 20. Recuento de hongos y levaduras ( $\log \text{UFC/g}$ ) en cubos de pimiento almacenados a 5 °C durante 14 días. En a) tratamientos con concentración 1 y en b) tratamientos con concentración 2. De izquierda a derecha tratamientos de clorito sódico acidificado (CS), ácido peracético (AP), dióxido de cloro (DC), luz UV-C (UVC), ozono (OZ), hipoclorito de sodio (Cloro) y Agua potable desclorada (Agua).....	40

## ÍNDICE DE APENDICES

### APENDICE 1

Cuadro 1. Evolución de la concentración gaseosa de O <sub>2</sub> en el interior de bolsas con pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.....	55
Cuadro 2: Evolución de la concentración gaseosa de CO <sub>2</sub> en el interior de bolsas con pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.....	56
Cuadro 3: Pérdida de peso en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.....	57
Cuadro 4: Evolución del color en función de la luminosidad (L*) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.....	58
Cuadro 5: Evolución del color en función del Croma (C*) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.....	59
Cuadro 6: Evolución del color en función del Tono (H*) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.....	60
Cuadro 7: Firmeza de almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.....	61
Cuadro 8: Sólidos solubles en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.....	62
Cuadro 9: Acidez titulable en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.....	63
Cuadro 10: Concentración de calcio total en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.....	64



Cuadro 11a. Análisis sensorial en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.....	65
Cuadro 11b. Análisis sensorial en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.....	66
Cuadro 12: Concentración de fenoles totales en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.....	67
Cuadro 13: Capacidad antioxidante con método de FRAP en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.....	68
Cuadro 14: Capacidad antioxidante con método de DPPH en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.....	69

## APENDICE 2

Cuadro 1: Evolución en la concentración de O <sub>2</sub> presente en bolsas de pimientos cortados y almacenados durante 14 días a 5 °C tratados con diferentes sanitizantes y concentraciones.....	70
Cuadro 2: Evolución en la concentración de CO <sub>2</sub> presente en bolsas de pimientos cortados y almacenados durante 14 días a 5 °C tratados con diferentes sanitizantes y concentraciones .....	71
Cuadro 3: Recuento de mesófilos aerobios (log UFC/g) presentes en cubos de pimiento almacenados a 5 °C durante 14 días.....	72
Cuadro 4: Recuento de enterobacterias (log UFC/g) presentes en cubos de pimiento almacenados a 5 °C durante 14 días .....	73
Cuadro 5: Recuento de hongos y levaduras (log UFC/g) presentes en cubos de pimiento almacenados a 5 °C durante 14 días .....	74
Cuadro 6: Recuento de hongos y levaduras (log UFC/g) presentes en cubos de pimiento almacenados a 5 °C durante 14 días .....	75

## RESUMEN

El pimiento es una hortaliza de importancia comercial a nivel mundial que puede ser almacenamiento entre los 7 a 10 °C por un tiempo de 14 a 21 días, presentando daño por frío tras 10 a 15 días de almacenamiento a temperaturas inferiores a 7 °C. Sin embargo, es posible extender el periodo de almacenamiento, manteniendo su calidad con diferentes técnicas postcosecha. Por otra parte, el pimiento mínimamente procesado en fresco (MPF) por su pH cercano a 7, su alto contenido en agua y el daño provocado por el corte, proporcionan condiciones ideales para el crecimiento de microorganismos, por lo que la etapa de lavado resulta fundamental en la reducción microbiológica inicial y en el mantenimiento de la calidad durante el almacenamiento. El propósito de este estudio fue prolongar la vida postcosecha manteniendo la calidad del pimiento entero en fresco y la reducción de la carga microbiológica en el pimiento MPF, para lo cual se realizaron dos ensayos. En el primer ensayo se evaluaron pimientos enteros mediante el almacenamiento en atmósfera modificada activa con nitrógeno y en aire humedecido, con inmersión térmica en una solución  $\text{CaCl}_2$  al 2% a  $50 \pm 5$  °C durante 2 minutos. Los pimientos se almacenaron durante 51 días a 5 y 10 °C más un periodo de simulación comercial de 2 días a 15 °C. El segundo ensayo tuvo como objetivo reducir la carga microbiológica de pimientos MPF en cubos mediante el empleo de 5 sanitizantes alternativos al hipoclorito de sodio. Los pimientos MPF se conservaron por 14 días a 5 °C. En ambos ensayos se realizaron determinaciones de pérdida de peso, calidad sensorial, concentración de gases, color, firmeza y contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante. Los resultados indicaron que la pérdida de peso, color, firmeza, sólidos solubles y apariencia de los frutos enteros fue afectada por la temperatura del tratamiento de inmersión. En producto MPF se realizaron recuentos microbiológicos durante la conservación y se encontró que la UV-C redujo de forma significativa los recuentos. Las conclusiones de este estudio fueron que los pimientos enteros tratados por inmersión térmica y conservados bajo atmósferas modificadas a 5 °C prologaron su vida útil hasta 51 días. Los pimientos MPF tratados con luz UV-C a 5 - 15  $\text{kJ/m}^2$  presentaron una reducción y mantención de la carga microbiológica baja respecto al uso de hipoclorito de sodio.

Palabras clave: Almacenamiento, Inmersión térmica, Sanitizante, Mínimo proceso.

## ABSTRACT

The bell pepper is a vegetable of commercial importance worldwide can be storage between 7 to 10 °C for a time of 14 to 21 days, presenting cold damage after 10 to 15 days of storage at temperatures below 7 °C. However, it is possible to extend the storage period, maintaining quality with different postharvest techniques. Also, the minimally processed fresh pepper (MPF) due to its pH close to 7, its high-water content and increased surface area due to cutting, provide conditions ideal for the growth of microorganisms, so the washing process is fundamental for decrease of the concentration microbiological and in the maintenance of this reduction during storage. The purpose of this study was to prolong postharvest life, maintaining the quality of the fresh whole bell pepper and reducing the microbial counts in the MPF bell pepper, for which two experiments were carried out. In the first experiment, whole bell peppers were evaluated by storage in an active modified atmosphere with nitrogen and in humid air, with thermal immersion in a 2% CaCl<sub>2</sub> solution at 50 ± 5 °C for 2 minutes. The bell peppers were stored for 51 days at 5 and 10 °C more a commercial simulation period of 2 days at 15 °C. The second experiment aimed to reduce the microbial counts of cubed MPF bell peppers by using 5 alternative sanitizers to sodium hypochlorite. The MPF bell peppers were stored for 14 days at 5 °C. In the both experiments, determinations were made of weight loss, sensory quality, gas concentration, color, firmness and content of total phenols and antioxidant capacity were determined. The results indicated that the loss of weight, color, firmness, soluble solids and appearance of the whole fruits was affected by the temperature of the immersion treatment. Microbiological counts were made on the MPF product during storage and it was found that UV-C significantly reduced the counts. The conclusions of this study were that whole peppers treated by thermal immersion and preserved under modified atmospheres at 5 °C extended their shelf life up to 51 days. The MPF bell peppers treated with UV-C light at 5 - 15 kJ/m<sup>2</sup> showed a reduction and maintenance of the microbiological load low compared to the use of sodium hypochlorite.

Keywords: *Capsicum annuum*, Postharvest, Thermal immersion, Sanitizer, Minimal process.

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Tratamientos postcosecha en frutos de pimiento

Las pérdidas postcosecha en cultivos hortofrutícolas están relacionadas principalmente con la manipulación desde la cosecha hasta el consumidor. En países en vías de desarrollo como los pertenecientes a América Latina, las pérdidas en frutas y hortalizas frescas alcanzan hasta un 20%, dependiendo del producto, la variedad y las condiciones de manejo (OCDE-FAO, 2019). Las principales causas se deben a daños mecánicos, almacenamiento inadecuado, manipulación, transporte incorrecto y por el tiempo de comercialización (Velásquez y Málaga, 2017). Conocer los factores biológicos y fisiológicos involucrados en el deterioro del producto, permite el desarrollo de técnicas y tecnologías postcosecha para retrasar la senescencia y la mantención de la calidad (Darré, 2019; Escalona *et al.*, 2020; Gil y Tudela, 2020; Hernández *et al.*, 2020).

Los tratamientos de inmersión térmica en agua caliente son utilizados para controlar patógenos, aumentar la tolerancia al daño por frío, extender la vida útil y la preservación de la calidad del fruto (Escribano y Mitcham, 2014; Soliva-Fortuny *et al.*, 2014; Khairi *et al.*, 2015; Lurie y Tonutti, 2014; Ortiz *et al.*, 2014; O' Donoghue *et al.*, 2017; Escalona *et al.*, 2020). Castro *et al.* (2016) reportaron el efecto de la inmersión en agua caliente a 55 °C durante 15 segundos en 2 variedades de pimiento amarillo, encontrando una mayor tolerancia al daño por frío y la mantención de la textura en los pimientos sometidos a la inmersión térmica almacenados a 1, 5, 4 y 7 °C. Del mismo modo, la inmersión en sales cálcicas se utiliza para disminuir el ablandamiento y mejorar la textura al modificar los procesos extra e intracelulares por la unión del calcio a los componentes de la pared celular primaria (Silveira *et al.*, 2011; Ortiz *et al.*, 2011; Contreras-Angulo *et al.*, 2011; Aguayo *et al.*, 2015). Rao *et al.* (2011) encontraron diferencias significativas entre pimientos almacenados durante 18 días a 10 °C con 1,5 % de CaCl<sub>2</sub>, observando una menor deshidratación en el tratamiento de sal cálcica respecto al control sin calcio del (5 y 11 %, respectivamente).

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza de alta importancia comercial a nivel mundial (OCDE/FAO, 2019), con una producción de 40.936.076 ton producidas durante el año 2018 (FAO, 2020). En Chile, el principal destino de la producción total de pimientos es para mercado en fresco, alcanzando los 9,4 millones de USD exportados en fresco durante el mes de enero del 2017 y un incremento del 21 % respecto al mismo mes en el 2016 (Pino, 2018). El pimiento en fresco se puede almacenar a temperaturas entre los 7 a 10 °C por un tiempo de 14 a 21 días, presentando daño por frío a temperaturas inferiores a 7°C (Kader *et al.*, 2007; Escalona *et al.*, 2020). Se recomienda el almacenamiento con una alta HR, entre los 95 a 98%, con atmósferas de baja concentración de O<sub>2</sub> (2 a 5%) y CO<sub>2</sub> (5%) (Kader *et al.*, 2007; Rao *et al.*, 2011). Las atmósferas con concentraciones superiores al 5% de CO<sub>2</sub> pueden generar picado superficial, decoloración y ablandamiento, especialmente en frutos con

madurez verde maduro almacenados entre 21 a 30 días a temperaturas inferiores a los 10 °C (Barbosa *et al.*, 2020; Escalona *et al.*, 2020).

## 1.2 Productos mínimamente procesados en fresco en pimiento

Los productos mínimamente procesados en fresco (MPF) consisten en frutas y hortalizas preparadas y manipuladas mediante operaciones simples como el lavado, cortado y envasado (Qadri *et al.*, 2015; Argüello *et al.*, 2017; Barbosa *et al.*, 2020). Durante estos procesos la superficie del producto se encuentra expuesta a la contaminación con bacterias, hongos y levaduras (Villena *et al.*, 2010; Horvitz y Cantalejo, 2015; Argüello *et al.*, 2017). Las hortalizas MPF por su pH cercano al neutro, el alto contenido en agua y el aumento de la superficie debido al corte, proporcionan condiciones ideales para el crecimiento de microorganismos (Horvitz y Cantalejo, 2015; Argüello *et al.*, 2017). El éxito del lavado depende de factores como el adecuado manejo del proceso, el tipo de lavado, el tiempo de exposición, la dosis, el pH, la temperatura, etc. Del mismo modo la eficacia del producto sanitizante a utilizar se refleja en la reducción microbiológica inicial y en el mantenimiento de esta reducción durante el almacenamiento (Valladares, 2019; Barbosa *et al.*, 2020; Escalona *et al.*, 2020).

El hipoclorito de sodio se ha utilizado ampliamente como uno de los sanitizantes más eficaces para garantizar la seguridad de sus productos (Rodini *et al.*, 2015, Olivier, 2019, Cerit y Demirkol, 2020). Sin embargo, existe una tendencia a su sustitución, debido a los riesgos para la salud asociados a la formación de trihalometanos, derivados de la desinfección con el producto. Debido a esto, resulta interesante el uso de nuevas alternativas al cloro que garanticen la seguridad del producto, que mantengan una buena calidad y que permitan alargar la vida útil del producto. El clorito sódico acidificado, el ácido peracético, el dióxido de cloro, la luz UV-C y el ozono son los principales agentes sanitizantes alternativos al cloro de gran interés en los últimos años (Rodini *et al.*, 2015, Olivier, 2019, Cerit y Demirkol, 2020).

El clorito sódico acidificado es producido disminuyendo el pH de una solución de clorito de sodio a un rango entre 2,5 a 3,2 con ácido clorhídrico y es utilizado en concentraciones entre 250 a 1.000 mL/L (Villena, 2010, Escalona *et al.*, 2020).

El ácido peracético posee un alto potencial oxidante (Herdt y Feng, 2009; Vandekinderen *et al.*, 2009; Valladares, 2020), se degrada en ácido acético y peróxido de hidrógeno, por lo que puede ser utilizado en aplicaciones sin enjuague. Puede ser utilizado sobre un amplio rango de temperatura, de 0 a 40 °C y en un amplio rango de pH de 3,0 a 7,5 (Rodríguez, 2015), en concentraciones entre 80 a 250 mL/L (Vandekinderen *et al.*, 2009, Olivier, 2019; Valladares, 2019).

El dióxido de cloro tiene una alta eficacia biocida, actúa entre un pH de 5,0 a 10, posee una baja reactividad con la materia orgánica, el amoníaco y otros precursores orgánicos para formar cloraminas nocivas y trihalometanos, respecto al cloro (Singh *et al.*, 2002; Zoffoli *et al.*, 2005; Gómez-López *et al.*, 2009; Chen *et al.*, 2010). Es utilizado en concentraciones entre 5 a 15 mg/L (Gómez-López *et al.*, 2009; Villena, 2010; Escalona *et al.*, 2020).

La luz UV-C es un sanitizante que no afecta significativamente la temperatura del producto, no deja residuos químicos y corresponde a una radiación no-ionizante siendo eficaz para inhibir el crecimiento de bacterias, hongos y levaduras a dosis de 0,5 a 20 kJ/m<sup>2</sup> (Char *et al.*, 2010; Luna, 2014; Rodini *et al.*, 2015; Alyaa, 2017). Su sitio de acción es mediante la inducción de la formación de dímeros de pirimidina que distorsionan la hélice de ADN, llegando a causar su muerte celular, sin alterar la estructura de las células vegetales (Char *et al.*, 2010; Schenk, 2010).

El ozono es un oxidante altamente energético, posee un rango óptimo en función del pH entre 5,5 a 9,5 con temperaturas entre 5 y 35 °C a concentraciones entre 0,05 a 0,2 mg/L (Frisón *et al.*, 2013). Además, la presencia de materia orgánica no supone riesgo de formación de subproductos indeseables, ya que degrada a las sustancias precursoras de los trihalometanos (Shechter, 1972; Wang *et al.*, 2008).

## HIPÓTESIS

1.- La interacción entre los tratamientos de postcosecha como agua caliente, atmósfera modificada y refrigeración prolongan la vida útil y calidad de pimientos frescos enteros por sobre los 30 días de almacenamiento.

2.- La aplicación de al menos un sanitizante alternativo al cloro en combinación con un envasado en atmósfera modificada mantendrá la inocuidad microbiológica del pimiento MPF durante 14 días conservado a baja temperatura.

## **OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo general**

Evaluar la vida de anaquel a partir de la interacción de diferentes tratamientos postcosecha sobre la calidad de pimiento 'Almuden' entero y MPF.

### **3.2 Objetivos específicos**

- Evaluar la combinación tratamientos térmicos y de atmósfera modificada que permitan alargar el tiempo de almacenamiento y mejorar la calidad de los pimientos enteros.
- Establecer los parámetros físicos, químicos, sensoriales y funcionales en pimiento entero conservados a 5 y 10 °C.
- Determinar la efectividad de 5 sanitizantes alternativos al cloro, en 2 concentraciones sobre pimiento MPF conservados a 5 °C.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación del estudio

El estudio fue financiado por el proyecto FIA PYT-2016-0441: “Aplicación de tecnologías postcosecha emergentes que permitan la exportación y mínimo procesamiento de tomate y pimiento de la Región de O’Higgins, de la convocatoria regional “Promoviendo el desarrollo de hortalizas de exportación en la Región de O’Higgins” de la Fundación para la Innovación Agraria.

El desarrollo experimental se realizó en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, localizado a 33° 40’ de latitud sur y 70° 40’ de longitud oeste, comuna de La Pintana, Provincia de Santiago, Región Metropolitana, Chile.

### 4.2 Material biológico

Los frutos de pimiento tipo Lamuyo, variedad Almuden fueron cosechados manualmente en mayo de 2018 para el primer ensayo y en septiembre de 2018 para el segundo, desde un invernadero comercial de la ciudad de Quillota, en la Región de Valparaíso. Se utilizó el criterio de cosecha correspondiente al estado de madurez verde maduro, con un color de fondo verde del 100 %, indicado por el n° 1 de la escala de color de estados de madurez de pimiento (Figura 1).



Figura 1. Escala de madurez en pimiento (variedad Almuden, Fuente: Proyecto FIA PYT-2016-0441).

Una vez realizada la recolección de los frutos, se transportaron inmediatamente hasta el CEPOC, donde se almacenaron en el interior de una cámara refrigerada a 10 °C y 95 – 98 % de humedad relativa (HR).



### 4.3 Manejo del experimento

Antes de cada ensayo se realizaron los procesos de selección y caracterización de la materia prima en una sala de procesos a 10 °C y 70 – 80 % HR, limpia y sanitizada con NaOCl a 200 mg/L (Ispch, 2015). Se optimizó el pH del NaOCl en la solución acuosa, aplicando ácido clorhídrico hasta alcanzar un pH entre 6,0 a 7,0 (Ispch, 2015).

#### 4.3.1 Selección y caracterización de la materia prima

La selección se realizó según la homogeneidad en calibre, peso, estado de madurez y ausencia de daños. Los frutos que no cumplieron con los estándares de calidad para el ensayo, se descartaron como destrío, según la presencia de daños por partiduras, golpes y depresiones en el epicarpo, presencia de hongos u otra patología y/o desorden fisiológico, según [http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity\\_Resources/Fact\\_Sheets/](http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/). Una vez realizada la selección, se caracterizó la materia prima con las mediciones de los parámetros físicos y químicos.

**Parámetros físicos:** se consideró una muestra aleatoria de 10 frutos en fresco para las mediciones de peso, tamaño, color de la piel y firmeza.

**Peso:** se determinó mediante una balanza electrónica de precisión semi-analítica CMB3000-1 (Kern, Alemania). Los resultados se expresaron en g.

**Tamaño:** se registró el diámetro del fruto mediante un pie de metro digital Caliper 0 – 150 mm (Bull tools, China) y el largo total con una regla metálica. Los resultados se expresaron en cm.

**Color de la piel:** se midió el color externo de cada pimiento en 3 puntos equidistantes sobre la línea ecuatorial, con un colorímetro portátil CM-2500d (Minolta, Japón). Se utilizó el sistema CIELab con valores de Luminosidad y de las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$ . Los resultados se expresaron en términos de LCH con Luminosidad ( $L^*$ ), Croma ( $C^*$ ) y Tono ( $H^*$ ), siendo  $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$  y  $H^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$  (McGuire, 1992).

**Firmeza:** se determinó la firmeza en los mismos 3 puntos donde se realizó la medición de color de la piel, mediante un medidor de textura Ta.Xt Express con celda de carga de 10 kg (Stable Micro Systems, Reino Unido), un émbolo cilíndrico de acero inoxidable de 2 mm de diámetro y 12 mm/seg de velocidad de penetración. Los resultados se expresaron en N (newton).

**Parámetros químicos:** se realizaron muestras de jugo aleatorias individuales tomando 5 pimientos con un extractor de jugos Naturezza (Sindelen, Chile) para la medición de sólidos solubles totales (SST) y acidez titulable (AT).

SST: se determinaron mediante un refractómetro termo compensado portátil PR-100 (Atago, Japón) a 15 °C. Los resultados se expresaron en porcentaje de SST (%).

AT: se registró el pH mediante un pH-metro pH21 (Hanna Instruments, Italia). La AT se calculó mediante la titulación de 5 mL de jugo con NaOH 0,1 N hasta la neutralización de sus ácidos orgánicos a pH 8,1 – 8,2. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico (%); adicionalmente se calculó la relación SST/AT.

#### **4.3.2 Ensayo 1. Determinación de los parámetros físico-químicos y tiempo de vida útil en pimiento entero almacenados en frío**

En este ensayo se evaluó el efecto combinado de la inmersión térmica (IT) con una atmósfera modificada (AM) y 2 temperaturas de almacenamiento (Temp). El propósito de este ensayo fue determinar la mejor combinación de tratamientos para mantener y extender la calidad de los pimientos enteros durante el tiempo de almacenamiento.

##### **Acondicionamiento de inmersión térmica**

Una vez realizado el proceso de selección y caracterización de la materia prima, los pimientos se lavaron sumergiéndolos en agua potable durante 2 min en una sala de procesos a 10 °C y 70 – 80 % de HR, para la remoción de la suciedad del exocarpo (Ispch, 2015). Posteriormente se procedió al acondicionamiento en IT sumergiendo los pimientos en una solución de CaCl<sub>2</sub> al 2 % a una temperatura de 50 ± 5 °C durante 2 minutos (Castro *et al.*, 2016). Del mismo modo se dispuso otro grupo de pimientos que se sumergieron en agua fría a 10 ± 1 °C sin CaCl<sub>2</sub> durante 2 minutos. Una vez aplicadas las inmersiones, se escurrieron por 2 min sobre una malla de acero inoxidable hasta la remoción del exceso de agua para su almacenamiento en una cámara a 10 °C y 95 – 98 % de HR en bandejas plásticas envueltas en una bolsa de polietileno de baja densidad, macroperforadas con 10 perforaciones de 1 cm de diámetro, con el objeto de evitar la deshidratación de los frutos hasta su procesamiento.

##### **Procesamiento de los pimientos enteros**

Posterior al acondicionamiento con la solución de CaCl<sub>2</sub> y el periodo de 2 días a 10°C, se realizó el lavado y santización en una solución acuosa de NaOCl con 100 mg/L a pH entre 6 y 7 durante 2 min (Ispch, 2015).

##### **Tratamientos**

Se utilizaron pimientos con la aplicación de IT con agua caliente o fría, empleando una atmósfera rica en nitrógeno o atmósfera de aire a 2 temperaturas de almacenamiento de 5 y 10 °C (Cuadro 1), durante 51 días más un periodo de simulación comercial de 2 días a 15 °C en aire. Los tratamientos se aplicaron de forma completamente aleatorizada sobre los pimientos previamente sanitizados.

Cuadro 1. Tratamientos realizados con inmersión térmica en agua caliente a 50 °C y CaCl<sub>2</sub> al 2 % por 2 minutos y en agua fría a 10 °C por 2 minutos; tratamientos de atmósfera modificada con barrido de nitrógeno y aire; y tratamientos en temperatura de almacenamiento a 5 y 10 °C.

Tratamiento	IT	AM	Temp
T1	AC 50 °C + CaCl <sub>2</sub> 2 %	Aire	5 °C
T2	AC 50 °C + CaCl <sub>2</sub> 2 %	Aire	10 °C
T3	AC 50 °C + CaCl <sub>2</sub> 2 %	Nitrógeno	5 °C
T4	AC 50 °C + CaCl <sub>2</sub> 2 %	Nitrógeno	10 °C
T5	AF 10 °C sin CaCl <sub>2</sub>	Aire	5 °C
T6	AF 10 °C sin CaCl <sub>2</sub>	Aire	10 °C
T7	AF 10 °C sin CaCl <sub>2</sub>	Nitrógeno	5 °C
T8	AF 10 °C sin CaCl <sub>2</sub>	Nitrógeno	10 °C

Durante el proceso de envasado se dispuso de un pimiento por bolsa. Cada bolsa fue confeccionada con una película de multicapa de poliolefina (PD-960 Sealed Air) (CRYOVAC, Chile) de 0,20 x 0,15 m y de 0,025 mm de grosor y un volumen de 1.000 mL. La permeabilidad a 23 °C y a 1 atm fue de 6.000 mL/m<sup>2</sup>/día para O<sub>2</sub> y 19.000 mL/m<sup>2</sup>/día para CO<sub>2</sub> (Fortiz-Hernández *et al.*, 2010). Para el caso de los tratamientos con AM con Nitrógeno, se realizó un barrido con N<sub>2</sub> grado técnico (Indura, Chile), inyectando este gas desde un cilindro de 8 m<sup>3</sup> durante 7 seg, con 3 insuflaciones cada vez hasta alcanzar una concentración inicial de 5 ± 1 % de O<sub>2</sub> (Kader *et al.*, 2004). Para alcanzar una condición de aire, al otro grupo de bolsas se le realizaron 14 perforaciones a cada bolsa (7 de cada lado) con una aguja hipodérmica de 7 mm de diámetro. Ambos grupos de bolsas se sellaron con un termosellador Impulse Sealer (Tew Equipment, Taiwán) y se almacenaron a 5 y 10 °C, con 95 – 98 % de HR.

### Determinaciones

Se realizaron mediciones de los parámetros físicos, químicos, sensoriales y de compuestos funcionales. Las mediciones fueron realizadas una vez por semana los días 0, 7, 19, 26 y 51 bajo refrigeración (salida de frío) + 2 días a 15 °C (simulación comercial), exceptuando el peso y la concentración de gases que se realizaron el mismo día de la salida de frío. Las evaluaciones sensoriales se realizaron sólo los días 26 y 51 + 2 días a 15 °C.

**Parámetros físicos:** estas mediciones se realizaron directamente desde el producto en fresco.

Concentración de gases: se registró la evolución de la concentración de los gases de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> al interior del envase. Las mediciones se realizaron con un analizador de gases portátil Checkpoint PBI (Dansensor, Dinamarca), directamente dentro de las cámaras de frío. La composición atmosférica se expresó en porcentajes de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Una vez registrado este

parámetro, las bolsas fueron colocadas en la sala de procesos acondicionada a simulación comercial con 15 °C y 70 – 80 % HR.

**Pérdida de peso:** se determinó mediante una balanza electrónica de precisión semianalítica CMB3000-1 (Kern, Alemania). Los resultados se expresaron en g. Con esta medición se calculó la pérdida de peso (PP) del producto, mediante el diferencial de peso entre el día 0 del procesamiento y el momento de la salida de frío previo a la simulación comercial. La PP se expresó en porcentaje (%).

**Color de la piel:** se registró el color de cada pimiento en 3 puntos equidistantes sobre la línea ecuatorial con un colorímetro portátil CM-2500d (Minolta, Japón). Se utilizó el sistema CIELab con valores de Luminosidad y de las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$ . Los resultados se expresaron en términos de LCH mediante los valores de Luminosidad ( $L^*$ ), Cromo ( $C^*$ ) y Tono ( $H^*$ ), siendo  $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$  y  $H^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$  (McGuire, 1992).

**Firmeza:** se determinó la firmeza en los mismos 3 puntos donde se realizó la medición de color de la piel, mediante un medidor de textura Ta.Xt Express con celda de carga de 10 kg (Stable Micro Systems, Reino Unido), un émbolo cilíndrico de acero inoxidable de 2 mm de diámetro y 12 mm/seg de velocidad de penetración. Los resultados se expresaron en N (newton).

**Parámetros químicos:** para estas evaluaciones se utilizaron muestras de jugo obtenidas de cada pimiento con un extractor de jugos Naturezza (Sindelen, Chile).

**SST:** se determinó mediante un refractómetro termo compensado portátil PR-100 (Atago, Japón) a 15 °C. Los resultados se expresaron en porcentaje de SST (%).

**AT:** se registró el pH mediante un pH-metro pH21 (Hanna Instruments, Italia). La AT se calculó mediante la titulación de 5 mL de jugo con NaOH 0,1 N hasta la neutralización de los ácidos orgánicos a pH 8,1 – 8,2. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico (%); adicionalmente se calculó la relación SST/AT.

**Contenido de calcio total:** se determinó con 0,4 g de pimiento liofilizado y molido según la metodología descrita por Sadzawka *et al.* (2007), en 10 mL de agua destilada, 6 mL de ácido nítrico al 60 % y 4 mL de peróxido de hidrógeno al 30 % hasta la digestión física de la muestra dentro de una campana de extracción por 18 h. Posteriormente se autoclavó a 125 °C durante 70 min y se filtró a través de un papel Whatmann n° 2 hasta la lectura de su absorbancia a 422 nm en el equipo de absorción atómica WFX-130B (Rayleigh, China). Los resultados se expresaron como g de calcio por 100 g de peso fresco de pimiento (g calcio/100 g PF).

**Parámetros de calidad:** se realizaron análisis sensoriales con un panel formado por 6 personas (entre 23 y 50 años). Para cada evaluación se utilizaron pimientos cortados en cubos de 2 x 2 x 0,5 cm pertenecientes a cada tratamiento. Se evaluaron los siguientes parámetros: 1) apariencia externa, 2) color de la pulpa 3) textura de la pulpa, 4) sabor de la pulpa y 5)

aroma característico a pimiento. Donde 0 = pésimo o baja intensidad, 7,5 = regular o mediana intensidad (límite mínimo de aceptabilidad) y 15 = excelente o alta intensidad (Anexo II).

**Parámetros de compuestos funcionales:** estas evaluaciones se realizaron con 50 g de producto fresco (MF) proveniente de cada pimiento luego de 4 días de liofilización en un liofilizador FD55C8 (IlShin, Corea).

Contenido de fenoles totales: para la determinación de fenoles totales se utilizó el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, a través del método descrito por Mazur *et al.* (2014), con 100  $\mu\text{L}$  de extracto fenólico y 200  $\mu\text{L}$  de reactivo de Folin-Ciocalteu (1:10 v/v). La muestra se incubó durante 5 minutos con 800  $\mu\text{L}$  de una solución saturada de carbonato de sodio al 20 % durante 60 min a temperatura ambiente en oscuridad. La lectura de absorbancia se realizó con un lector de microplacas UVM 340 (Biochrom, Inglaterra) a 750 nm. Los resultados se determinaron utilizando una curva estándar con 8 diferentes concentraciones de ácido gálico desde 0 a 400  $\mu\text{g/mL}$ . Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico por 100 g de peso fresco (mg EAG/100 g PF).

Capacidad antioxidante: se realizó mediante 2 procedimientos estándares de FRAP y DPPH. El método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), descrito por Benzie & Strain (1996) se realizó cuantificando la reacción mediante espectrofotometría, con un equipo UPLS SQ2 (Waters, EE.UU.) a una longitud de onda de 593 nm cada 30 s durante 30 min o hasta la estabilización de la reacción. Los resultados se expresaron como  $\mu\text{M}$  equivalentes de Trolox/100 g de muestra fresca ( $\mu\text{M}$  ET/100 g MF). También se utilizó el método de DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo) detallado por De Souza *et al.* (2014). La reacción se cuantificó por espectrofotometría con el mismo equipo del método anterior a una longitud de onda de 520 nm de forma posterior a 30 min de incubación en oscuridad a temperatura ambiente. Los resultados se expresaron como  $\mu\text{M}$  equivalentes de Trolox/100 g de peso fresco ( $\mu\text{M}$  ET/100 g PF).

### **Diseño experimental**

Se realizó un diseño completamente aleatorizado (DCA), con estructura factorial de 2 x 2 x 2, cuyos factores correspondieron a la IT, AM y Temp. La unidad experimental (UE) correspondió a cada bolsa con 1 pimiento, con sus 3 repeticiones por cada tratamiento.

### **Análisis estadístico**

Los resultados fueron analizados a través del módulo de modelos mixtos de Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2008). En presencia de diferencias significativas, con un nivel de significancia del 5 % entre tratamientos, se aplicó el test de comparaciones múltiples de Fisher. Los parámetros de análisis sensorial se realizaron con un DCA en Bloque con estructura factorial de 2 x 2 x 2, donde cada bloque correspondió a un juez evaluador, teniendo 6 repeticiones por tratamiento. Cada evaluador correspondió a una repetición.

### 4.3.3 Ensayo 2. Evaluación del efecto de sanitizantes alternativos al cloro en pimiento mínimamente procesado

Se realizó un ensayo de vida útil de pimiento MPF tratados con diferentes sanitizantes y concentraciones.

#### Procesamiento en pimiento MPF

El proceso de selección y caracterización de la materia prima se realizó del mismo modo que en el producto entero, detallado anteriormente con las mediciones de los parámetros físicos y químicos. Una vez realizada la caracterización, se procedió al procesamiento de los pimientos MPF con el lavado de los pimientos enteros, cortado de los frutos en cubos, lavado de los trozos, secado y envasado en una sala de procesos limpia y sanitizada con NaOCl (200 mg/L) a una temperatura de 6 – 8 °C y 70 – 80 % HR, siguiendo las recomendaciones de Jacxsens *et al.* (2002) e Ispch (2015). Al inicio del proceso los pimientos se lavaron mediante inmersión durante 2 min en una disolución de 100 mg/L de NaOCl en agua a 6 °C (Jacxsens *et al.*, 2002) y pH entre 6 y 7. El cortado se realizó sobre tablas de cortar empleando cuchillos afilados de acero inoxidable. Los frutos se cortaron en cubos de 1,5 x 1,5 x 1,5 cm.

#### Tratamientos

Se utilizaron como sanitizantes clorito sódico acidificado, ácido peracético, dióxido de cloro, luz UV-C y ozono en 2 concentraciones. Además, se utilizó un lavado en hipoclorito de sodio a 150 mg/L y agua potable desclorada (Cuadro 2). Todas las soluciones de sanitizantes se prepararon y aplicaron a los cubos de pimiento a 6 °C empleándose 20 L por cada 1,2 kg de producto. En el caso de la luz UV-C se aplicó el tratamiento directamente en una cámara de radiación UV-C de 1,20 x 0,50 m y se irradió mediante tubos de luz ultravioleta de 36 W (Philips, Holanda). El tratamiento con ozono se aplicó con un generador de ozono portátil (Bioligh, Chile), inyectando O<sub>3</sub> gaseoso en una solución acuosa de 20 L a 6 °C por cada 1,2 kg de producto. El ozono disuelto en la solución acuosa se aplicó de forma constante durante 2 min en la solución e inmediatamente se sumergieron los cubos de pimientos correspondientes a los 2 tratamientos de exposición de ozono de forma separada por un colador; retirando el primer tratamiento al cumplir 1 minuto de exposición y el segundo tratamiento al cumplir 2 minutos de exposición. El cálculo de la concentración se determinó con el método de Shechter (1972). Al finalizar el lavado con los sanitizantes, los cubos de pimiento fueron escurridos por 2 min sobre una malla de acero inoxidable, para posteriormente ser centrifugados manualmente por 2 min hasta la remover del exceso de agua.

Cuadro 2. Sanitizantes y concentraciones o dosis suministradas como tratamientos en el ensayo 2.

Tratamiento		Sanitizante	Concentración o dosis
T1	CS1	Clorito sódico acidificado	500 mL/L
T2	CS2	Clorito sódico acidificado	1.000 mL/L
T3	AP1	Ácido peracético	100 mL/L
T4	AP2	Ácido peracético	150 mL/L
T5	DC1	Dióxido de cloro	7 mg/L
T6	DC2	Dióxido de cloro	10 mg/L
T7	UVC1	Luz UV-C	5 kJ/m <sup>2</sup>
T8	UVC2	Luz UV-C	15 kJ/m <sup>2</sup>
T9	OZ1	Ozono	1 min
T10	OZ2	Ozono	2 min
T11	Cloro	Hipoclorito de sodio	150 mL/L
T12	Agua	Agua potable desclorada	

Finalmente, se dispusieron  $100 \pm 0,1$  g de cubos de pimienta por bolsa, los que se elaboraron en una bolsa confeccionada a partir de una película plástica multicapa de poliolefina (PD-960 Sealed Air) (CRYOVAC-Chile) de 0,15 x 0,15 m, 0,025 mm de grosor y un volumen de 750 mL. La permeabilidad a 23 °C y a 1 atm fue de 6.000 mL/m<sup>2</sup>/día para O<sub>2</sub> y 19.000 mL/m<sup>2</sup>/día para CO<sub>2</sub> (Fortiz-Hernández *et al.*, 2010). Las bolsas se sellaron con un termosellador Impulse Sealer (TewEquipment, Taiwán) y se almacenaron durante 14 días a 5 °C y 95 – 98 % de HR o hasta la aparición de hongos o aspecto visual no comercial.

### Determinaciones

Se realizaron mediciones de composición gaseosa y recuentos microbiológicos los días 0, 3, 7, 10 y 14.

Concentración de gases: se registró la evolución de la concentración de los gases de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> al interior del envase. Las mediciones se realizaron con un analizador de gases portátil Checkpoint PBI (Dansensor, Dinamarca) directamente dentro de la cámara de frío. La composición gaseosa se expresó en porcentajes de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Una vez efectuadas estas mediciones los tratamientos a los que les correspondieron mediciones fueron llevados hasta la sala de procesos acondicionada a 6 – 8 °C y 70 – 80 % HR para la realización de los recuentos microbiológicos.

Recuentos microbiológicos: se realizó con 10 g de muestra de cubos de pimienta triturado durante 1 min con un masticador Stomacher (IUL Instruments, España) y 90 mL de agua peptonada estéril al 1 % (Merck S.A., Chile). Se realizaron diluciones de acuerdo a la evolución de los recuentos microbianos, utilizando agua peptonada estéril y 1 mL de muestra preparada hasta la siembra en placas petri desechables y estériles en sus respectivos medios de cultivo, según el grupo de microorganismos incubado (Cuadro 3). Se utilizaron distintos

medios de cultivo de la empresa Merck S.A. (Chile). Los recuentos microbiológicos se expresaron como el logaritmo de la unidad formadora de colonias por g (log UFC/g).

Cuadro 3. Medios de cultivo, temperatura y tiempo de incubación de los microorganismos analizados.

<b>Microorganismo</b>	<b>Medio de cultivo</b>	<b>Temperatura de incubación</b>	<b>Tiempo de incubación</b>
Mesófilos aerobios	Agar cuenta estándar (PCA)	37 °C	2 días
Enterobacterias	Agar glucosa rojo violeta bilis	37 °C	2 días
Hongos y levaduras	Agar pata dextrosa (PDA)	25 °C	5 días
Psicrófilos	Agar cuenta estándar (PCA)	5 °C	4 días

### **Diseño experimental**

Se realizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con 6 tipos de sanitizantes a 2 concentraciones o dosis de cada sanitizante. La unidad experimental (UE) será cada bolsa con  $100 \pm 0,05$  g de producto, correspondiendo a 3 repeticiones por cada tratamiento.

### **Análisis estadístico**

Los resultados fueron analizados a través del módulo de modelos mixtos de Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2008). En presencia de diferencias significativas, con un nivel de significancia del 5 % entre tratamientos, se aplicó el test de comparaciones múltiples de Fisher.



## RESULTADOS DEL ENSAYO 1

### Ensayo 1. Determinación de los parámetros físico-químicos y tiempo de vida útil en pimiento entero almacenados en frío

#### 5.1.1 Caracterización de la materia prima

Los frutos caracterizados correspondieron a pimientos enteros cv. Almuden, los cuales fueron procesados 1 día después de ser cosechados. El estado de madurez utilizado fue verde maduro, con 100 % de color verde de fondo. Los valores de Luminosidad ( $L^*$ ), Croma ( $C^*$ ) y Tono ( $H^*$ ) presentaron una variabilidad de datos entre un 1,28 a 4,66 %, siendo el Croma la variable de color con mayor variabilidad (Figura 2).

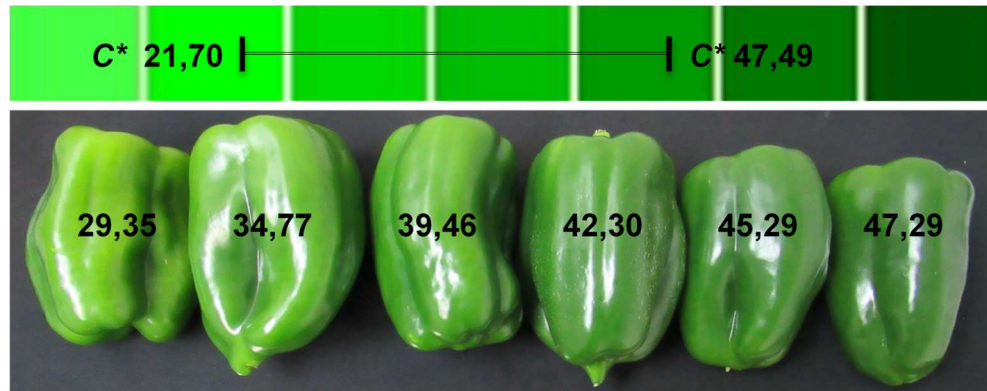


Figura 2: Escala de color de pimiento en función del Croma.

La caracterización de la materia prima se realizó respecto a los parámetros físicos y químicos, donde la mayor variabilidad de datos se encontró presente en los valores de acidez titulable  $0,13 \pm 0,006$  % AT (4,62 % de variabilidad) y en la firmeza  $12,13 \pm 0,36$  N (2,97 % de variabilidad) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Caracterización de la materia prima realizada en pimientos enteros.

Parámetros físicos		Parámetros químicos	
<sup>1</sup> Peso (g)	$222,9 \pm 3,98$	<sup>2</sup> SST (%)	$4,3 \pm 0,08$
<sup>1</sup> Diámetro (cm)	$7,9 \pm 0,09$	<sup>2</sup> pH	$5,3 \pm 0,05$
<sup>1</sup> Largo total (cm)	$13,1 \pm 0,22$	<sup>2</sup> AT (%)	$0,13 \pm 0,01$
<sup>1</sup> Firmeza (N)	$12,1 \pm 0,36$	<sup>3</sup> Calcio total (g calcio $\text{kg}^{-1}$ )	$1,47 \pm 0,02$
<sup>1</sup> Luminosidad ( $L^*$ )	$24,1 \pm 0,61$	<sup>3</sup> Fenoles totales ( $\mu\text{gEAG g}^{-1}$ MF)	$191,67 \pm 22,14$
<sup>1</sup> Croma ( $C^*$ )	$40,6 \pm 1,89$	<sup>3</sup> FRAP ( $\mu\text{gET g}^{-1}$ MF)	$342,16 \pm 37,32$
<sup>1</sup> Tono ( $H^*$ )	$112,3 \pm 1,44$	<sup>3</sup> DPPH ( $\mu\text{gET g}^{-1}$ MF)	$284,32 \pm 21,49$

1) Los valores corresponden al promedio de 10 muestras (frutos). 2) Los valores corresponden al promedio de 5 frutos. 3) Los valores corresponden al promedio de 3 frutos.

### 5.1.2 Concentración de gases dentro de la bolsa

Inmediatamente posterior al envasado, las concentraciones de  $O_2$  con barrido de nitrógeno fueron en promedio de 6 % y para el caso de las bolsas con aire las concentraciones fueron de 21 %. Transcurridos 19 días de almacenamiento todos los tratamientos alcanzaron el equilibrio gaseoso (Figura 3), presentando diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los tratamientos de temperatura de almacenamiento y de atmósferas desde el día 19 hasta el día 51 (Apéndice 1, Cuadros 1 y 2). En el día 19 los frutos almacenados a 5 °C presentaron valores superiores en  $O_2$  respecto a los almacenados a 10 °C, con 17,9 % y 17 %, respectivamente (Apéndice 1, Cuadro 1). De forma contraria, los almacenados a 5 °C presentaron valores inferiores de  $CO_2$  respecto a los almacenados a 10 °C con valores de 0,9 y 1 % (Apéndice 1, Cuadro 2). Del mismo modo en el día 51 se registraron valores levemente superiores de  $O_2$  a 5 °C respecto a 10 °C con 18,5 % y 18 %; como también, valores inferiores de  $CO_2$  en 5 °C respecto a 10 °C con 0,7 % y 1 % (Apéndice 1, Cuadros 1 y 2).

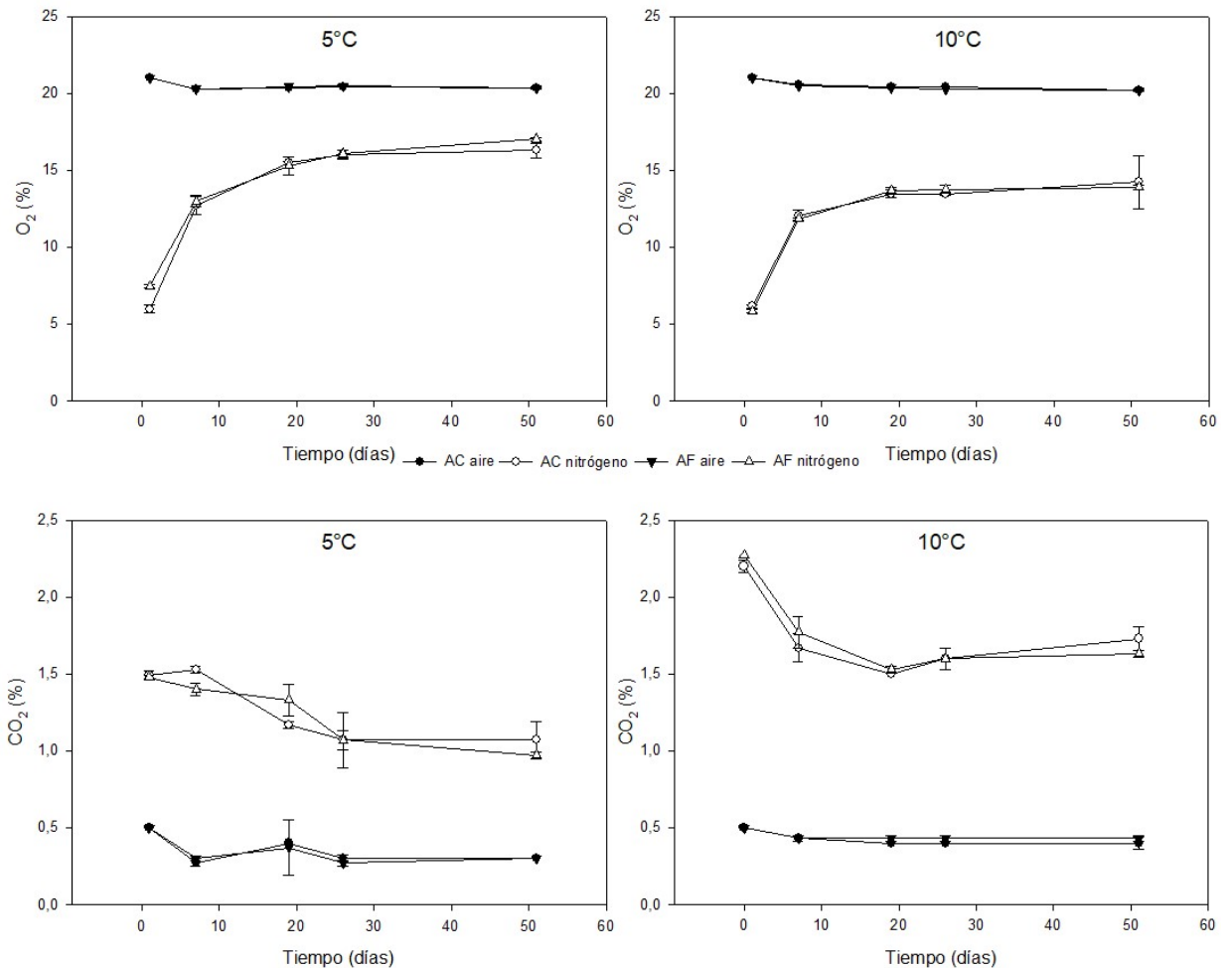


Figura 3. Composición gaseosa de pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C. De izquierda a derecha tratamientos de agua caliente en aire (AC aire), agua caliente en nitrógeno (AC nitrógeno), agua fría en aire (AF aire) y agua fría en nitrógeno (AF nitrógeno).

### 5.1.3 Pérdida de peso

En todos los tratamientos se observó un incremento en la pérdida de peso en función del tiempo de almacenamiento (Apéndice 1, Cuadro 3). En el día 7 justo a salida de frío no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 5). En los días 19 y 26 a salida de frío se encontraron diferencias significativas en la interacción entre la temperatura de almacenamiento y las atmósferas ( $p \leq 0,05$ ). El día 51 de almacenamiento también se presentó interacción significativa entre la temperatura de almacenamiento y las atmósferas, con valores promedio de PP superiores a 10 °C (0,8 %), respecto a 5 °C (0,4 %). Del mismo modo se registraron valores promedio mayores, no significativos, en AC respecto a los de AF y en atmósfera de nitrógeno, respecto al de aire (Cuadro 5). Además, se registró una interacción significativa entre la temperatura de almacenamiento y la inmersión térmica, con valores superiores de PP, pero no significativos, en AC, respecto a los de AF (Cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentaje de pérdida de peso (PP) entre los tratamientos de inmersión térmica en agua caliente (AC) y agua fría (AF), temperatura de almacenamiento a 5 y 10 °C y atmósfera modificada de nitrógeno (AM nitrógeno) y de aire (AM aire) durante 51 días de almacenamiento.

	PDP (%)				
	Día 0 0% de DHT	Día 7	Día 19	Día 26	Día 51
AC		0,20 ± 0,07 <sup>NS</sup>	0,27 ± 0,09 <sup>NS</sup>	0,58 ± 0,08 <sup>NS</sup>	0,66 ± 0,11 <sup>NS</sup>
AF		0,19 ± 0,07 <sup>NS</sup>	0,26 ± 0,14 <sup>NS</sup>	0,50 ± 0,10 <sup>NS</sup>	0,53 ± 0,12 <sup>NS</sup>
5°C		0,19 ± 0,07 <sup>NS</sup>	0,15 ± 0,08 <sup>NS</sup>	0,43 ± 0,10*	0,37 ± 0,08*
10°C		0,20 ± 0,06 <sup>NS</sup>	0,36 ± 0,13 <sup>NS</sup>	0,65 ± 0,08*	0,82 ± 0,11*
AM aire		0,22 ± 0,08 <sup>NS</sup>	0,19 ± 0,09 <sup>NS</sup>	0,52 ± 0,11 <sup>NS</sup>	0,52 ± 0,12 <sup>NS</sup>
AM nitrógeno		0,16 ± 0,05 <sup>NS</sup>	0,33 ± 0,13 <sup>NS</sup>	0,56 ± 0,07 <sup>NS</sup>	0,67 ± 0,10 <sup>NS</sup>
IT*Temp	NS		NS	NS	*
Temp*AM	NS		*	*	*
IT*AM	NS		NS	NS	NS
IT*Temp*AM	NS		NS	NS	NS

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 16). 2) Símbolo \*: interacción significativa entre tratamientos, según prueba LSD Fisher ( $p \leq 0,05$ ). 3) Símbolo NS: no significativo ( $p \geq 0,05$ ) entre la interacción de los tratamientos.

### 5.1.4 Color de la piel

**Luminosidad ( $L^*$ ):** en general los valores de  $L^*$  fueron disminuyendo levemente durante el periodo de almacenamiento, presentando valores promedio desde 24 en el día 0 hasta 20,4 durante 51 días de almacenamiento en frío + 2 días de simulación comercial a 15 °C (Figura 4). En el día 7 + 2 de almacenamiento no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Durante el día 19 + 2 se encontraron diferencias significativas entre las

temperaturas de almacenamiento, presentando valores promedio superiores a 5 °C (22,2) respecto a los registrados a 10 °C (20,8) (Apéndice 1, Cuadro 4). En el día 26 + 2 se observa una tendencia similar entre los tratamientos, con valores superiores registrados a 5 °C respecto a 10 °C y superiores en los tratamientos de inmersión térmica en AC, respecto a los de AF. Finalmente, durante el día 51 + 2 de almacenamiento se registraron diferencias significativas en la interacción entre la temperatura de almacenamiento y la inmersión térmica. Del mismo modo se observa la misma tendencia registrada anteriormente, con valores superiores, pero no significativos estadísticamente en los tratamientos de AC respecto a los de AF, presentando valores de 20,7 y 20,1, respectivamente. En cuanto a los valores entre la temperatura de almacenamiento se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) con valores superiores a 5 °C respecto a 10 °C con 21,5 y 19,3 (Figura 4).

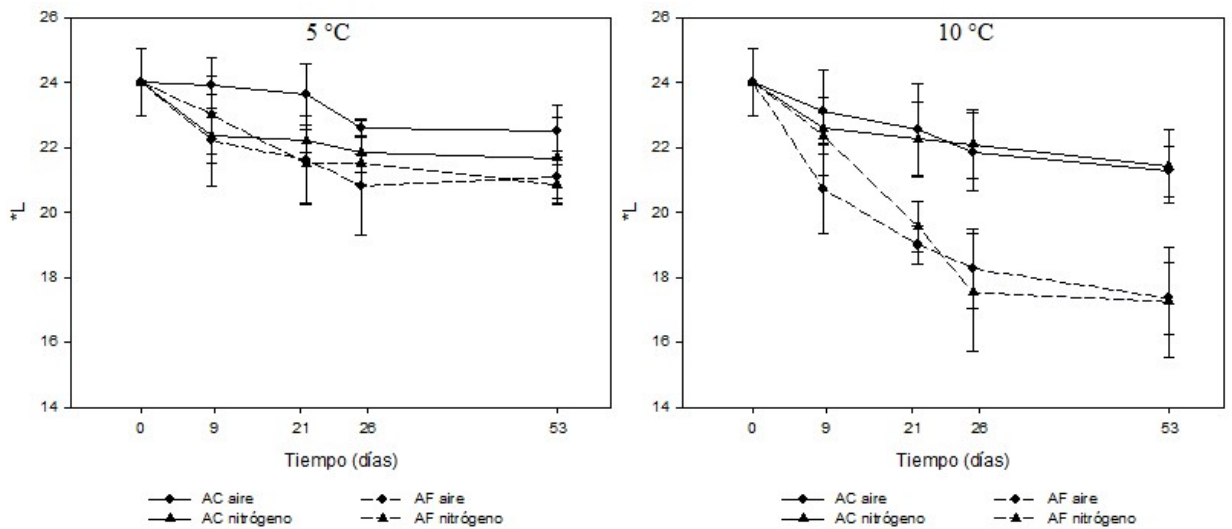


Figura 4. Luminosidad ( $L^*$ ) de pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. En línea continua tratamientos de inmersión térmica en agua caliente (AC) y en línea puntuada tratamientos de agua fría (AF) en atmósferas de nitrógeno ( $\blacktriangle$ ) y aire ( $\blacklozenge$ ).

**Croma ( $C^*$ ):** los valores de  $C^*$  también disminuyeron durante el periodo de almacenamiento, presentando valores promedio desde 40,6 en el día 0 hasta 28,1 durante 51 días de almacenamiento en frío + 2 días de simulación comercial a 15 °C (Figura 5). En los días 7 + 2 y 19 + 2 de almacenamiento no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos. Durante el día 26 + 2 se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de inmersión térmica, presentando valores promedio superiores en inmersión en AC (31,7) respecto a los de AF (27,9) (Apéndice 1, Cuadro 5). En el día 51 + 2 de almacenamiento se registraron diferencias significativas en la interacción entre la inmersión térmica y las atmósferas. Se observaron valores superiores y significativos estadísticamente ( $p \leq 0,05$ ) en los tratamientos de AC respecto a los de AF, con valores de 30,3 y 25,8, respectivamente. Del mismo modo se observaron valores superiores y significativos en las AM aire respecto a la AM nitrógeno con 29,3 y 26,9, respectivamente (Figura 5).

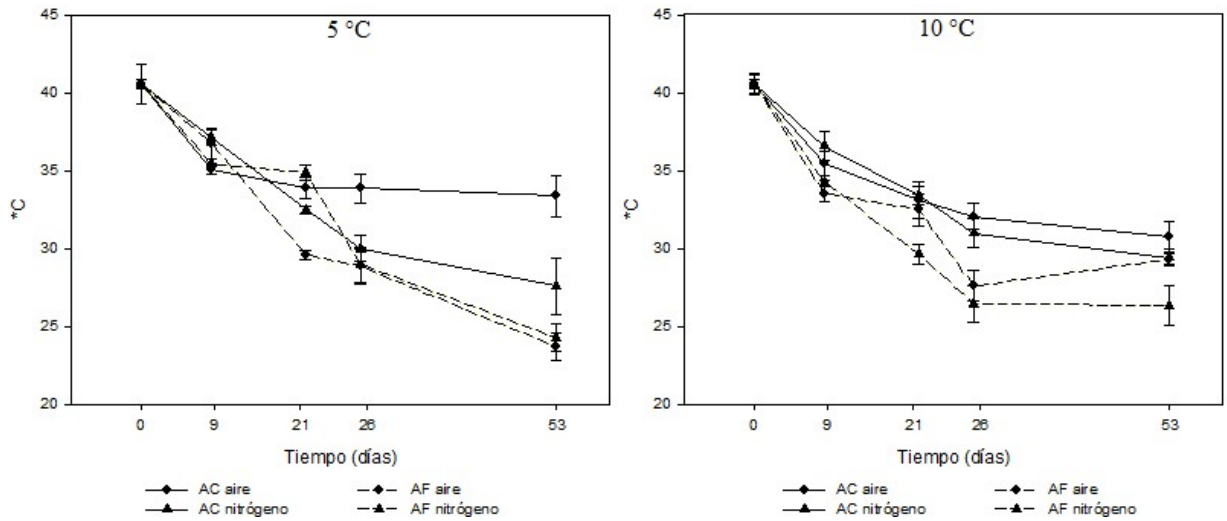


Figura 5. Croma ( $C^*$ ) de pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. En línea continua tratamientos de inmersión térmica en agua caliente (AC) y en línea puntuada tratamientos de agua fría (AF) en atmósferas de nitrógeno ( $\blacktriangle$ ) y aire ( $\blacklozenge$ ).

**Tono ( $H^*$ ):** de igual forma que en  $L^*$  y  $C^*$ , los valores de  $H^*$  también disminuyeron durante el periodo de almacenamiento, presentando valores promedio desde 120,9° en el día 0 hasta 112,8° durante 51 días de almacenamiento en frío + 2 días de simulación comercial a 15 °C (Figura 6). En los días 7 + 2 y 19 + 2 de almacenamiento no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Durante el día 26 + 2 se encontró una interacción significativa de los tratamientos de inmersión térmica y temperatura de almacenamiento, presentando valores promedio superiores en inmersión en AC (114,2°) respecto a los de AF (111,7°) y a 5 °C (113,6°) respecto a 10 °C (112,4°) (Apéndice 1, Cuadro 6). Para el día 51 + 2 de almacenamiento se registró la misma tendencia de los valores de  $H^*$  que en el día 26 + 2, con diferencias significativas en las interacciones de los tratamientos de inmersión térmica y temperatura de almacenamiento (Apéndice 1, Cuadro 6). En los tratamientos de inmersión térmica los valores promedio fueron superiores en AC (114°) respecto a AF (111,5°) y a 5 °C (113,4°) respecto a 10 °C (112,1°) (Figura 6).

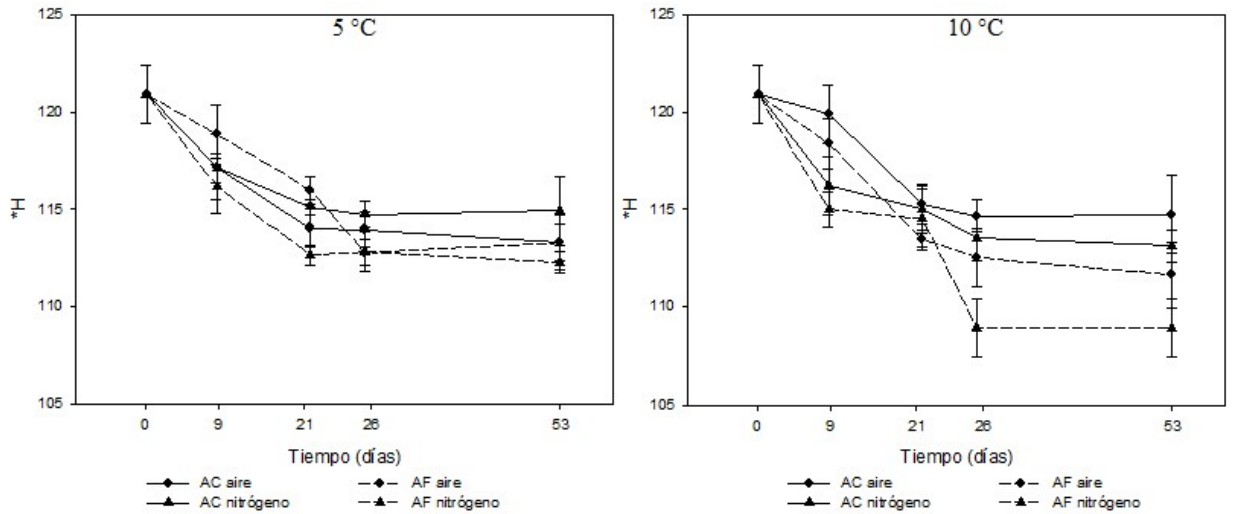


Figura 6. Tono ( $H^*$ ) de pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. En línea continua tratamientos de inmersión térmica en agua caliente (AC) y en línea puntuada tratamientos de agua fría (AF) en atmósferas de nitrógeno (▲) y aire (◆).

Una vez finalizado el ensayo a los 51 + 2 días de almacenamiento, se registraron pimientos con mayores valores de luminosidad ( $L^*$ ), intensidad de color ( $C^*$ ) y tonalidades más verdes ( $H^*$ ) en los tratamientos tratados con AC y a 5 °C (Figura 7).

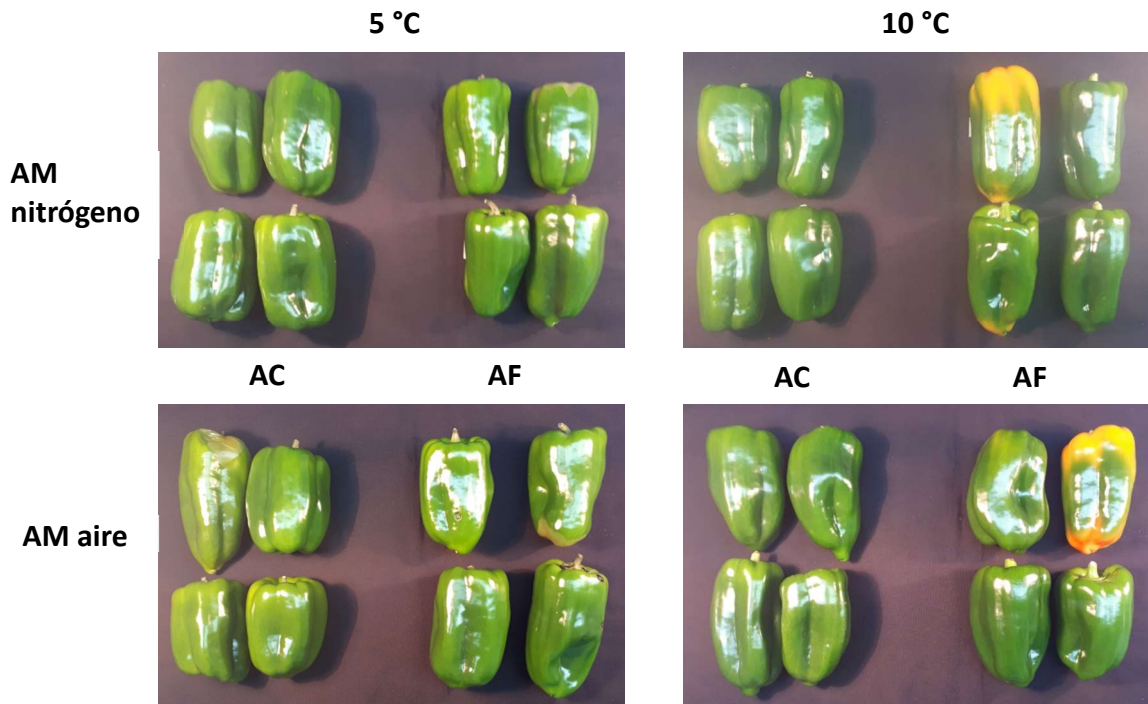


Figura 7. Imagen fotográfica de pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C con tratamientos de inmersión térmica en agua caliente (AC) y agua fría (AF) en atmósferas de nitrógeno (AM nitro) y en aire (AM aire).

### 5.1.5 Firmeza

Durante el transcurso del ensayo, la firmeza fue disminuyendo conforme aumentó el tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos (Figura 8). La firmeza registrada en el día 0 fue de 12,1 N. En los días 7 + 2 y 19 + 2 días no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Transcurridos 26 + 2 días se observaron diferencias significativas entre las temperaturas de almacenamiento, donde se registró una mayor firmeza en los pimientos almacenados a 5 °C (10,6 N) respecto a 10 °C (9,9 N) (Figura 8). Al término del ensayo, en el día 51 + 2 días de simulación comercial, se observó una interacción significativa entre la inmersión térmica y la temperatura de almacenamiento y entre la temperatura de almacenamiento y las atmósferas (Apéndice 1, Cuadro 7); con valores de firmeza superiores en los pimientos con AC (10,4 N) respecto a los de AF (9,4 N) y superior en los almacenados a 5 °C (10 N) respecto a los de 10 °C (9,7 N). (Apéndice 1, Cuadro 14).

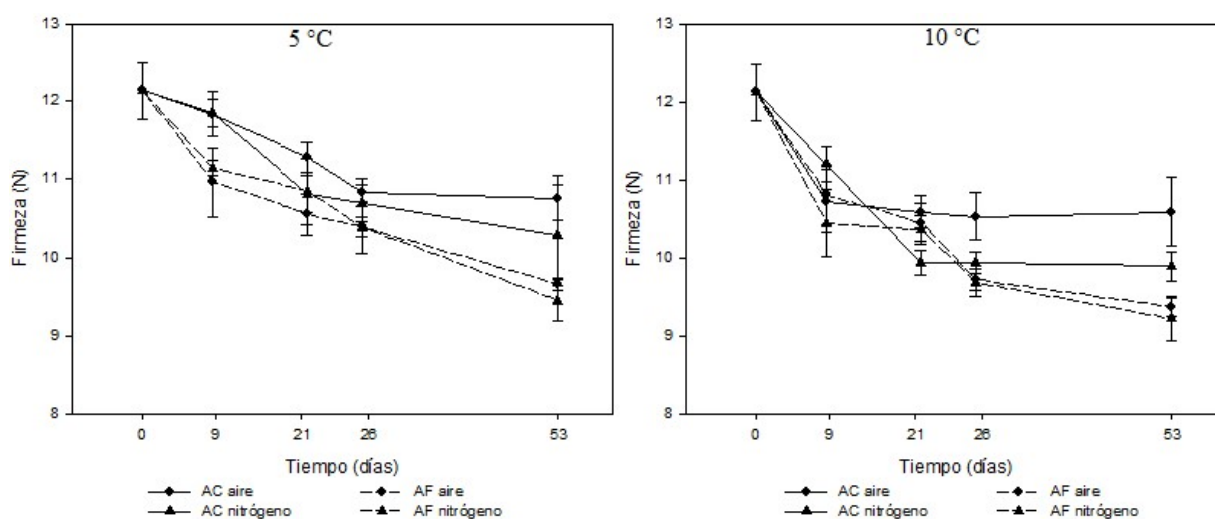


Figura 8. Firmeza (N) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. En línea continua tratamientos de inmersión térmica en agua caliente (AC) y en línea puntuada tratamientos de agua fría (AF) en atmósferas de nitrógeno (▲) y aire (◆).

### 5.1.6 Sólidos solubles totales

En general los SST se mantuvieron constantes durante el tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos (Figura 9). Se registraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en los días 7 + 2 y 51 + 2 días. En el día 7 + 2 hubo interacción significativa entre la inmersión térmica, las atmósferas y la temperatura de almacenamiento, donde se registraron mayores porcentajes de SST en agua caliente (4,5 %) respecto al agua fría (3,8 %), a 10 °C (4,2 %) respecto a 5 °C (4,1 %) y en atmósfera de nitrógeno (4,4 %) respecto al aire (3,9 %) (Apéndice 1, Cuadro 8). Del mismo modo, finalizado el ensayo en el día 51 + 2 se registró interacción significativa entre la inmersión térmica, las atmósferas y la temperatura de almacenamiento, con mayores porcentajes de SST en agua caliente (4 %) respecto al agua fría (3,5 %), a 10 °C (4 %) respecto a 5 °C (3,5 %) y en atmósfera de nitrógeno (3,8 %) respecto al aire (3,7 %) (Apéndice 1, Cuadro 8).

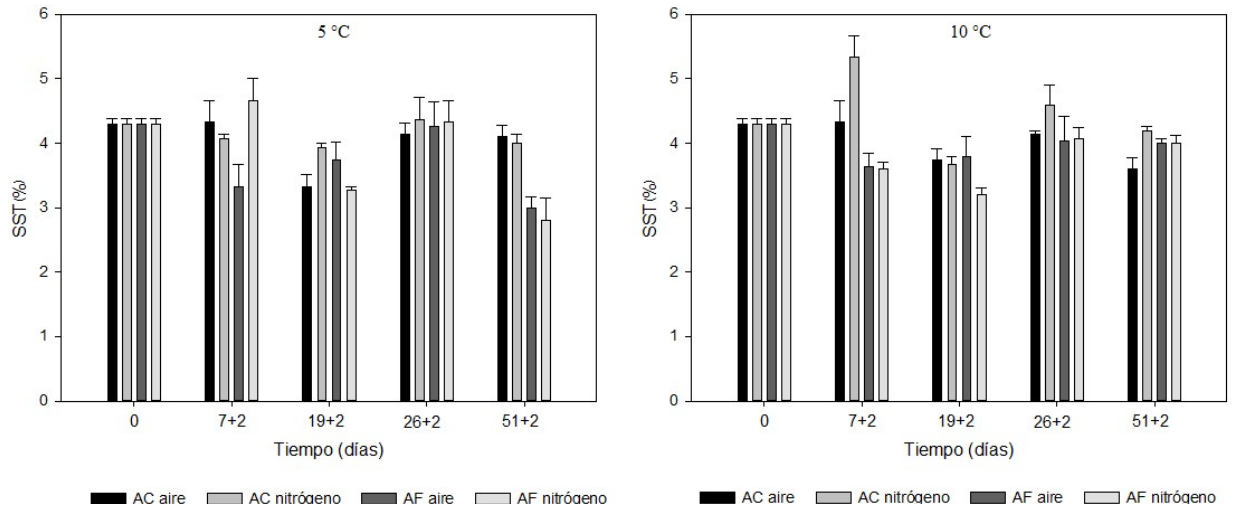


Figura 9. Sólidos solubles totales (%) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. De izquierda a derecha tratamientos de agua caliente en aire (AC aire) de color negro, agua caliente en nitrógeno (AC nitrógeno) en color gris, agua fría en aire (AF aire) en color gris oscuro y agua fría en nitrógeno (AF nitrógeno) en color crema.

### 5.1.7 Acidez titulable

Durante el transcurso del ensayo, la acidez fue disminuyendo conforme aumentó el tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos (Figura 10). De forma generalizada no se observaron diferencias significativas entre las interacciones entre los tratamientos. (Apéndice 1, Cuadro 9). No obstante, se registraron valores significativamente ( $p \leq 0,05$ ) más bajos en AC para los días 7 + 2, 19 + 2 y 26 + 2 respecto a agua fría. En el día 51 + 2 no se registraron diferencias significativas en ningún tratamiento (Apéndice 1, Cuadro 9).

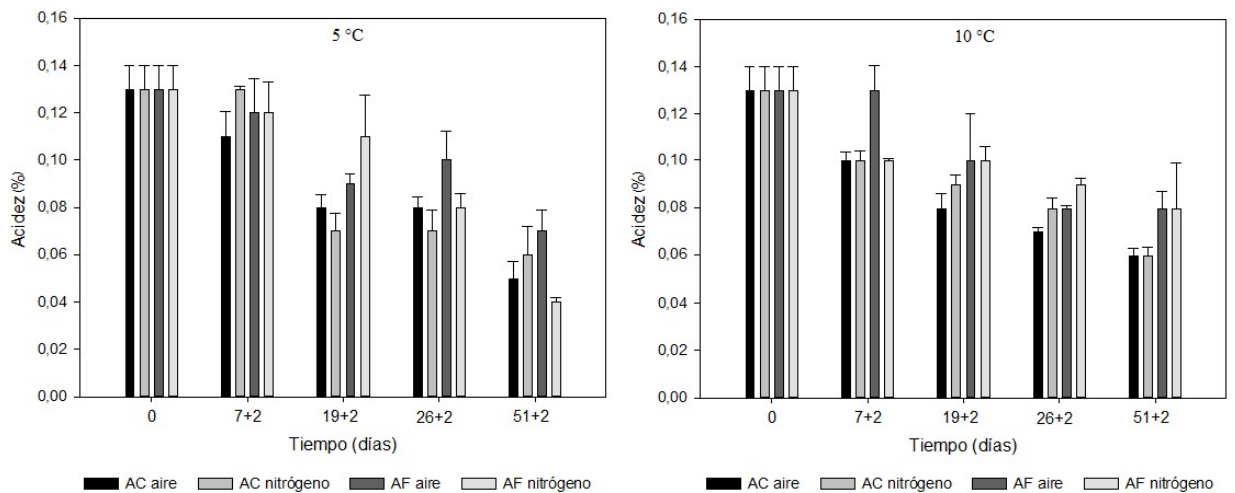


Figura 10. Acidez titulable (%) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. De izquierda a derecha tratamientos de agua caliente en aire (AC aire) de color negro, agua caliente en nitrógeno (AC nitrógeno) en color gris,



agua fría en aire (AF aire) en color gris oscuro y agua fría en nitrógeno (AF nitrógeno) en color crema.

### 5.1.8 Concentración de calcio total

Las concentraciones de calcio total se mantuvieron constantes en todos los tratamientos durante el tiempo de almacenamiento (Figura 11). Las concentraciones de calcio al inicio del ensayo fueron de 0,01 g calcio 100 g<sup>-1</sup> PF y una vez aplicados los tratamientos con inmersión térmica y CaCl<sub>2</sub> al 2 % durante 2 min, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, en los días 7 + 2, 19 + 2, 26 + 2 y 51 + 2 (Apéndice 1, Cuadro 10).

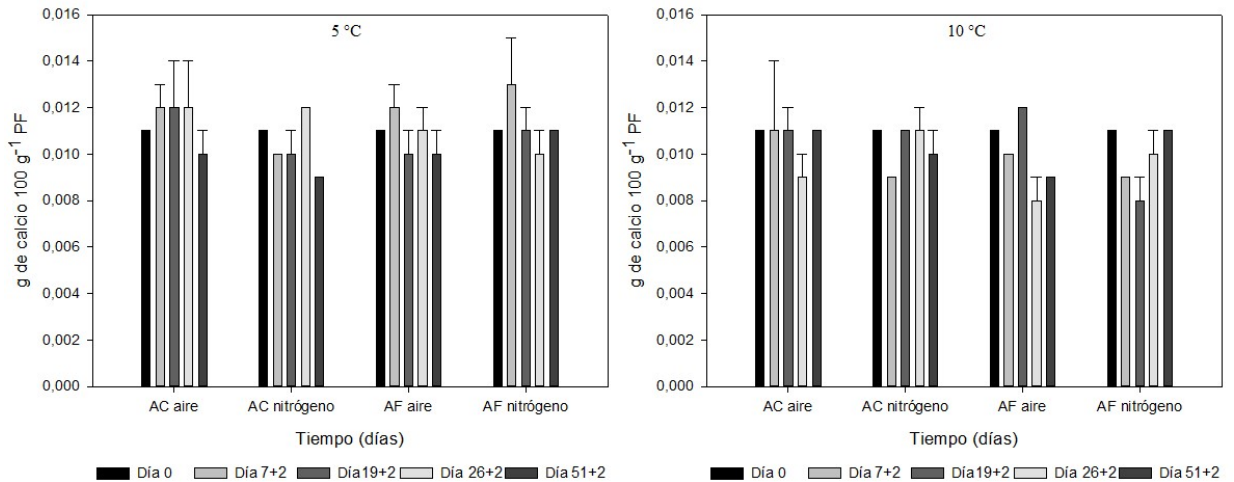


Figura 11. Concentración de calcio total (g calcio 100 g<sup>-1</sup> PF) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. De izquierda a derecha tratamientos de agua caliente en aire (AC aire), agua caliente en nitrógeno (AC nitrógeno), agua fría en aire (AF aire) y agua fría en nitrógeno (AF nitrógeno).

### 5.1.9 Análisis sensorial

**Apariencia externa:** las evaluaciones presentaron diferencias significativas en los días 26 + 2 y 51 + 2 (Apéndice, Cuadro 11a y 11b). En el día 26 + 2 de transcurrido el ensayo, se encontró una interacción significativa entre la inmersión térmica y la temperatura de almacenamiento, con valores superiores en los tratamientos de agua caliente (11,9) respecto a los de agua fría (10,3) y en los 5 °C (12) respecto a los de 10 °C (10,2) (Apéndice 1, Cuadro 18a). En el día 51 + 2 también obtuvo una interacción significativa entre la inmersión térmica y la temperatura de almacenamiento (Apéndice 1, Cuadro 11b); con valores de apariencia superiores en los tratamientos de agua caliente (8,9) respecto a los de agua fría (7,3). Es importante destacar que los tratamientos sometidos al agua fría no alcanzaron el límite mínimo de aceptabilidad de 7,5, con los tratamientos AFAire10°C (6,2) y AFNitro10°C (6,5) como los que estuvieron por debajo del mínimo (Apéndice 1, cuadro 11b).

**Color de la pulpa:** no se encontraron diferencias significativas de color percibido entre los tratamientos en los días 26 + 2 y 51 + 2 (Apéndice 1, Cuadro 11a y 11b). En el día 26 +2 se observaron valores similares entre los tratamientos de inmersión térmica, pero superiores en agua caliente (10,1) en relación a los de agua fría (8,9) (Apéndice 1, Cuadro 11a). En el día 51 +2 se registró una tendencia similar, con valores similares, pero ligeramente superiores en agua caliente (8,8) respecto a los de agua fría (7,4).

**Textura de la pulpa:** se registraron diferencias significativas en las evaluaciones de textura de la pulpa percibida en los días 26 + 2 y 51 + 2 (Apéndice 1, Cuadro 11a y 11b). En el día 26 + 2 se registró una interacción significativa entre la inmersión térmica, la temperatura de almacenamiento y las atmósferas; con valores superiores en los tratamientos de agua caliente (12,8) respecto a los de agua fría (10,7) a 5 °C (12,4) respecto a los de 10 °C (11) y superior en atmósfera de aire (12) en relación a la de nitrógeno (11,5) (Apéndice 1, Cuadro 11a). En el día 51 + 2 se observaron diferencias significativas en los tratamientos térmicos (Apéndice 1, Cuadro 11b); con valores superiores en los tratamientos de agua caliente (8,7) respecto a los de agua fría (7,3). Al igual que en la apariencia, los tratamientos sometidos al agua fría no alcanzaron el límite mínimo de aceptabilidad de 7,5, con los tratamientos AFAire10°C (7) y AFNitro10°C (6,5) como los que estuvieron por debajo del mínimo (Apéndice 1, cuadro 11b).

**Sabor:** en las evaluaciones de sabor no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos de los días 26 + 2 y 51 + 2 (Apéndice 1, Cuadro 11a y 11b). En ambos los valores de las evaluaciones fueron similares, con valores levemente inferiores al final del ensayo respecto al día 26 + 2.

**Aroma característico:** no se encontraron diferencias significativas en las evaluaciones de aroma característico entre los tratamientos en los días 26 + 2 y 51 + 2 (Apéndice 1, Cuadro 11a y 11b). Al igual que el parámetro anterior, las evaluaciones presentaron valores similares entre los tratamientos.

Al comparar las evaluaciones sensoriales registradas en el día 26 + 2 mediante el análisis estadístico de componentes principales, se observa una fuerte correlación positiva entre la textura y la apariencia, representando al 36,5 % de variabilidad total de los datos y una clara tendencia posicionando a los tratamientos con agua caliente con mayores puntuaciones en el análisis sensorial (Figura 12). Del mismo modo se observa una agrupación de los valores pertenecientes a los tratamientos con agua fría con menores puntuaciones (Figura 12).

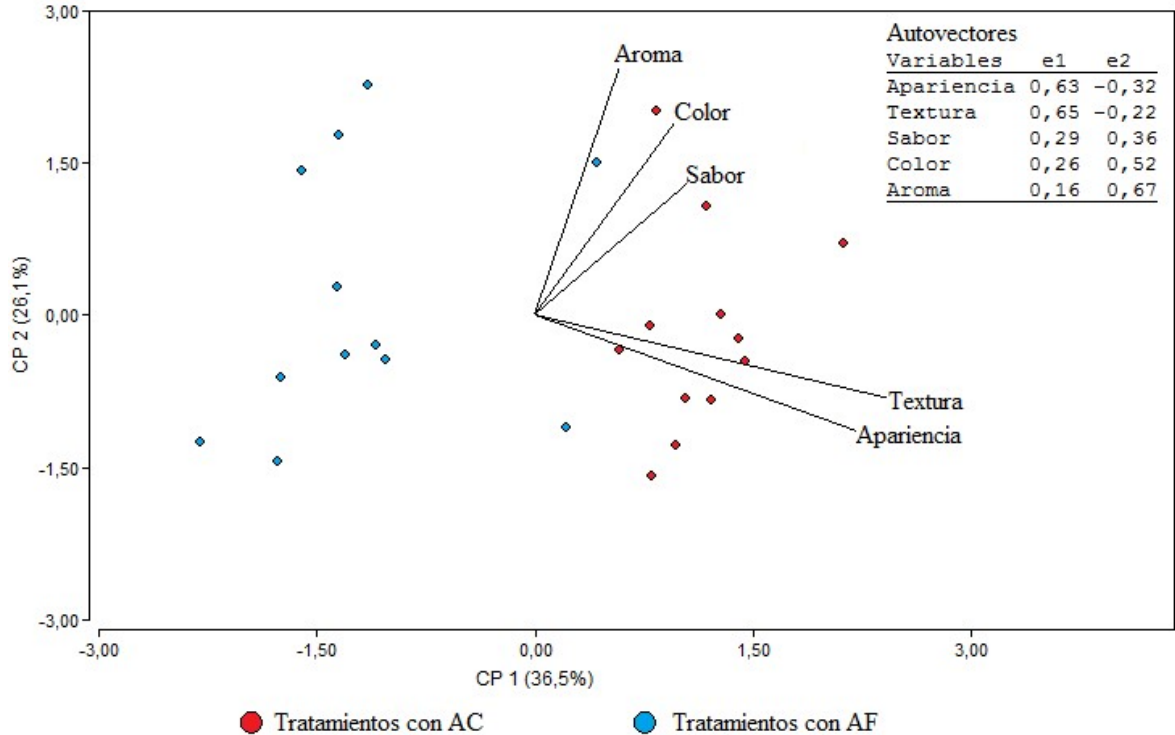


Figura 12. Análisis de componentes principales de las variables de apariencia, textura, sabor, color, aroma y olor extraño entre los tratamientos de inmersión térmica en agua caliente (AC) en rojo y agua fría (AF) en azul durante 26 + 2 días de almacenamiento.

### 5.1.10 Contenido de fenoles totales

Se observa una tendencia de incremento en las concentraciones de fenoles totales durante el periodo de almacenamiento, con un incremento del 10 % desde el día 0 hasta el día 7 + 2, del 47 % desde el día 7 + 2 hasta el día 19 + 2 y de un 15 % desde el día 19 + 2 hasta el día 26 + 2 (Figura 13). No obstante, durante el día 26 + 2 hasta el día 51 + 2 se registró un decremento del 118 % en los fenoles totales registrados a 5 °C y un aumento del 19 % en los fenoles totales encontrados a 10 °C (Figura 13). En el día 26 + 2 se obtuvo una interacción significativa entre los factores inmersión térmica y atmósferas ( $p \leq 0,05$ ) (Apéndice 1, Cuadro 19); con valores superiores en AC (543,8  $\mu\text{gEAG g}^{-1}$  PF), respecto a los encontrados en AF (403,3  $\mu\text{gEAG g}^{-1}$  PF) y en los tratamientos de temperatura de atmósferas con valores superiores en aire (522,1  $\mu\text{gEAG g}^{-1}$  PF) respecto a nitrógeno (424,9  $\mu\text{gEAG g}^{-1}$  PF) (Apéndice 1, Cuadro 12). Finalizado el ensayo el día 51 + 2, también se registraron valores significativamente superiores a 10 °C (509,4  $\mu\text{gEAG g}^{-1}$  PF) respecto a los de 5 °C (244,7  $\mu\text{gEAG g}^{-1}$  PF).

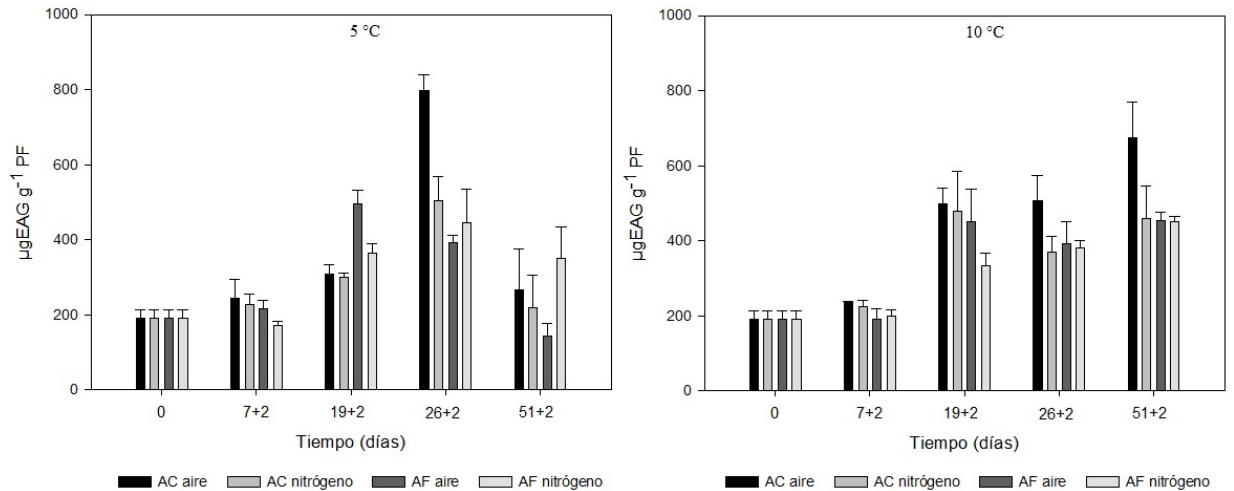


Figura 13. Contenido de fenoles totales ( $\mu\text{gEAG g}^{-1}$  PF) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. De izquierda a derecha tratamientos de agua caliente en aire (AC aire) de color negro, agua caliente en nitrógeno (AC nitrógeno) en color gris, agua fría en aire (AF aire) en color gris oscuro y agua fría en nitrógeno (AF nitrógeno) en color crema.

### 5.1.11 Capacidad antioxidante FRAP

Al igual que con los fenoles totales, la capacidad antioxidante se incrementó durante el periodo de almacenamiento, exceptuando el día 51 + 2. Entre los días 0 y 7 + 2 se registró un aumento del 15 %, entre los días 7 + 2 y 19 + 2 se observó un incremento de un 39 % y entre los días 19 + 2 al 26 + 2 un incremento del 28 % (Figura 14). Durante los días 26 + 2 y 51 + 2 se observó un decremento en ambas temperaturas de almacenamiento, con una disminución del 70 % en los pimientos almacenados a 5 °C y de un 13 % a los almacenados a 10 °C (Figura 14). Durante el día 26 + 2 se obtuvo una interacción significativa entre los factores temperatura de almacenamiento y atmósferas ( $p \leq 0,05$ ); con mayor capacidad antioxidante a 5 °C ( $969,9 \mu\text{gET g}^{-1}$  PF) respecto a los de 10 °C ( $866,1 \mu\text{gET g}^{-1}$  PF) (Apéndice 1, Cuadro 13). Finalmente, en el día 51 + 2 se registraron valores significativos entre la temperatura de almacenamiento, con valores superiores a 10 °C ( $809,4 \mu\text{gET g}^{-1}$  PF) respecto a los de 5 °C ( $540,7 \mu\text{gET g}^{-1}$  PF) (Apéndice 1, Cuadro 20).

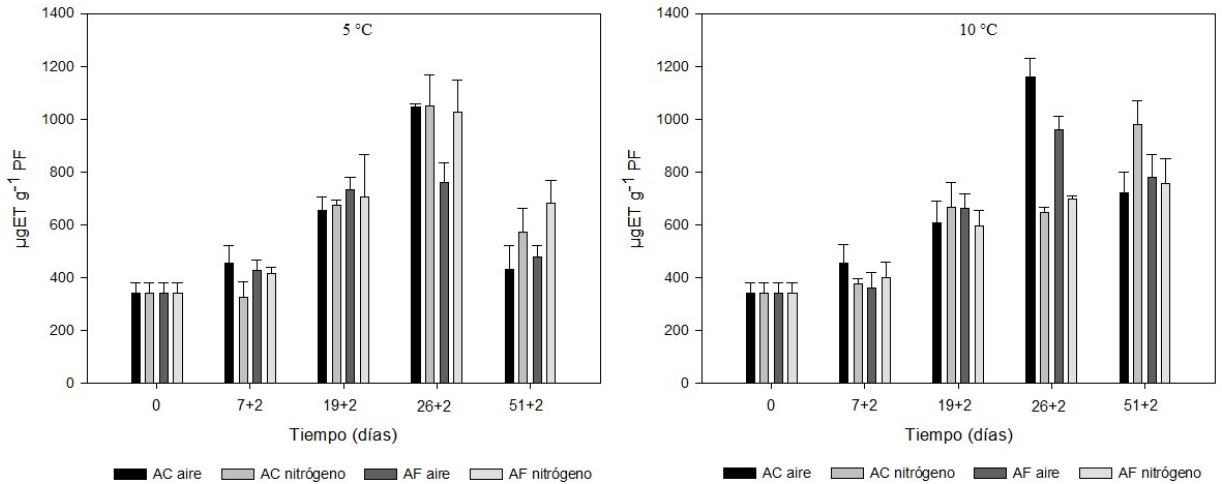


Figura 14. Capacidad antioxidante FRAP ( $\mu\text{gET g}^{-1} \text{PF}$ ) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. De izquierda a derecha tratamientos de agua caliente en aire (AC aire) de color negro, agua caliente en nitrógeno (AC nitrógeno) en color gris, agua fría en aire (AF aire) en color gris oscuro y agua fría en nitrógeno (AF nitrógeno) en color crema.

### 5.1.12 Capacidad antioxidante DPPH

Se observó un incremento en la capacidad antioxidante durante el periodo de almacenamiento. Entre los días 0 al día 7 + 2 se registró un incremento del 13%, entre los días 7 + 2 y 19 + 2 se observa un incremento de un 20 % y entre los días 19 + 2 al 26 + 2 se registró un incremento del más del doble, con un 117 % (Figura 15). Durante los días 26 + 2 y 51 + 2 se observó una mantención de los niveles de capacidad antioxidante, con un leve decremento del 0,3 % (Figura 15). Durante el día 26 + 2 se alcanzó una interacción significativa entre los factores inmersión térmica y atmósferas ( $p \leq 0,05$ ) (Apéndice 1, Cuadro 14); con una mayor capacidad antioxidante en AC ( $913,2 \mu\text{gET g}^{-1} \text{PF}$ ) respecto a AF ( $870,2 \mu\text{gET g}^{-1} \text{PF}$ ) y entre las atmósferas, con valores superiores en aire ( $913,4 \mu\text{gET g}^{-1} \text{PF}$ ) respecto a nitrógeno ( $869,9 \mu\text{gET g}^{-1} \text{PF}$ ) (Apéndice 1, Cuadro 14). Finalmente, en el día 51 + 2 se registraron diferencias significativas entre los tratamientos térmicos, con valores superiores en AC ( $922,6 \mu\text{gET g}^{-1} \text{PF}$ ) respecto a AF ( $856,0 \mu\text{gET g}^{-1} \text{PF}$ ) y en las atmósferas con mayor capacidad antioxidante en aire ( $908,2 \mu\text{gET g}^{-1} \text{PF}$ ) respecto a nitrógeno ( $870,4 \mu\text{gET g}^{-1} \text{PF}$ ) (Apéndice 1, Cuadro 14).

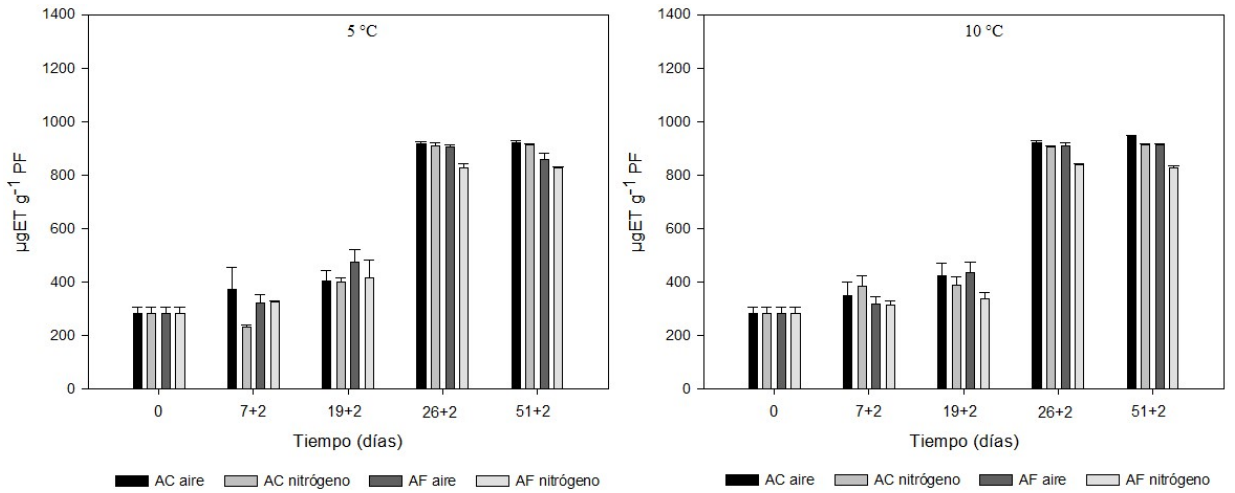


Figura 15. Capacidad antioxidante DPPH ( $\mu\text{gET g}^{-1} \text{PF}$ ) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. De izquierda a derecha tratamientos de agua caliente en aire (AC aire) de color negro, agua caliente en nitrógeno (AC nitrógeno) en color gris, agua fría en aire (AF aire) en color gris oscuro y agua fría en nitrógeno (AF nitrógeno) en color crema.

## DISCUSIÓN DEL ENSAYO 1

### 6.1.1 Concentración de gases

La composición gaseosa al interior del envase es determinada por su permeabilidad al O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, al tipo de atmósfera empleada desde el inicio del envasado y a la respiración del producto (Ospina y Cartagena, 2008). Durante el transcurso del ensayo se encontraron diferencias significativas entre las atmósferas, con valores promedio de O<sub>2</sub> más elevados y cercanos al 20 % en las de aire y del 14 % en las de barrido con nitrógeno. Del mismo modo, la concentración del O<sub>2</sub> registrada dentro de los envases estuvo directamente relacionada con la actividad respiratoria de los pimientos (Escalona *et al.*, 2020; Valladares, 2020); donde a temperaturas más bajas, fue esperable encontrar concentraciones mayores de O<sub>2</sub> y menores en CO<sub>2</sub>. Este comportamiento fue observado durante el transcurso del ensayo, presentando diferencias significativas en la concentración de O<sub>2</sub> y superiores entre los tratamientos almacenados a 5 °C respecto a 10 °C, desde el día 19 hasta finalizado el estudio el día 51.

En el día 19 las concentraciones de O<sub>2</sub> a 5 °C fueron de 17,9 % y a 10 °C de 16,9 % y se alcanzó el equilibrio gaseoso entre el O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en todos los tratamientos, condición en la que se ve disminuida la respiración celular, el crecimiento microbiano y se consigue alargamiento de la vida útil del producto (Ospina y Cartagena, 2008; Rodoni *et al.*, 2015). De forma contraria al O<sub>2</sub>, la concentración del CO<sub>2</sub> se ve reducida a temperaturas más bajas y esta conducta fue registrada durante todo el transcurso del ensayo con mayores porcentajes de CO<sub>2</sub> a 10 °C respecto a 5 °C con 1 % y 0,9 %, respectivamente.

Una vez alcanzado el equilibrio, las atmósferas contenidas en los envases con aire presentaron 20,4 % de O<sub>2</sub> y 0,5 % de CO<sub>2</sub>; y en los envases con barrido de nitrógeno 14,5 % de O<sub>2</sub> y 1,4 % de CO<sub>2</sub>. Estas atmósferas fueron superiores a los niveles mínimos recomendados para el almacenamiento en atmósferas modificadas en pimiento entero con 2 a 5% de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> (Rodoni *et al.*, 2015; Cerit y Demirkol 2020). Sin embargo, se alcanzó una vida útil muy superior a los reportados por Cerit y Demirkol (2020), donde a los 21 días estos autores observaron pérdida en calidad y senescencia de los pimientos enteros estudiados.

### 6.1.2 Pérdida de peso

De forma generalizada, se observó una pérdida de peso gradual durante el tiempo de almacenamiento, donde en ningún caso se registraron pérdidas superiores al 1 % del peso inicial. El porcentaje de pérdida de peso de los frutos de pimiento fue leve debido a que se mantuvo una alta humedad relativa dentro del envase, evitando de esta forma pérdida significativa del contenido de agua del producto. Según los resultados registrados, la pérdida de peso de los pimientos estuvo relacionada principalmente por dos factores, la temperatura de almacenamiento y las atmósferas. La temperatura de almacenamiento es un factor de gran

importancia para evitar grandes pérdidas de peso por deshidratación, donde a mayores temperaturas, mayor es el porcentaje de pérdida de peso (Rotondo *et al.* 2007).

Durante los días 19 a 51 de almacenamiento se registró una interacción significativa entre la temperatura de almacenamiento y las atmósferas, con porcentajes superiores a 10 °C (0,8 %), respecto a 5 °C (0,4 %) al término del almacenamiento en el día 51 y mayor pérdida de peso en atmósfera de nitrógeno (0,7 %) respecto a la de aire (0,5 %). Estos resultados coinciden con el estudio de Rotondo *et al.* (2007), donde de igual manera existió una interacción entre las variables temperatura y atmósfera, señalando como más adecuado el almacenamiento a 5°C. De igual forma Cerit y Demirkol (2020) reportaron resultados similares en pimientos en fresco, donde registraron pérdidas de peso de 0,6 % en atmósfera pasiva de aire y 0,3 % en atmósfera activa de nitrógeno (5 % O<sub>2</sub> y 5 % CO<sub>2</sub>) hasta el día 21 de almacenamiento.

Además, en el día 51 se observó una interacción significativa entre temperatura de almacenamiento y tratamiento térmico, donde se registró una mayor pérdida de peso en los tratamientos con inmersión en agua a 50 °C (0,7 %) respecto a los de agua a 10 °C (0,5 %), contrario a los resultados esperados, ya que la inmersión térmica aumentaría la tolerancia al daño por frío y preservación de la textura del fruto (Castro *et al.*, 2016; O' Donoghue *et al.*, 2017; Escalona *et al.*, 2020; Montoya *et al.*, 2020).

### 6.1.3 Color de la piel

Los valores de  $L^*$  fueron disminuyendo levemente durante el periodo de almacenamiento, desde iniciado el ensayo con 24 hasta 20,4 en el día 51 + 2. Dicha disminución estuvo asociada al estado de maduración de los pimientos, ya que es esperable una reducción de la luminosidad en función del tiempo de almacenamiento (Rodoni *et al.*, 2015). Del mismo modo se registró una interacción significativa entre los tratamientos térmicos y la temperatura de almacenamiento, con valores de 21,5 a 5 °C y de 19,3 a 10 °C, donde a mayor temperatura, más avanzado sería el estado de madurez de los frutos y en consecuencia menores valores de  $L^*$ . Del mismo modo en el día 51 + 2 se registraron menores valores en los tratamientos térmicos con 20,7 respecto a los de agua fría con 20,1.

Los valores de  $C^*$  también disminuyeron en función del tiempo con valores entre 40,6 en el día 0 hasta 28,1 en el día 51 + 2. Esta reducción podría estar asociada al aumento del estado de madurez del pimiento (Rotondo *et al.*, 2007). Durante el día 26 + 2 se encontraron diferencias significativas en la inmersión térmica, con mayores valores de  $C^*$  en agua a mayor temperatura con 31,7 respecto a los de agua fría con 27,9. En el día 51 + 2 se reportó de forma significativa la interacción entre los tratamientos de inmersión térmica con las atmósferas, con valores superiores en aire con 29,3 frente a los de nitrógeno con 26,9.



Al igual que con los parámetros anteriores, el  $H^*$  también disminuyó con el tiempo de almacenamiento, con valores entre los  $120,9^\circ$  en el día 0 hasta  $112,8^\circ$  en el 51 + 2. Estos valores se mantuvieron dentro del rango del color hasta verde amarillento. Esta diferencia en el ángulo de color está directamente asociada al estado de madurez, donde la degradación de la clorofila se manifiesta directamente en los cambios de color del pimiento. Al degradarse la clorofila abre paso a la oleoresinas como capsantina y capsorubina que generan tonalidades amarillo-rojizas a los pimientos (Rotondo *et al.*, 2007). En el día 51 + 2 se encontró una interacción significativa entre las temperaturas de almacenamiento, tratamientos térmicos y atmósferas, siendo el tratamiento de  $5^\circ\text{C}$  con agua caliente en aire el que retuvo de mejor forma la evolución del tono llegando a  $114,3^\circ$ .

#### 6.1.4 Firmeza

La firmeza es una medición relacionada directamente con la pérdida de la estabilidad de la pared celular de las células del fruto, donde a medida que transcurre el tiempo de almacenaje, se degradan pectinas y polisacáridos estructurales por acción de enzimas pectinolíticas, liberadas desde cortes, daño mecánico o por frío y por efecto de la senescencia de los frutos (Artés *et al.*, 2007; Pacco, 2017). Esta degradación genera ablandamiento y mayor susceptibilidad al daño mecánico en los frutos (Kader, 2007).

Los resultados del ensayo muestran una disminución de los valores de firmeza en función del tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos, donde en el día 51 + 2 se registraron una interacción significativa entre temperatura de almacenamiento y las atmósferas, con una mayor firmeza en los tratamientos almacenados a  $5^\circ\text{C}$  respecto a  $10^\circ\text{C}$ , con valores de 10 y 9,8 N, respectivamente y superiores en aire respecto a nitrógeno con 10 y 9,8 N. Estos resultados fueron similares a lo reportado por diversos autores en pimiento a temperaturas de  $5$  y  $10^\circ\text{C}$ , donde a mayores temperaturas, mayor fue el avance de los estados de madurez de los pimientos con menores firmezas (Rotondo *et al.*, 2007; Rodoni *et al.*, 2014). Del mismo modo se encontró una interacción significativa entre los tratamientos térmicos y la temperatura de almacenamiento, con mayores valores en los inmersos en agua caliente respecto a los de agua fría, con valores de 10,4 y 9,4 N respectivamente. Sin embargo, los resultados encontrados en pérdida de peso, resultan contrarios a las mediciones de firmeza analizadas en pimiento, ya que hubo un mayor pérdida de peso en los tratamientos en agua caliente respecto al agua fría, pero una mayor firmeza en agua caliente respecto al agua fría. Esto puede estar relacionado a la elasticidad del exocarpo; ya que, a mayor porcentaje de pérdida de peso por deshidratación, mayor sería la elasticidad fruto. Los frutos como el pimiento, se consideran materiales viscoelásticos porque presentan propiedades de flujo viscoso y sólido elástico y factores como la presión de turgencia, la rigidez de la pared celular, el contenido de fibra y agua, el tiempo y la temperatura de almacenamiento determinan su comportamiento elástico (Ciro *et al.*, 2007; Torres *et al.*, 2012). Debido a esto, es posible que

las mediciones de textura pudieron estar enmascaradas por la elasticidad del pimiento con el artefacto utilizado, un émbolo cilíndrico de acero inoxidable de 2 mm.

### **6.1.5 Sólidos solubles totales y acidez titulable**

Los sólidos solubles y los ácidos orgánicos presentes en los frutos son utilizados como reserva energética y la concentración de ambos varían a través del tiempo de almacenamiento para su utilización en la respiración celular (Kader, 2007). Los SST en los pimientos estudiados en general se mantuvieron constantes durante el tiempo de almacenamiento, debido a que se están constantemente sintetizando y degradando según las necesidades energéticas de éstos (Rao *et al.*, 2011; Tsegay *et al.*, 2013; Castro *et al.*, 2016). No obstante, en el día 51 + 2 de almacenamiento se registraron diferencias significativas entre la interacción de la temperatura de almacenamiento, los tratamientos térmicos y las atmósferas, con valores superiores en SST a 5 °C, en agua caliente en atmósfera de nitrógeno (4,2 %) y valores inferiores a 10 °C en agua fría y atmósfera de nitrógeno (2,8 %). La presencia de mayores porcentajes de SST a menores temperaturas estaría asociado a una menor senescencia del fruto, como lo reportado por Castro *et al.* (2016), donde reportaron mayores SST en pimientos enteros almacenados a 7 °C respecto a 4 °C.

La acidez se encuentra relacionada al metabolismo de los ácidos orgánicos durante la respiración celular, provocando cambios en el pH del fruto (Silveira *et al.*, 2011). Debido a esto es esperable encontrar una menor acidez a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento. Durante el ensayo se encontraron valores de acidez promedio de 0,12 a 0,07 % entre los días 0 y 51 + 2 de almacenamiento, disminuyendo su acidez en todos los tratamientos. No se registraron interacciones significativas, durante el tiempo de almacenamiento, salvo diferencias en los tratamientos de inmersión térmica presentando una mayor acidez en los tratamientos de agua fría, respecto a los de agua caliente.

### **6.1.6 Concentración de calcio total**

La aplicación superficial de sales cálcicas en frutos puede generar acumulación de calcio entre la pared celular y la lámina media, reestructurando la integridad de ambas estructuras (Silveira *et al.*, 2011; Ortíz *et al.*, 2011; Contreras-Angulo *et al.*, 2011; Aguayo *et al.*, 2015). Esto generaría un incremento de la firmeza, disminución de la intensidad respiratoria y una menor sensibilidad del fruto a diversos desórdenes fisiológicos (Rao *et al.*, 2011; Aguayo *et al.*, 2015). Las concentraciones de calcio total del estudio se mantuvieron constantes en todos los tratamientos durante el tiempo de almacenamiento, independiente de la aplicación de tratamiento térmico que contenía  $\text{Cl}_2\text{Ca}$  al 2%. Estos resultados sugieren que los tratamientos aplicados no lograron modificar la concentración de calcio total inicial en las muestras de pimiento del día 0 de 1,47 g calcio 100 g<sup>-1</sup> PF.

### 6.1.7 Análisis sensorial

**Apariencia externa:** la apariencia representa todos los atributos visibles de un alimento y es fundamental en la selección de un producto, donde los principales factores a considerar son el color, tamaño, forma, conformación, uniformidad y ausencia de imperfecciones (Flores, 2015). En las evaluaciones de apariencia externa se registraron en ambos días de medición una interacción significativa entre la inmersión térmica y la temperatura de almacenamiento, presentando mayores puntuaciones en los tratamientos de agua caliente respecto a los de agua fría y a 5 °C respecto a los de 10 °C. Las evaluaciones realizadas en el día 51 + 2 presentaron menores valores de apariencia respecto al día 26 + 2, con valores por sobre el nivel mínimo de aceptabilidad (7,5) exceptuando los tratamientos sometidos al agua fría (7,3).

Estos resultados sensoriales resultan complementarios y coherentes a los obtenidos en color instrumental y pérdida de peso, donde se encontraron menores valores de tono en los tratamientos de agua caliente respecto a los de agua fría y a 5 °C respecto a 10 °C, conservando de mejor forma el color verde inicial. No obstante, se registraron mayores valores de pérdida de peso en agua caliente respecto al agua fría, por lo que es probable que esta variable no fue visualmente apreciada durante la evaluación.

**Textura de la pulpa:** la textura de un alimento es percibida a través del tacto de los dedos o de los receptores bucales y está conformada por la firmeza, suavidad, jugosidad, masticabilidad, fibrosidad, grumosidad, harinosidad, adhesividad y grasosidad del producto (Flores, 2015). En las evaluaciones de textura de la pulpa del día 26 + 2 se registró una interacción significativa entre la inmersión térmica, la temperatura de almacenamiento y la atmósfera. Al igual que con la apariencia, se observó una mejor textura en los tratamientos sometidos a agua caliente respecto a los de agua fría, a 5 °C respecto a 10 °C y en aire respecto a nitrógeno.

Estos resultados coinciden con los de las mediciones de firmeza, donde se encontraron mayores valores en los tratamientos de agua caliente, a 5 °C y en aire. Las evaluaciones realizadas en el día 51 + 2, presentaron diferencias significativas sólo en agua caliente respecto a los de agua fría, con menores valores de textura respecto al día 26 + 2 y al igual que con la apariencia con valores por sobre 7,5 exceptuando los tratamientos sometidos al agua fría que obtuvo 7,3.

**Color, sabor y olor característico a pimienta:** no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en las dos momentos de evaluación sensorial. De forma generalizada se encontraron casi en la totalidad de los tratamientos valores por sobre 7,5, exceptuando a las evaluaciones de color en agua fría a 10 °C, donde se observó amarillamiento de los pimientos y valores de 7,3 en AFAire10°C y 7,2 en AFNitro10°C.

### 6.1.8 Concentración de fenoles totales y capacidad antioxidante

Los antioxidantes son compuestos que pueden inhibir o retardar la oxidación de otras moléculas en reacciones en cadena de radicales libres (Guija-Poma *et al.*, 2015; Ruiz *et al.*, 2018). La actividad antioxidante es la capacidad de una sustancia para ser utilizada como antioxidante. En frutos como el pimiento, el aumento de la concentración de compuestos fenólicos se considera nutricionalmente positivo, ya que le otorgan una mayor capacidad antioxidante al alimento (Ruiz *et al.*, 2018; De la Cruz-Ricardez *et al.*, 2020). Dependiendo de la variedad de pimiento, el estado de madurez y tratamientos pre y post cosecha, varían los compuestos antioxidantes presentes, siendo los más comunes los tocoferoles, carotenoides, capsaicinoides y ácido ascórbico (Molina, 2009).

De forma generalizada los fenoles totales y la capacidad antioxidante determinada por FRAP y DPPH incrementaron su concentración en función del tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos. No obstante, durante el periodo de tiempo 26 + 2 al 51 + 2 se registró una mantención o disminución de compuestos funcionales. En todos los casos se presentaron diferencias significativas en el día 26 + 2. En el caso de los fenoles totales el día 26 + 2 se encontró una interacción significativa entre la inmersión térmica y las atmósferas, donde el mejor tratamiento fue inmersión en agua caliente en aire a 5 °C. En la capacidad antioxidante por el método FRAP se encontró una interacción significativa entre la temperatura de almacenamiento y las atmósferas y por el método DPPH, al igual que en los fenoles totales, la interacción significativa observada entre la inmersión térmica y las atmósferas mostró mayores concentraciones en inmersión térmica y aire.

La variación de la concentración de fenoles totales y su capacidad antioxidante en algunos frutos se ha evaluado en tratamientos de inmersión térmica (Figuroa *et al.*, 2015; O' Donoghue *et al.*, 2017; Escalona *et al.*, 2020). El estrés generado por el tratamiento térmico aumenta la concentración de fenoles totales al promover la actividad enzimática de la fenilalanina amonio liasa (PAL) e inhibe la acción de la polifenoloxidasas (PPO), mejorando la calidad y alargando la vida útil del fruto (Vicente, 2004; Lemoine, 2009; Son *et al.*, 2012). Debido a lo anterior es posible asociar el incremento de la concentración de compuestos fenólicos y de la capacidad antioxidante en los tratamientos sometidos en inmersión térmica a 50 °C respecto a fría a 10 °C.

## CONCLUSIONES DEL ENSAYO 1

La combinación de inmersión térmica a 50 °C durante 2 minutos y CaCl<sub>2</sub> al 2 % bajo una conservación a 5 °C, prolongan durante 51 + 2 días la vida de postcosecha del pimiento entero cv. Almuden al reducir la pérdida de peso y los cambios de color, firmeza, sólidos solubles totales y la apariencia.

La composición gaseosa dentro del envase estuvo condicionada por la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el tipo de atmósfera inicial, por lo que es recomendable la utilización de envases de poliolefina con perforaciones para mantener las características fisicoquímicas y organolépticas a 5 °C.

La pérdida de peso fue mayor en inmersión en agua caliente y de forma contraria a la esperado, la firmeza fue mayor en estos tratamientos; por lo que esta incongruencia pudo estar relacionada a que las mediciones de firmeza que fueron afectadas por la elasticidad del exocarpo del pimiento al deshidratarse.

Las mediciones de fenoles totales y capacidad antioxidante por el método de DPPH presentaron valores superiores en los tratamientos de inmersión en una solución de CaCl<sub>2</sub> al 2 % a 50 °C durante 2 minutos y un almacenamiento en envases plásticos en aire, por lo que es recomendable estas condiciones para mantener la calidad funcional del pimiento entero cv. Almuden.

No se observaron diferencias significativas en los parámetros de acidez titulable, concentración de calcio total y en los parámetros sensoriales de olor característico, sabor y color de la pulpa entre los tratamientos, por lo que no son parámetros condicionados por los tratamientos de inmersión térmica, atmósferas y temperatura de almacenamiento.

## RESULTADOS DEL ENSAYO 2

### Ensayo 2. Evaluación del efecto de sanitizantes alternativos al cloro en pimiento mínimamente procesado

#### 7.1.1 Caracterización de la materia prima

Se utilizaron los mismos frutos caracterizados utilizados el ensayo 1, correspondientes a pimientos enteros cv. Almuden, los cuales fueron procesados 1 día después de ser cosechados. El estado de madurez utilizado fue verde maduro, con 100 % de color verde de fondo.

La caracterización de la materia prima se realizó respecto a los parámetros físicos y microbiológicos, donde la mayor variabilidad de datos se encontró presente en los valores del peso (Cuadro 4).

Cuadro 6. Caracterización de la materia prima realizada en pimientos enteros.

Parámetros físicos		Parámetros químicos	
<sup>1</sup> Peso (g)	222,9 ± 3,98	<sup>2</sup> Mesófilos aeróbios (log UFC g <sup>-1</sup> )	<1,0 ± 0,0
<sup>1</sup> Diámetro (cm)	7,9 ± 0,09	<sup>2</sup> Enterobacterias (log UFC g <sup>-1</sup> )	<1,0 ± 0,0
<sup>1</sup> Largo total (cm)	13,1 ± 0,22	<sup>2</sup> Hongos y levaduras (log UFC g <sup>-1</sup> )	<1,0 ± 0,0
		<sup>2</sup> Psicrófilos (log UFC g <sup>-1</sup> )	<1,0 ± 0,0

1) Los valores corresponden al promedio de 10 muestras (frutos). 2) Los valores corresponden al promedio de 3 muestras (fruto).

### 7.1.2 Concentración de gases dentro de la bolsa

Inmediatamente posterior al envasado con barrido de nitrógeno, las concentraciones fueron en promedio de 6 % O<sub>2</sub> y de 0 % CO<sub>2</sub> en todos los tratamientos. Transcurridos 10 días de almacenamiento, la mayoría de los tratamientos alcanzaron el equilibrio gaseoso (Figura 16). En el día 10 de almacenamiento no hubo diferencias significativas entre los tratamientos y las concentraciones de O<sub>2</sub> (Apéndice 2, Cuadro 1). Respecto a las concentraciones de CO<sub>2</sub> el mejor tratamiento fue el de CS2 con 4,3 % de CO<sub>2</sub>. En el día 14 el tratamiento que menores concentraciones de O<sub>2</sub> registró fue el UVC1 (1,7 %) y UVC2 (1,7 %), presentando diferencias significativas respecto al resto (Apéndice 2, Cuadro 1). Respecto al CO<sub>2</sub> los tratamientos que presentaron los valores más bajos fueron los de UVC2 con 5,1 % y el cloro con 5,3 % y el tratamiento que presentó los valores más altos de CO<sub>2</sub> fue el de agua, presentando 8 % de CO<sub>2</sub> (Apéndice 2, Cuadro 2).

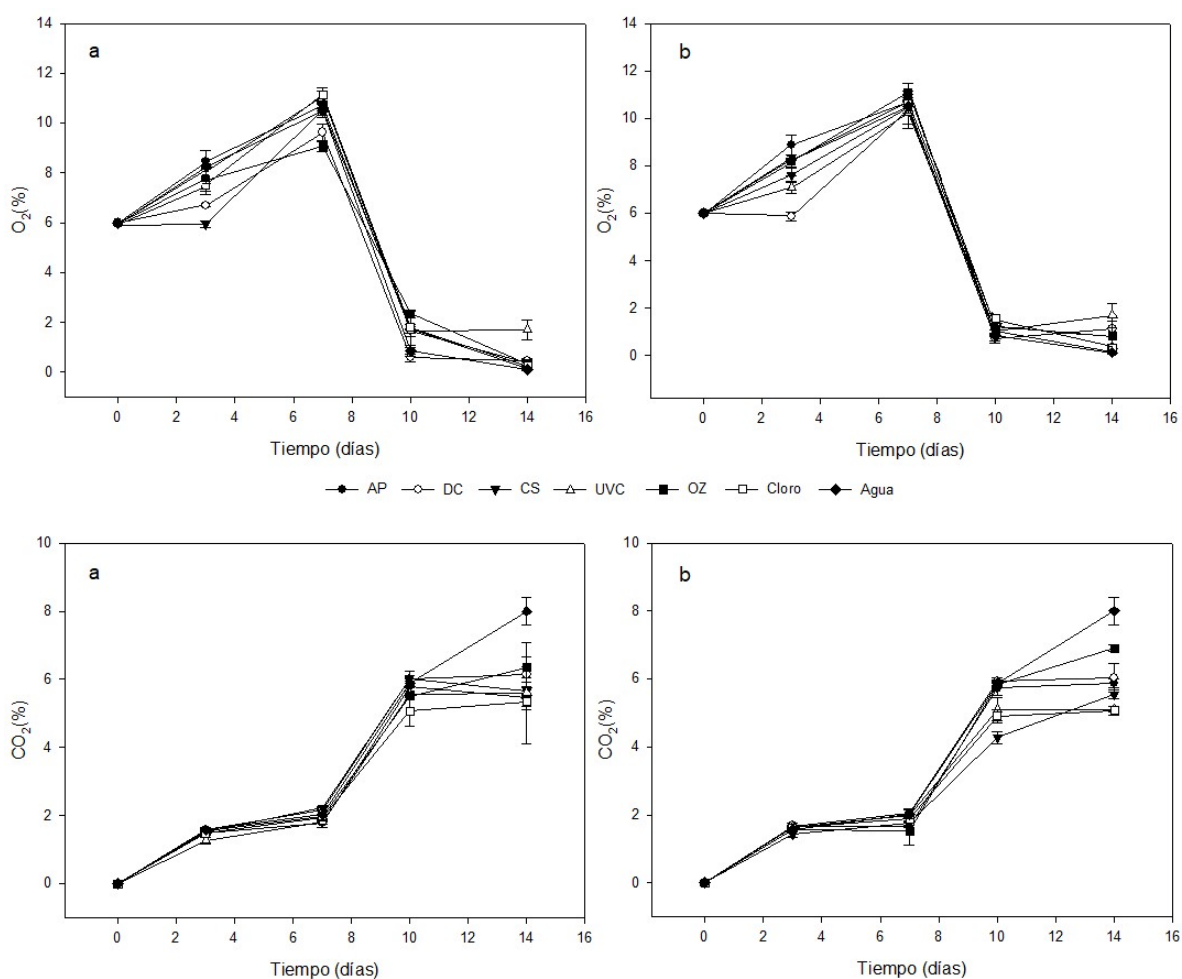


Figura 16. Composición gaseosa de cubos de pimienta durante 14 días de almacenamiento a 5 °C . En a) tratamientos con concentración 1 y en b) tratamientos con concentración 2. De izquierda a derecha tratamientos de ácido peracético (AP), dióxido de cloro (DC), clorito sódico acidificado (CS), luz UV-C (UVC), ozono (OZ), hipoclorito de sodio (Cloro) y Agua potable desclorada (Agua).

### 7.1.3 Recuentos microbiológicos

**Mesófilos aerobios:** el recuento de bacterias mesófilas aerobias aumentó conforme transcurría el tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos con sanitizantes y concentraciones (Figura 17). Una vez aplicados los tratamientos sanitizantes, en el día 0, la carga microbiana de mesófilos aerobios fue  $<1$  log log UFC/g para los tratamientos de CS1, CS2 y el cloro. Los tratamientos con OZ2, AP1, AP2, DC2, UVC1 y UVC2 presentaron en promedio  $<1$  log UFC/g de bacterias anaerobias mesófilas y los tratamientos que presentaron una mayor carga microbiana inicial fueron los tratamientos con OZ1, DC1 y agua con 1,7 log UFC/g (Apéndice 2, Cuadro 3). Durante los días 3 y 7 aumentaron de forma exponencial en todos los tratamientos, siendo los tratamientos con AP2 y OZ2 los que presentaron menores recuentos en ambos días de mediciones (Figura 17). En el día 10 el tratamiento que mantuvo un menor recuento fue el UVC1 con 4 log UFC/g, seguido del CS2 y el OZ2 con 4,6 y 4,7 log UFC/g respectivamente. Finalmente, en el día 14 se observó un crecimiento exponencial de todos los tratamientos agrupados en la concentración más baja, mientras que en los tratamientos agrupados en la mayor concentración presentaron un aumento menos pronunciado (Figura 17). El tratamiento que presentó un mayor recuento fue el tratamiento sin sanitizante (agua), alcanzando las 6,5 log UFC/g en el día 14 (Figura 17).

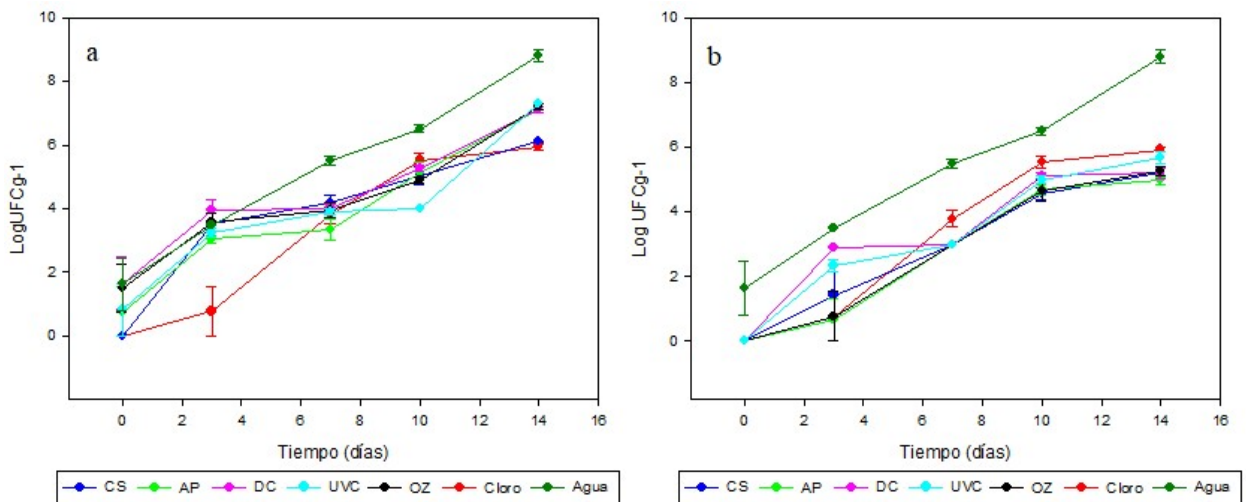


Figura 17. Recuento de mesófilos aerobios (log UFC/g) en cubos de pimienta almacenados 14 días a 5 °C durante. En a) tratamientos con concentración 1 y en b) tratamientos con concentración 2. De izquierda a derecha tratamientos de clorito sódico acidificado (CS), ácido peracético (AP), dióxido de cloro (DC), luz UV-C (UVC), ozono (OZ), hipoclorito de sodio (Cloro) y Agua potable desclorada (Agua).



**Enterobacterias:** al igual que con las bacterias mesófilas aerobias, se observó un incremento exponencial de los recuentos durante el ensayo (Figura 18). El día 0 fueron los recuentos fueron  $< 1$  log UFC/g en todos los tratamientos exceptuando al tratamiento con agua. En el día 3 los tratamientos con UVC2 presentaron un menor recuento presentando  $< 1$  log UFC/g, seguido de los tratamientos con AP2, CS2 y OZ2 que presentaron 1 log UFC/g (Apéndice 2, Cuadro 4). En el caso del día 7 los tratamientos que mantuvieron más bajo recuento fueron el AP1, cloro y el CS1, con 3, 3,2 y 3,4 log UFC/g, respectivamente y en el día 14 el cloro tuvo 4,4 log UFC/g, seguido del AP2 y CS2 con 4,6 y 4,9 log UFC/g, respectivamente (Apéndice 2, Cuadro 4). Finalmente, el tratamiento sin sanitizante también fue el que presentó los mayores recuentos alcanzando 8 log UFC/g el día 14 (Figura 18).

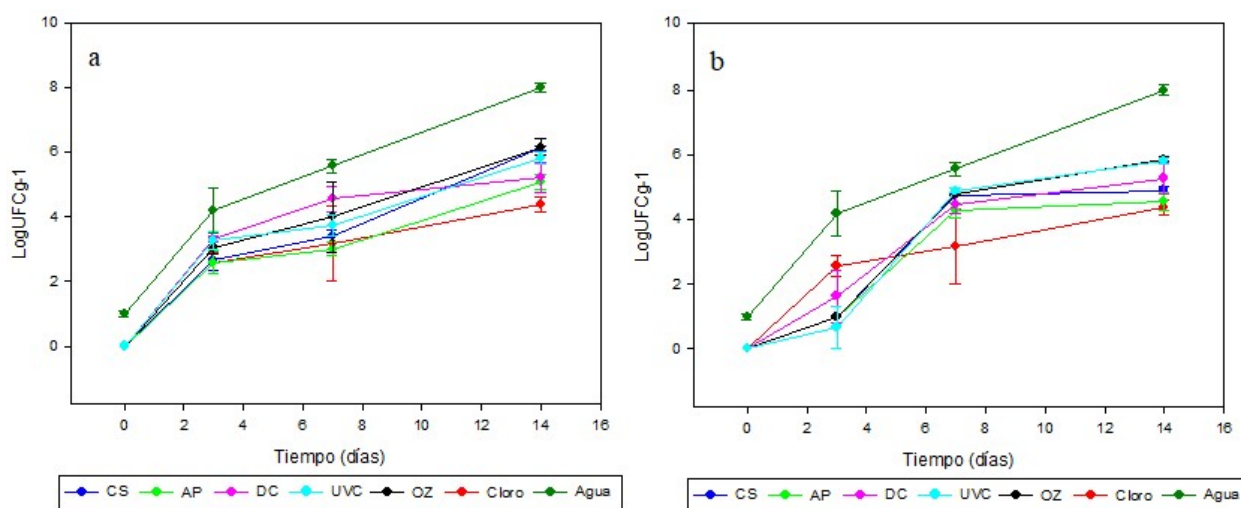


Figura 18. Recuento de enterobacterias (log UFC/g) en cubos de pimienta almacenados 14 días a 5 °C durante. En a) tratamientos con concentración 1 y en b) tratamientos con concentración 2. De izquierda a derecha tratamientos de clorito sódico acidificado (CS), ácido peracético (AP), dióxido de cloro (DC), luz UV-C (UVC), ozono (OZ), hipoclorito de sodio (Cloro) y Agua potable desclorada (Agua).

**Hongos y levaduras:** para el caso de los recuentos de hongos y levaduras se observó un comportamiento similar al del crecimiento bacteriano anterior, con un aumento exponencial de UFC en función del tiempo (Figura 19).

En el día 0 el 67% de los tratamientos presentaron recuentos  $< 1$  log UFC/g, con los tratamientos de UVC1 y UVC2 los que presentaron menores valores promedio de 0 log UFC/g. Los tratamientos que presentaron valores  $> 1$  log UFC/g fueron los de CS1, DC1, OZ1 y el tratamiento sin sanitizante, donde éste último presentó valores mayores de 2,92 log UFC/g (Apéndice 2, Cuadro 5).

En los días 7 y 10 los tratamientos que presentaron menores recuentos fueron UVC1 y el cloro (Figura 19). En el día 10 el tratamiento de UVC1 presentó 5,5 log UFC/g seguido del cloro con 5,8 log UFC/g (Apéndice 2, Cuadro 5). Finalizado en ensayo en el día 14, el tratamiento sin sanitizante presentó los mayores recuentos de hongos y levaduras con 8,5 log UFC/g en el día 14 (Figura 19).

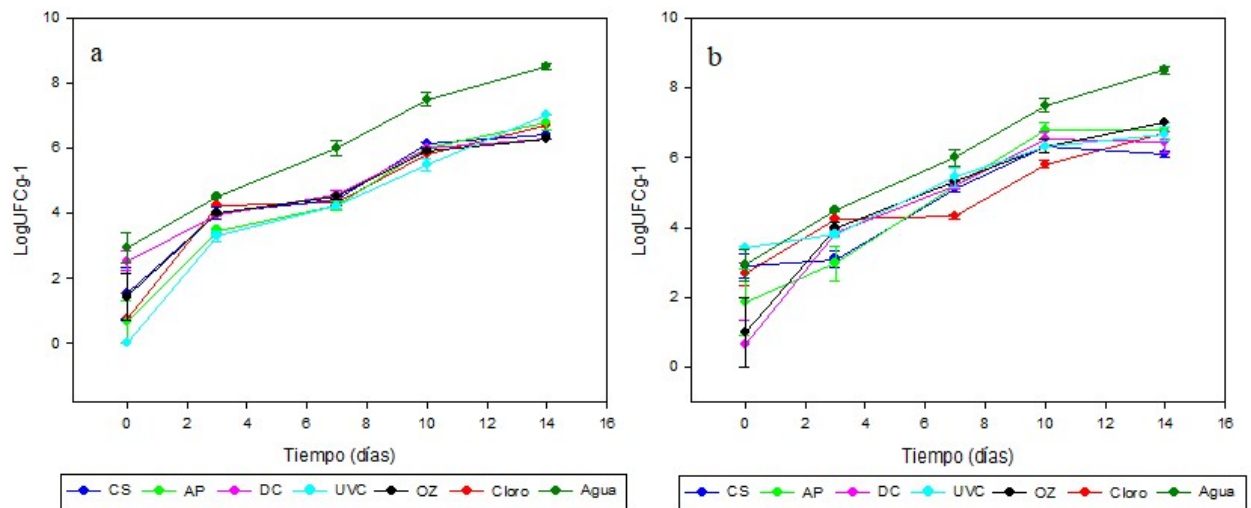


Figura 19. Recuento de hongos y levaduras (log UFC/g) en cubos de pimienta almacenados durante 14 días a 5 °C. En a) tratamientos con concentración 1 y en b) tratamientos con concentración 2. De izquierda a derecha tratamientos de clorito sódico acidificado (CS), ácido peracético (AP), dióxido de cloro (DC), luz UV-C (UVC), ozono (OZ), hipoclorito de sodio (Cloro) y Agua potable desclorada (Agua).

**Psicrófilos:** se observó un crecimiento exponencial en función del tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos (Figura 20). En el día 0 se registraron  $< 1$  log UFC/g en todos los tratamientos (Apéndice 2, Cuadro 6). Durante los días 3, 7 y 14 los menores recuentos se encontraron en UVC (Figura 20). En el día 3 el tratamiento con UVC2, UVC1 y CS2 presentaron  $< 1$  log UFC/g (Apéndice 2, Cuadro 6). En el día 7 el mejor tratamiento fue UVC2 con 3 log UFC/g seguido de DC2 con 3,4 log UFC/g y en el día 14 los tratamientos UVC2, UVC1 y cloro presentaron  $< 1$  log UFC/g (Apéndice 2, Cuadro 6). Finalmente, el tratamiento sin sanitizante presentó los mayores recuentos de 6,7 log UFC/g en el día 14 (Figura 20).

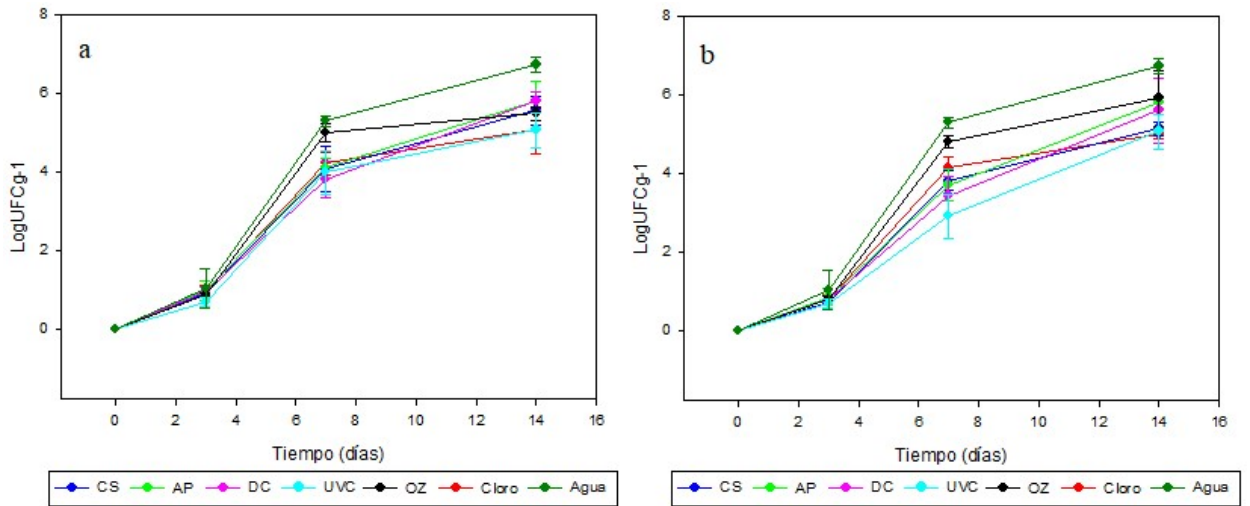


Figura 20. Recuento de hongos y levaduras (log UFC/g) en cubos de pimiento almacenados durante 14 días a 5 °C. En a) tratamientos con concentración 1 y en b) tratamientos con concentración 2. De izquierda a derecha tratamientos de clorito sódico acidificado (CS), ácido peracético (AP), dióxido de cloro (DC), luz UV-C (UVC), ozono (OZ), hipoclorito de sodio (Cloro) y Agua potable desclorada (Agua).

## DISCUSIÓN DEL ENSAYO 2

### 8.1.1 Concentración de gases

A diferencia del ensayo de concentración de gases anterior, la composición gaseosa de este ensayo estuvo determinada principalmente por el efecto de los sanitizantes aplicados en cada tratamiento. Las concentraciones de O<sub>2</sub> dentro del envase están directamente relacionado con la respiración del pimiento y la tasa de consumo de microorganismos aerobios, generando como desecho metabólico CO<sub>2</sub> (Lurie y Tonutti, 2014). En todos los tratamientos ocurrió un aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> y una disminución en la concentración de O<sub>2</sub> a lo largo del período de almacenamiento.

Desde el día 7 hasta el día 10 de almacenamiento se registró un descenso brusco del oxígeno hasta mantenerse constante en la mayoría de los tratamientos, alcanzando un equilibrio gaseoso. Las concentraciones de oxígeno dentro del envase son de especial cuidado para la mantención de la calidad organoléptica del producto, ya que una reducción del O<sub>2</sub> por debajo del 1 % puede producir fermentación y desarrollo de olores desagradables causados por microorganismos anaerobios, produciendo etanol y acetaldehído (Villena, 2010; Lurie y Tonutti, 2014). Los sanitizantes que tuvieron valores por debajo del 1 % de O<sub>2</sub> en el día 10 de almacenamiento fueron el dióxido de cloro en ambas concentraciones. Del mismo modo el dióxido de cloro en ambas concentraciones presentó las mayores concentraciones de CO<sub>2</sub>, por lo que fue el tratamiento menos recomendado, seguido del control (agua desclorada).

A los 14 de almacenamiento el 75 % de los tratamientos presentaron concentraciones de O<sub>2</sub> por debajo del 1 %, por lo que podrían presentar menor calidad organoléptica en relación a al día 10 de almacenamiento. Además, en los tratamientos con UVC se alcanzaron concentraciones de CO<sub>2</sub> de 5 – 5,5 %, generando efectos beneficiosos como los sugeridos por González-Aguilar *et al.* (2004), donde observaron mejores condiciones de almacenamiento en pimiento MPF a 5 % de CO<sub>2</sub> a 5 °C ya que estas concentraciones retrasaron el desarrollo de pudriciones causadas por hongos como *Alternaria spp.*, *Botrytis spp.*, y pudrición bacteriana.

### 8.1.2 Mesófilos aerobios

Los sanitizantes que resultaron más efectivos en reducir la carga de mesófilos aerobios fueron luz UVC1 (5 kJ/m<sup>2</sup>) y UVC2 (15 kJ/m<sup>2</sup>), presentando en el día 7 valores significativamente menores con 3 log UFC/g en el tratamiento de UVC2 y en el día 10 con 4 log UFC/g en el tratamiento UVC1.

Durante el día 14 de almacenamiento el 42 % de los tratamientos presentaron valores por sobre los límites superiores establecidos por el Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA) para el recuento de aerobios mesófilos (6,7 log UFC/g) (Ministerio de Salud, 2018), siendo el tratamiento en agua desclorada el que presentó los valores más elevados de UFC con 8,8

log UFC/g. Estos resultados microbiológicos resultan complementarios y coherentes respecto a los resultados de la composición gaseosa y aplicación de los sanitizantes, donde se registró mayores concentraciones de O<sub>2</sub> en los tratamientos de UVC y menores de CO<sub>2</sub>.

Los tratamientos de UV-C son ampliamente utilizados para inhibir el crecimiento de bacterias en dosis entre 0,5 a 20 kJ/m<sup>2</sup> (Char *et al.*, 2010; Luna, 2014; Rodini *et al.*, 2015; Alyaa, 2017). Además, se utilizan como efecto inductor en la acumulación de fitoalexinas (hormesis) en bajas dosis (3,7 kJ/m<sup>2</sup>), para retrasar la maduración y senescencia de frutos como el tomate y otras hortalizas (Barka *et al.*, 2000).

### 8.1.3 Enterobacterias

El sanitizante que resultó como mejor tratamiento en la reducción de los recuentos de enterobacterias fue el cloro (150 mg/L), presentando valores significativamente menores en los días 7 (3,1 log UFC/g) y día 14 (4,2 log UFC/g). No obstante, en el día 7 el tratamiento de ácido peracético (100 mL/L) presentó el valor más bajo de UFC con un valor levemente más bajo que el cloro de 3 log UFC/g.

Según los límites permitidos por el RSA (4,7 log UFC/g) en enterobacterias (Ministerio de Salud, 2018), durante el día 7 de almacenamiento el 33 % de los tratamientos superaron el máximo permitido, siendo el tratamiento control (agua desclorada) el peor evaluado con 5,6 log UFC/g. Del mismo modo, el día 14 de almacenamiento el 83 % excedió el límite máximo permitido, con el tratamiento con cloro como el mejor con 4,2 log UFC/g y el tratamiento control con casi el doble de recuentos alcanzando 8 log UFC/g.

Estos resultados son similares a los reportados en pimiento cortado por Valladares (2019), donde evaluó el efecto microbiológico de enterobacterias en 3 concentraciones de ácido paracético y cloro; alcanzando una vida útil de 7 días y recuentos de 3,3 log UFC/g en cloro y 4,3 log UFC/g en ácido paracético a 100 mL/L.

### 8.1.4 Hongos y levaduras

En las mediciones de hongos y levaduras el sanitizante más eficaz fue UVC1 con recuentos de 4,2 log UFC/g al día 7 y de 5,5 log UFC/g en el día 10 de almacenamiento.

Si bien es cierto en Chile el RSA del Ministerio de Salud (2018) no exige un límite del recuento de hongos y levaduras, la legislación española tiene límites legales exigidos a la industria de procesado en fresco (R.D. 3484/2000, 2001), que establece un máximo de 5 log UFC/g para levaduras y 3 log UFC/g para mohos, por lo que durante el día 7 de almacenamiento el 50 % de los tratamientos estarían por sobre el límite máximo permitido, con el tratamiento control (agua desclorada) nuevamente como el peor tratamiento con 6 log UFC/g.

Al igual que con los mesófilos aerobios, los tratamientos de UV-C son recomendados como sanitizantes para reducir el crecimiento en hongos y levaduras en dosis entre 0,5 a 20 kJ/m<sup>2</sup> (Char *et al.*, 2010; Luna, 2014; Rodini *et al.*, 2015; Alyaa, 2017).

### **8.1.5 Psicrófilos**

Al igual que con los mesófilos aerobios y hongos y levaduras, los sanitizantes que resultaron de mayor efectividad en la reducción de los psicrófilos durante el tiempo de almacenamiento fueron los de UVC2 con valores de 3,4 y 5 log UFC/g para los días 7 y 10 de almacenamiento, respectivamente.

Debido a las características particulares de crecimiento de las bacterias psicrófilas que proliferan a temperaturas inferiores a los 5 °C, no se encuentran normados en el RSA del Ministerio de Salud de Chile para frutas y hortalizas. Del mismo modo la mayoría de las bacterias psicrófilas crecen y se desarrollan sobre productos cárnicos y en el caso de los de origen vegetal como el pimiento, son principalmente colonizados por hongos como *Alternaria spp.* o *Botrytis spp.*

## CONCLUSIONES DEL ENSAYO 2

La vida útil estuvo limitada por el crecimiento de mesófilos y enterobacterias, según los límites permitidos por la legislación chilena, con 10 días en los pimientos sanitizados con luz UV-C a 5 - 15 kJ/m<sup>2</sup> en mesófilos y con hipoclorito de sodio a 150 mg/L en enterobacterias.

A pesar de que los resultados sugieren control en la inocuidad en pimiento MPF con los sanitizantes recomendados, con 10 días de almacenamiento a 5 °C en atmósfera inicial de nitrógeno con 6 % de O<sub>2</sub> y 0 % de CO<sub>2</sub>, es recomendable una comercialización y vida útil de hasta 7 días.

El uso de luz UV-C sería una alternativa viable de implementar en la industria del pimiento mínimamente procesado como sustituto al cloro.

**LITERATURA CITADA**

Aguayo, E., C. Requejo-Jackman, 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.

Alyaa, N. 2017. Ozone fumigation effects on bacterial and anthracnose development on bell pepper (*Capsicum annuum* L.) and its effect on fruit quality. Tesis de Doctorado, School of BioSciences, The University of Nottingham Malaysia Campus, Malaysia.

Argüello, P., M. Ayuso, D. González-Gómez, D. Bohoyo, J. Delgado-Adámez, M. Bernalte. 2017. Behaviour of fresh cut broccoli under different modified atmosphere conditions. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29:188-197.

Artés-Hernández, F., F. Rivera-Cabrera and A. Kader. 2007. Quality retention and potential shelf-life of fresh-cut lemons as affected by cut type and temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 43: 245-254.

Barka, E., S., kalantari, J., Makhlouf and J. Arul. 2000. Impact of UV-C irradiation on the cell Wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 8:667-671.

Barbosa, C., T., Machado, M., Rui, and M., Oliveira. 2020. Fresh-Cut Bell Peppers in Modified Atmosphere Packaging: Improving Shelf Life to Answer Food Security Concerns. *Molecules*, 25:23-30.

Benzie, I. and J. Strain. 1998. Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods in Enzymology*, 299:15-27.

Castro, R., E. Fallik, E. Nemny-Lavy, S. Alvkalai-Tuvia, P. Rempoulakis and D. Nestel. 2016. Effects of cold post-harvest treatments of sweet bell peppers on the development of the Mediterrean fruit fly (*Ceratitis capitata*). *Postharvest Biology and Technology*, 120:16-22.

Cerit, I. and O., Dermikol. 2020. Effects of modified atmosphere packaging conditions and ethylene absorber on the quality of red bell pepper. *Journal of Food and Nutrition Research*, 59: 35–43.

Char, C., E. Mitilinaki, S. Guerrero and S. Alzamora. 2010. Use of high intensity ultrasound and UV-C light to inactivate some microorganisms in fruit juices. *Food and Bioprocess Technology*, 3:797-803.



Chen, Z., C. Zhu, Y. Zhang, D. Niu and J. Du. 2010. Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on enzymatic browning and shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 58:232-238.

Ciro, H., O., Buitrago y S., Pérez. 2007. Estudio preliminar de la resistencia mecánica a la fractura y fuerza de firmeza para la fruta de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*. 60:3785-3796.

Contreras-Angulo, L., J. Heredia, C. Sánchez-Álvarez, M. Angulo-Escalante, and M. Villarreal-Romero. 2011. Efecto del genotipo y sales de calcio en la calidad de tomates frescos cortados. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 17:39-45.

Darré, M. 2019. Factores de pre y postcosecha que afectan el contenido de compuestos antioxidantes en hortalizas. 178 p. Tesis Doctorado. Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Buenos Aires Argentina.

De la Cruz-Ricardez, D., D., Ortiz-García, C., Lagunes-Espinoza, L., Torres-de la Cruz, M. y Hernández-Nataren, E. 2020. Compuestos fenólicos, carotenoides y capsaicinoides en frutos de *Capsicum spp.* de Tabasco, Mexico. *Agrociencia*, 54:505-519.

De Souza, V., P. Pereira, T. Da Silva, T. De Oliveira, L. Lima, R. Pio, and F. Queiroz. 2014. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food Chemistry*, 156:362-368.

Di Rienzo, J., F. Casanoves, M. Balzarini, L. Gonzalez, E. Tablada and C. Robledo. 2008. *Estadística para las ciencias agropecuarias*. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.

Escalona, V., C. Julio y A. González. 2020. Manejo postcosecha de tomates y pimientos frescos y de IV Gama. *Serie Ciencias Agronómicas* N° 32. 94 pp.

Escribano, S., and E. Mitcham. 2014. Progress in heat treatments. *Stewart Postharvest Review*, 10:1-6.

FAO. 2020. Estadísticas mundiales de pimiento. Recuperado en <<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>> Consultado el: 20 de agosto del 2020.

Flores, N. 2015. “Entrenamiento de un Panel de Evaluación Sensorial, para el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile”. Tesis de Pregrado, Facultad de Ciencias Químicas y Farmaceuticas, Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Fortiz-Hernández, J., and A. Rodríguez-Félix. 2010. Efecto del envasado en películas plásticas en la calidad de nopalverdura mínimamente procesado. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11:180-190.

Frison, L., M. Vissani, H. Ocampo, D. Ponisio y J. Basílico. 2013. Efectos del agua ozonizada sobre microorganismos patógenos y alterantes de frutas y hortalizas. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4:119-131.

Gil and Tudela. 2020. *Controlled and Modified Atmospheres for Fresh and Fresh-Cut Produce*. Chapter 20.1, Fresh and fresh-cut fruit vegetables: Peppers. Academic Press. 521-525.

Gómez-López, V., A. Rajakovic, P. Ragaert, N. Smigic and F. Devlieghere. 2009. Chlorine dioxide for minimally processed produce preservation: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 20:17-26.

González-Aguilar, G., J. Ayala-Zavala, S. Ruiz-Cruz, E. Acedo-Félix and M. Díaz-Cinco. 2004. Effect of temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh-cut bell peppers. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 37: 817-826.

Guija-Poma, E. M., Inocente-Camones. J., Ponce-Pardo y E., Zarzosa-Norabuena. 2015. Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante, *Horiz Med*, 15:57-60.

Herd, J. and H. Feng. 2009. Aqueous antimicrobial treatments to improve fresh and freshcut produce safety. In *Microbial Safety of Fresh Produce*, 1:169-190.

Hernandez, E., M. Aceituno-Medina and G. Hallman. 2020. 6. Tratamientos Fitosanitarios de Poscosecha. *Moscas de la Fruta: Fundamentos y Procedimientos para su Manejo*, 301-331.

Horvitz S. and M. Cantalejo. 2015. Effects of Gaseous O<sub>3</sub> and Modified Atmosphere Packaging on the Quality and Shelf-Life of Partially Dehydrated Ready-to-Eat Pepper Strips. *Food Bioprocess Technol.* 15:1537-5.

Ispch. 2015. Consideraciones importantes en el uso de desinfectantes. Ministerio de Salud. Chile. 38pp. Recuperado en [http://www.ispch.cl/sites/default/files/Nota\\_Tecnica\\_N\\_025\\_Consideraciones\\_Importantes\\_en\\_el\\_Uso\\_de\\_Desinfectantes.pdf](http://www.ispch.cl/sites/default/files/Nota_Tecnica_N_025_Consideraciones_Importantes_en_el_Uso_de_Desinfectantes.pdf) Consultado el: 12 de marzo del 2019.

Jacxsens L., F. Devlieghere, and J. Debevere. 2002. Temperature dependence of shelflife as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh produce. *Postharvest Biology and Technology*, 26:59-73.

Kader, A. and D. Barret. 2004. Classification, composition of fruits and postharvest maintenance of quality. *Science and Technology*, 1:5-21.

Kader, A., C. Pelayo-Zaldivar, J. Adaskaveg, M. Arpaia, D. Barrett, C. Bruhn, and H. Forster. 2007. *Tecnología postcosecha de cultivos: Hortofrutícolas*. Universidad de California, California, EEUU.

- Khairi, A., M. Falah, F. Suyantohadi, N. Takahashi and H. Nishina. 2015. Effect of storage temperatures on color of tomato fruit (*Solanum lycopersicum* Mill.) cultivated under moderate water stress treatment. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 3:178-183.
- Lemoine, M. 2009. Efecto de la aplicación de tecnologías limpias sobre la prolongación de la vida postcosecha de brócoli mínimamente procesado. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Exactas, La Plata, Argentina.
- Luna, R. 2013. Efecto combinado de la luz UV-C y envases activos con antimicrobianos naturales sobre hojas de rúcula "baby" (*Eruca sativa*). 134 p. Tesis Magíster. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile.
- Lurie, S., and P. Tonutti. 2015. Heat and hypoxia stress and their effects on stored fruits. *Stewart Postharvest Review*, 3:9-16.
- Mazur, S., A. Nes, A. Wold, S. Remberg and K. Aaby. 2014. Quality and chemical composition of ten red raspberry (*Rubus idaeus* L.) genotypes during three harvest seasons. *Food Chemistry*, 160:233-240.
- Mc Guire R. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27:1254-1255.
- Ministerio de la Presidencia. 2001. RD 3484/2000. 2001. En: Boletín Oficial del Estado. Madrid (España), 11:1435-1441.
- Ministerio de Salud. 2017. Reglamento Sanitario de los Alimentos. Decreto N° 977/96. Santiago, Chile: Ministerio de Salud. 198p.
- Ministerio de Salud. 2019. Reglamento Sanitario de los Alimentos. Decreto N° 977/96. Santiago, Chile: Ministerio de Salud. 200p.
- Molina, D. 2009. Contenido de compuestos fitoquímicos y su relación con la capacidad antioxidante de extractos de Pimientos (*Capsicum annum* L.) cultivados en el Noroeste de México. Tesis de Magister, Facultad de Agronomía, Universidad de Sonora, México.
- Montoya, P., J. Toledo y E. Hernández (2020) Moscas de la Fruta: Fundamentos y Procedimientos para su Manejo. S y G editores, Ciudad de México. 1:301-331.
- OCDE-FAO. 2019. Perspectivas Agrícolas. Enfoue Especial: América Latina. Recuperado en <<http://www.fao.org/3/ca4076es/CA4076ES.pdf>> Consultado el: 20 de agosto del 2020.
- O'Donoghue E., D. Brummell, M. McKenzie, D. Hunter and R. Lill. 2017. Sweet capsicum: postharvest physiology and technologies. *New Zeland Journal of Crop and Horticultural science*. 10:1080.

Olivier, A. 2019. Estudio da eficácia antifúngica de sanitizantes para controle de fugos deteriorantes em indústrias alimentícias. Tesis da Magister, centro de Ciências Rurais, Universidad de Santa María, Brazil.

Ospina, S. y J. Cartagena. 2008 La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasillista de Investigación*, 5:15-24.

Ortiz A., J. Graell, and I. Lara. 2011. Preharvest calcium applications inhibit some cell wall-modifying enzyme activities and delay cell wall disassembly at commercial harvest of ‘Fuji Kiku-8’ apples. *Postharvest Biology and Technology*, 62:161-167.

Ortiz C., A. Vicente and A. Mauri. 2014. Combined use of physical treatments and edible coatings in fresh produce: moving beyond. *Stewart Postharvest Review*, 117:168-176.

Pacco, L. 2017. “Optimización del rendimiento de extracción del zumo de granadilla (*Passiflora ligularis*) aplicando temperaturas y enzima pectinolítica”. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohamann-Tacna. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Tacna Perú.

Pino, T. 2018 Pimientos para la industria de alimentos e ingredients. INIA, La Platina, Ministerio de Agricultura, Chile.

Qadri, O., B. Yousuf, and A. Srivastava. 2015. Fresh-cut fruits and vegetables: Critical factors influencing microbiology and novel approaches to prevent microbial risks - A review. *Cogent Food & Agriculture*, 1:112-116.

Rao, T., N. Gol and K. Shah. 2011. Effect of postharvest treatments and storage temperatures on the quality and shelf life of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). *Scientia Horticulturae*, 132:18-26.

Rodoni, L., A. Concellón, A. Chaves and A. Vicente. 2015. Tratamientos físicos para mantener la calidad y extender la vida poscosecha de pimientos (*Capsicum annum* L.) frescos cortados. *Investigación Joven*, 2:40-48.

Rodríguez, E. 2015. Consideraciones importantes en el uso de desinfectantes. Santiago, Chile: Instituto de Salud Pública. 38p.

Rotondo, R., I., Firpo, F., Drincovich, J., Ferratto y G., Polenta. 2007. Efecto de la temperatura y distintos envases sobre la calidad de pimiento (*Capsicum annum* L.) solo o mezclado con cebolla de verdeo (*Allium schoenoprasum* L.) minimamente procesados, 103:95-103

Ruiz, S. 2018. Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante in vitro del zumo de “pur pur” *Passiflora tripartita* var. *mollissima* (Passifloraceae). Universidad Nacional, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Trujillo, Perú

Sadzawka, A., M. Carrasco, R. Demanet, H. Flores, R. Grez, M. Mora y A. Neaman. 2007. Métodos de análisis de tejidos vegetales. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.

Schenk, M. 2010. Preservación de productos frutales mínimamente procesados mediante la aplicación de luz UV y su combinación con otras tecnologías emergentes. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires, Argentina.

Silveira, A., E. Aguayo, M. Chisari, and F. Artés. 2011. Calcium salts and heat treatment for quality retention of fresh-cut ‘Galia’ melon. *Postharvest Biology and Technology*, 62:77-84.

Singh, N., R. Singh, A. Bhunia and R. Strohshine. 2002. Effect of inoculation and washing methods on the efficacy of different sanitizers against *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce. *Food Microbiology*, 19:183-193.

Shechter, H. 1972. Spectrophotometric method for determination of ozone in aqueous solutions. *Water Research*, 7:729-739.

Soliva-Fortuny, R., G. Oms-Oliu and O. Martín-Belloso. 2002. Effects of ripness stages on the storage atmosphere, color and textural properties of minimally processed apple slices. *Journal of Food Science*, 67:1958-1963.

Son, K., J. Park, D. Kim and M. Oh. 2012. Leaf shape index, growth, and phytochemicals in two leaf lettuce cultivars grown under monochromatic light – emitting diodes. *Korean Journal Horticultural Science and Technology*. 30: 664-672.

Torres, R., E., Montes, O., Perez y R., Andrade. 2012. Influencia del Estado de Madurez sobre las Propiedades Viscoelásticas de Frutas Tropicales (Mango, Papaya y Plátano). *Información Tecnológica*, 23:115-124.

Tsegay, D., B., Tesfaye, A., Mohammed, H., Yirga and A., Bayleyegn. 2013. Effects of harvesting stage and storage duration on postharvest quality and shelf life of sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties under passive refrigeration system. *International Journal for Biotechnology and Molecular Biology Research*, 4:98-104.

Valladares, C. 2019. Efecto del ácido peracético y del envasado en atmósfera modificada sobre la Calidad y conservación de pimiento (*Capsicum annuum* L.) mínimamente procesado. Tesis de Magister, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Vandekinderen, I., F. Devlieghere, J. Van Camp, Q. Denon, S. Sánchez Alarcón, P. Ragaert and B. De Meulenaer. 2009. Impact of a decontamination step with peroxyacetic acid on the shelf-life, sensory quality and nutrient content of grated carrots packed under equilibrium modified atmosphere and stored at 7°C. *Postharvest Biology and Technology*, 54:141-152.

Velásquez, P. y J. Málaga. 2017. Implementación de un sistema automatizado de monitoreo y control de la tasa respiratoria en postcosecha de frutas. *Rev. Inv. UNSCH*, 25:1684-0089.

Vicente, A. 2004. “Efecto de tratamientos térmicos de alta temperatura sobre calidad y fisiología postcosecha de frutillas (*Fragaria x ananassa* Duch.)”. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Exactas, La Plata, Argentina.

Villena, P., L. Luchsinger, J. Obando, A. Hinojosa y V. Escalona. 2010. Efectos de diferentes sanitizantes en la calidad microbiológica de berros (*nasturtium Officinale* r. Br.) envasados en atmósfera modificada. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11:214-220.

Wang, Y., J. King, Z. Xu, J. Losso and A. Prudente. 2008. Lutein from ozone-treated com retains antimutagenic propietis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56:7942-7949.

Zoffoli, Z., B. Latorre, N. Daire y S. Viertel. 2005. Efectividad del dióxido de cloro, en función de la concentración, pH y tiempo de exposición, en el control de *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* y *Rhizopus stolonifer*. *Ciencia e Investigación Agraria*, 32:181-188.

## ANEXOS

**Anexo I:** criterios microbiológicos establecidos por el Ministerio de Salud para frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados, listos para el consumo

Parámetro	Categoría	Plan de muestreo			Límite por g (log UFC g <sup>-1</sup> )	
		Clases	n	c	m	M
RAM	6	3	5	1	4,7	5,7
Enterobacterias	6	3	5	1	3,7	4,7
<i>E. coli</i>	6	3	5	1	1	2
<i>S. aureus</i>	6	3	5	1	1	2
<i>Salmonella</i> en 25 g	10	2	5	0	0	-

n: Número de unidades de muestras a ser examinadas.

c: Número máximo de unidades de muestra que puede contener un número de microorganismos comprendidos entre “m” y “M”, para que se acepte el consumo del alimento.

m: Valor del parámetro microbiológico para el cual o por debajo del cual, el alimento no constituye un riesgo para la salud.

M: Valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

Grados de calidad y límites:

Acceptable: valores entre 0 y m.

Medianamente aceptable: Valores entre m y M.

Rechazable: Valores superiores a M.

Fuente: Reglamento Sanitario de los Alimentos (Ministerio de Salud, 2016).

**Anexo II:** Pauta de evaluación de calidad del panel para análisis sensorial

Nombre:.....Fecha:                    Salida:

Instrucciones:

Por favor, indique con una línea vertical la intensidad de su sensación para cada una de ellas.

Muestra N° \_\_\_\_

**1. Apariencia externa**

0	15
Muy mala	Muy buena

**2. Textura de la pulpa**

0	15
Muy blando	Muy firme

**3. Sabor de la pulpa a pimienta**

0	15
Leve	Intenso

**4. Color de la pulpa**

0	15
Muy verde	Muy amarillo

**5. Aroma característico a pimienta**

0	15
Ausente	Intenso

Comentarios: \_\_\_\_\_



## APÉNDICE 1

**Cuadro 1.** Evolución de la concentración gaseosa de O<sub>2</sub> en el interior de bolsas con pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.

Día 0	O <sub>2</sub> (%)				
	Día 1	Día 7	Día 19	Día 26	Día 51
aire: 21%					
nitro: 6,35%					
<sup>1</sup> ACAire5°C	21,00 ± 0,00 a	20,30 ± 0,00 a	20,37 ± 0,02 a	20,43 ± 0,02 a	20,37 ± 0,02 a
<sup>1</sup> ACNitro5°C	5,98 ± 0,26 c	12,73 ± 0,63 b	15,47 ± 0,12 b	16,30 ± 0,28 b	16,43 ± 0,47 b
<sup>1</sup> AFAire5°C	21,00 ± 0,00 a	20,30 ± 0,00 a	20,43 ± 0,02 a	20,50 ± 0,04 a	20,33 ± 0,02 a
<sup>1</sup> AFNitro5°C	7,46 ± 0,09 c	12,97 ± 0,35 b	15,27 ± 0,61 b	16,07 ± 0,27 b	17,03 ± 0,12 b
<sup>1</sup> ACAire10°C	21,00 ± 0,00 a	20,57 ± 0,02 a	20,40 ± 0,00 a	20,40 ± 0,00 a	20,20 ± 0,04 a
<sup>1</sup> ACNitro10°C	6,14 ± 0,12 b	12,07 ± 0,36 b	13,47 ± 0,28 c	13,43 ± 0,06 c	14,23 ± 1,71 c
<sup>1</sup> AFAire10°C	21,00 ± 0,00 a	20,50 ± 0,00 a	20,37 ± 0,02 a	20,27 ± 0,02 a	20,17 ± 0,05 a
<sup>1</sup> AFNitro10°C	5,84 ± 0,12 b	11,83 ± 0,06 b	13,67 ± 0,22 c	13,77 ± 0,25 c	13,90 ± 0,15 c
<sup>2</sup> AC	13,53 ± 0,09 <sup>NS</sup>	16,42 ± 0,25 <sup>NS</sup>	17,43 ± 0,11 <sup>NS</sup>	17,64 ± 0,09 <sup>NS</sup>	18,68 ± 0,56 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AF	13,83 ± 0,05 <sup>NS</sup>	16,40 ± 0,10 <sup>NS</sup>	17,43 ± 0,22 <sup>NS</sup>	17,65 ± 0,15 <sup>NS</sup>	17,86 ± 0,09 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> 5°C	13,86 ± 0,09 <sup>NS</sup>	16,58 ± 0,24 <sup>NS</sup>	17,88 ± 0,20*	18,33 ± 0,15*	18,54 ± 0,16*
<sup>2</sup> 10°C	13,49 ± 0,06 <sup>NS</sup>	16,24 ± 0,11 <sup>NS</sup>	16,98 ± 0,13*	16,97 ± 0,08*	18,00 ± 0,49*
<sup>2</sup> AM aire	21,00 ± 0,00*	20,42 ± 0,01*	20,39 ± 0,02*	20,40 ± 0,02*	20,27 ± 0,03*
<sup>2</sup> AM nitro	6,35 ± 0,15*	12,40 ± 0,35*	14,47 ± 0,31*	14,89 ± 0,22*	16,28 ± 0,61*
IT*Temp	NS	NS	NS	NS	NS
Temp*AM	NS	NS	*	*	*
IT*AM	NS	NS	NS	NS	NS
IT*Temp*AM	NS	NS	NS	NS	NS

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 4 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 16 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05). 3) Símbolo NS: no significativo (p ≥ 0,05) entre la interacción de los tratamientos. 4) Símbolo \*: significativo (p ≤ 0,05) entre la interacción de los tratamientos.

**Cuadro 2:** Evolución de la concentración gaseosa de CO<sub>2</sub> en el interior de bolsas con pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.

Día 0	CO <sub>2</sub> (%)				
	Día 1	Día 7	Día 19	Día 26	Día 51
aire: 0%					
nitro: 0%					
<sup>1</sup> ACAire5°C	0,50 ± 0,00 c	0,27 ± 0,02 d	0,40 ± 0,00 d	0,33 ± 0,02 c	0,30 ± 0,00 c
<sup>1</sup> ACNitro5°C	1,49 ± 0,03 b	1,53 ± 0,02 bc	1,17 ± 0,02 c	1,07 ± 0,18 b	1,07 ± 0,12 b
<sup>1</sup> AFAire5°C	0,50 ± 0,00 c	0,30 ± 0,00 d	0,37 ± 0,18 d	0,27 ± 0,02 c	0,30 ± 0,00 c
<sup>1</sup> AFNitro5°C	1,48 ± 0,01 a	1,40 ± 0,04 c	1,33 ± 0,10 bc	1,07 ± 0,06 b	0,97 ± 0,02 b
<sup>1</sup> ACAire10°C	0,50 ± 0,00 c	0,43 ± 0,02 d	0,40 ± 0,00 d	0,40 ± 0,00 c	0,40 ± 0,04 c
<sup>1</sup> ACNitro10°C	2,20 ± 0,04 b	1,67 ± 0,09 ab	1,50 ± 0,00 ab	1,60 ± 0,00 a	1,73 ± 0,08 a
<sup>1</sup> AFAire10°C	0,50 ± 0,00 c	0,43 ± 0,02 d	0,43 ± 0,02 d	0,43 ± 0,02 c	0,43 ± 0,02 c
<sup>1</sup> AFNitro10°C	2,27 ± 0,00 b	1,77 ± 0,10 a	1,53 ± 0,02 a	1,60 ± 0,07 a	1,63 ± 0,02 a
<sup>2</sup> AC	1,17 ± 0,02 <sup>NS</sup>	0,98 ± 0,04 <sup>NS</sup>	0,87 ± 0,01 <sup>NS</sup>	0,73 ± 0,05 <sup>NS</sup>	0,88 ± 0,06 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AF	1,19 ± 0,00 <sup>NS</sup>	0,98 ± 0,04 <sup>NS</sup>	1,05 ± 0,08 <sup>NS</sup>	0,84 ± 0,05 <sup>NS</sup>	0,83 ± 0,02 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> 5°C	0,99 ± 0,01*	0,88 ± 0,02*	0,95 ± 0,08*	0,57 ± 0,07*	0,66 ± 0,04*
<sup>2</sup> 10°C	1,37 ± 0,01*	1,08 ± 0,06*	0,97 ± 0,01*	1,01 ± 0,02*	1,05 ± 0,04*
<sup>2</sup> AM aire	0,50 ± 0,00*	0,36 ± 0,02*	0,53 ± 0,05*	0,36 ± 0,02*	0,36 ± 0,02*
<sup>2</sup> AM nitro	1,86 ± 0,02*	1,59 ± 0,07*	1,38 ± 0,04*	1,22 ± 0,08*	1,35 ± 0,06*
IT*Temp	NS	NS	NS	NS	NS
Temp*AM	*	NS	*	*	*
IT*AM	NS	NS	NS	NS	NS
IT*Temp*AM	NS	NS	NS	NS	NS

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 4 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 16 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05). 3) Símbolo NS: no significativo (p ≥ 0,05) entre la interacción de los tratamientos. 4) Símbolo \*: significativo (p ≤ 0,05) entre la interacción de los tratamientos.

**Cuadro 3:** Pérdida de peso en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.

PDP (%)				
Día 0	Día 7	Día 19	Día 26	Día 51
0%				
<sup>1</sup> ACAire5°C	0,25 ± 0,25 ab	0,50 ± 0,29 ab	0,33 ± 0,21 b	0,32 ± 0,11 b
<sup>1</sup> ACNitro5°C	0,00 ± 0,00 b	0,10 ± 0,10 b	0,61 ± 0,13 ab	0,39 ± 0,23 b
<sup>1</sup> AFAire5°C	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b	0,23 ± 0,23 b	0,34 ± 0,22 b
<sup>1</sup> AFNitro5°C	0,13 ± 0,12 ab	0,00 ± 0,00 b	0,55 ± 0,26 ab	0,44 ± 0,17 ab
<sup>1</sup> ACAire10°C	0,10 ± 0,10 ab	0,00 ± 0,00 b	0,96 ± 0,09 a	0,88 ± 0,19 ab
<sup>1</sup> ACNitro10°C	0,43 ± 0,00 a	0,42 ± 0,03 ab	0,42 ± 0,02 b	0,93 ± 0,09 a
<sup>1</sup> AFAire10°C	0,55 ± 0,09 a	0,25 ± 0,14 ab	0,55 ± 0,20 ab	0,52 ± 0,38 ab
<sup>1</sup> AFNitro10°C	0,09 ± 0,09 b	0,80 ± 0,47 a	0,68 ± 0,14 ab	0,83 ± 0,11 ab
<sup>2</sup> AC	0,20 ± 0,07 <sup>NS</sup>	0,27 ± 0,09 <sup>NS</sup>	0,58 ± 0,08 <sup>NS</sup>	0,66 ± 0,11 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AF	0,19 ± 0,07 <sup>NS</sup>	0,26 ± 0,14 <sup>NS</sup>	0,50 ± 0,10 <sup>NS</sup>	0,53 ± 0,12 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> 5°C	0,19 ± 0,07 <sup>NS</sup>	0,15 ± 0,08 <sup>NS</sup>	0,43 ± 0,10*	0,37 ± 0,08*
<sup>2</sup> 10°C	0,20 ± 0,06 <sup>NS</sup>	0,36 ± 0,13 <sup>NS</sup>	0,65 ± 0,08*	0,82 ± 0,11*
<sup>2</sup> AM aire	0,22 ± 0,08 <sup>NS</sup>	0,19 ± 0,09 <sup>NS</sup>	0,52 ± 0,11 <sup>NS</sup>	0,52 ± 0,12 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM nitrógeno	0,16 ± 0,05 <sup>NS</sup>	0,33 ± 0,13 <sup>NS</sup>	0,56 ± 0,07 <sup>NS</sup>	0,67 ± 0,10 <sup>NS</sup>
IT*Temp	NS	NS	NS	*
Temp*AM	NS	*	*	*
IT*AM	NS	NS	NS	NS
IT*Temp*AM	NS	NS	NS	NS

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 4 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 16 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05). 3) Símbolo NS: no significativo (p ≥ 0,05) entre la interacción de los tratamientos. 4) Símbolo \*: significativo (p ≤ 0,05) entre la interacción de los tratamientos.

**Cuadro 4:** Evolución del color en función de la luminosidad ( $L^*$ ) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.

$L^*$				
Día 0	Día 7 + 2	Día 19 + 2	Día 26 + 2	Día 51 + 2
24,01 ± 1,05				
<sup>1</sup> ACAire5°C	23,93 ± 0,86 a	23,62 ± 0,93 b	22,58 ± 0,23 a	22,51 ± 0,80 c
<sup>1</sup> ACNitro5°C	22,36 ± 0,85 a	22,21 ± 0,36 ab	21,85 ± 1,02 a	21,68 ± 1,24 bc
<sup>1</sup> AFAire5°C	22,20 ± 1,41 a	21,61 ± 1,37 ab	20,82 ± 1,52 a	21,09 ± 0,79 b
<sup>1</sup> AFNitro5°C	22,99 ± 1,18 a	21,50 ± 1,19 a	21,52 ± 0,30 a	20,86 ± 0,60 ab
<sup>1</sup> ACAire10°C	20,73 ± 1,29 a	18,99 ± 1,40 a	18,27 ± 1,19 a	17,35 ± 0,18 a
<sup>1</sup> ACNitro10°C	22,59 ± 0,48 a	22,26 ± 1,15 ab	22,10 ± 1,04 a	21,43 ± 1,13bc
<sup>1</sup> AFAire10°C	23,10 ± 1,38 a	22,54 ± 0,59 ab	21,85 ± 1,23 a	21,27 ± 1,11 b
<sup>1</sup> AFNitro10°C	22,35 ± 1,19 a	19,57 ± 0,79 a	17,54 ± 1,80 a	17,25 ± 1,70 a
<sup>2</sup> AC	22,40 ± 0,87 <sup>NS</sup>	21,77 ± 0,96 <sup>NS</sup>	21,20 ± 0,87 <sup>NS</sup>	20,74 ± 0,99 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AF	22,66 ± 1,29 <sup>NS</sup>	21,31 ± 0,98 <sup>NS</sup>	20,43 ± 1,21 <sup>NS</sup>	20,12 ± 1,05 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> 5°C	22,87 ± 1,08 <sup>NS</sup>	22,24 ± 0,96*	21,69 ± 0,77 <sup>NS</sup>	21,53 ± 0,86*
<sup>2</sup> 10°C	22,19 ± 1,09 <sup>NS</sup>	20,84 ± 0,98*	19,94 ± 1,31 <sup>NS</sup>	19,33 ± 1,18*
<sup>2</sup> AM aire	22,49 ± 1,23 <sup>NS</sup>	21,69 ± 1,07 <sup>NS</sup>	20,88 ± 1,04 <sup>NS</sup>	20,56 ± 0,87 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM nitrógeno	22,57 ± 0,93 <sup>NS</sup>	21,38 ± 0,87 <sup>NS</sup>	20,75 ± 1,04 <sup>NS</sup>	20,30 ± 1,17 <sup>NS</sup>
IT*Temp	NS	NS	NS	*
Temp*AM	NS	NS	NS	NS
IT*AM	NS	NS	NS	NS
IT*Temp*AM	NS	NS	NS	NS

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 4 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 16 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05). 3) Símbolo NS: no significativo (p ≥ 0,05) entre la interacción de los tratamientos. 4) Símbolo \*: significativo (p ≤ 0,05) entre la interacción de los tratamientos.

**Cuadro 5:** Evolución del color en función del Cromo (C\*) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.

C*				
Día 0	Día 7 + 2	Día 19 + 2	Día 26 + 2	Día 51 + 2
40,57 ± 1,28				
<sup>1</sup> ACAire5°C	35,07 ± 0,32 a	33,90 ± 0,73 a	33,86 ± 0,94 bc	33,37 ± 1,32 c
<sup>1</sup> ACNitro5°C	37,15 ± 0,55 a	32,48 ± 0,25 a	29,99 ± 0,82 b	27,57 ± 1,80 ab
<sup>1</sup> AFAire5°C	36,73 ± 0,93 a	29,59 ± 0,26 a	28,84 ± 1,17 ab	23,66 ± 0,87 a
<sup>1</sup> AFNitro5°C	35,40 ± 0,03 a	34,88 ± 0,50 a	28,95 ± 1,11 ab	24,24 ± 0,88 a
<sup>1</sup> ACAire10°C	35,46 ± 0,78 a	33,09 ± 1,17 a	32,07 ± 0,82 bc	30,75 ± 0,96 bc
<sup>1</sup> ACNitro10°C	36,58 ± 0,91 a	33,42 ± 0,57 a	30,99 ± 0,90 b	29,41 ± 0,57 b
<sup>1</sup> AFAire10°C	33,52 ± 0,49 a	32,49 ± 1,06 a	27,57 ± 0,99 ab	29,31 ± 0,32 b
<sup>1</sup> AFNitro10°C	34,24 ± 0,18 a	29,62 ± 0,62 a	26,46 ± 1,20 a	26,33 ± 1,30 ab
<sup>2</sup> AC	36,06 ± 0,64 <sup>NS</sup>	33,22 ± 0,68 <sup>NS</sup>	31,73 ± 0,87*	30,28 ± 1,16*
<sup>2</sup> AF	34,97 ± 0,41 <sup>NS</sup>	31,64 ± 0,61 <sup>NS</sup>	27,95 ± 1,12*	25,88 ± 0,84*
<sup>2</sup> 5°C	36,09 ± 0,46 <sup>NS</sup>	32,71 ± 0,43 <sup>NS</sup>	30,41 ± 1,01 <sup>NS</sup>	27,21 ± 1,22 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> 10°C	34,95 ± 0,59 <sup>NS</sup>	32,16 ± 0,86 <sup>NS</sup>	29,27 ± 0,98 <sup>NS</sup>	28,95 ± 0,79 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM aire	35,19 ± 0,63 <sup>NS</sup>	32,27 ± 0,81 <sup>NS</sup>	30,59 ± 0,98 <sup>NS</sup>	29,27 ± 0,87*
<sup>2</sup> AM nitrógeno	35,85 ± 0,42 <sup>NS</sup>	32,60 ± 0,48 <sup>NS</sup>	29,09 ± 1,01 <sup>NS</sup>	26,89 ± 1,14*
IT*Temp	NS	NS	NS	NS
Temp*AM	NS	NS	NS	NS
IT*AM	NS	NS	NS	*
IT*Temp*AM	NS	NS	NS	NS

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 4 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 16 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05). 3) Símbolo NS: no significativo (p ≥ 0,05) entre la interacción de los tratamientos. 4) Símbolo \*: significativo (p ≤ 0,05) entre la interacción de los tratamientos.

**Cuadro 6:** Evolución del color en función del Tono ( $H^*$ ) en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.

$H^*$				
Día 0	Día 7 + 2	Día 19 + 2	Día 26 + 2	Día 51 + 2
120,89 ± 1,50				
<sup>1</sup> ACAire5°C	117,15 ± 1,68 a	114,03 ± 0,95 a	113,96 ± 0,90 ab	114,30 ± 1,40 b
<sup>1</sup> ACNitro5°C	117,12 ± 0,75 a	115,12 ± 0,40 a	114,73 ± 0,65 b	113,90 ± 1,80 c
<sup>1</sup> AFAire5°C	118,83 ± 1,50 a	115,99 ± 0,70 a	112,77 ± 0,69 ab	113,27 ± 0,94 b
<sup>1</sup> AFNitro5°C	116,17 ± 1,42 a	112,64 ± 0,52 a	112,79 ± 1,01 ab	112,25 ± 0,54 ab
<sup>1</sup> ACAire10°C	119,89 ± 1,50 a	115,26 ± 1,00 a	114,65 ± 0,82 b	114,71 ± 2,00 c
<sup>1</sup> ACNitro10°C	116,21 ± 1,49 a	114,99 ± 1,23 a	113,50 ± 1,14 ab	113,09 ± 0,81 b
<sup>1</sup> AFAire10°C	118,36 ± 1,27 a	113,42 ± 0,54 a	112,50 ± 1,52 ab	111,61 ± 1,70 ab
<sup>1</sup> AFNitro10°C	114,99 ± 0,91 a	114,51 ± 1,49 a	108,89 ± 1,50 a	108,87 ± 1,50 a
<sup>2</sup> AC	117,59 ± 1,35 <sup>NS</sup>	114,85 ± 0,89 <sup>NS</sup>	114,21 ± 0,88*	114,00 ± 1,50*
<sup>2</sup> AF	117,09 ± 1,27 <sup>NS</sup>	114,14 ± 0,81 <sup>NS</sup>	111,74 ± 1,81*	111,50 ± 1,17*
<sup>2</sup> 5°C	117,32 ± 1,34 <sup>NS</sup>	114,44 ± 0,64 <sup>NS</sup>	113,56 ± 0,81*	113,43 ± 1,17*
<sup>2</sup> 10°C	117,36 ± 1,29 <sup>NS</sup>	114,55 ± 1,07 <sup>NS</sup>	112,39 ± 1,25*	112,07 ± 1,50*
<sup>2</sup> AM Aire	118,56 ± 1,49 <sup>NS</sup>	114,67 ± 0,79 <sup>NS</sup>	113,47 ± 0,98 <sup>NS</sup>	113,22 ± 1,51 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM Nitrógeno	116,12 ± 1,14 <sup>NS</sup>	114,32 ± 0,91 <sup>NS</sup>	112,48 ± 1,08 <sup>NS</sup>	112,28 ± 1,16 <sup>NS</sup>
IT*Temp	NS	NS	*	*
Temp*AM	NS	NS	NS	NS
IT*AM	NS	NS	NS	NS
IT*Temp*AM	NS	NS	*	*

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 4 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 16 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher ( $p \leq 0,05$ ). 3) Símbolo NS: no significativo ( $p \geq 0,05$ ) entre la interacción de los tratamientos. 4) Símbolo \*: significativo ( $p \leq 0,05$ ) entre la interacción de los tratamientos.

**Cuadro 7:** Firmeza de almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.

Firmeza (N)				
Día 0	Día 7 + 2	Día 19 + 2	Día 26 + 2	Día 51 + 2
12, 13 ± 0,36				
<sup>1</sup> ACAire5°C	11,82 ± 0,29 a	11,29 ± 0,20 a	10,84 ± 0,17 a	10,76 ± 0,29 ab
<sup>1</sup> ACNitro5°C	11,84 ± 0,18 a	10,81 ± 0,23 ab	10,70 ± 0,24 a	10,29 ± 0,65 a
<sup>1</sup> AFAire5°C	10,95 ± 0,44 a	10,56 ± 0,26 ab	10,40 ± 0,13 ab	9,66 ± 0,09 bc
<sup>1</sup> AFNitro5°C	11,13 ± 0,10 a	10,85 ± 0,42 ab	10,39 ± 0,33 ab	9,45 ± 0,26 abc
<sup>1</sup> ACAire10°C	10,72 ± 0,40 a	10,58 ± 0,20 ab	10,53 ± 0,30 ab	10,59 ± 0,44 a
<sup>1</sup> ACNitro10°C	11,20 ± 0,22 a	9,94 ± 0,16 b	9,94 ± 0,15 ab	9,89 ± 0,19 abc
<sup>1</sup> AFAire10°C	10,81 ± 0,38 a	10,45 ± 0,25 ab	9,72 ± 0,13 b	9,37 ± 0,12 c
<sup>1</sup> AFNitro10°C	10,44 ± 0,43 a	10,36 ± 0,18 ab	9,68 ± 0,18 b	9,22 ± 0,28 ab
<sup>2</sup> AC	11,40 ± 0,27 <sup>NS</sup>	10,66 ± 0,26 <sup>NS</sup>	10,50 ± 0,21 <sup>NS</sup>	10,38 ± 0,39*
<sup>2</sup> AF	10,83 ± 0,34 <sup>NS</sup>	10,56 ± 0,28 <sup>NS</sup>	10,05 ± 0,19 <sup>NS</sup>	9,43 ± 0,19*
<sup>2</sup> 5°C	11,44 ± 0,25 <sup>NS</sup>	10,88 ± 0,28 <sup>NS</sup>	10,58 ± 0,22*	10,04 ± 0,32*
<sup>2</sup> 10°C	10,79 ± 0,36 <sup>NS</sup>	10,33 ± 0,20 <sup>NS</sup>	9,97 ± 0,19*	9,77 ± 0,26*
<sup>2</sup> AM aire	11,08 ± 0,38 <sup>NS</sup>	10,72 ± 0,23 <sup>NS</sup>	10,37 ± 0,18 <sup>NS</sup>	10,10 ± 0,23 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM nitrógeno	11,15 ± 0,23 <sup>NS</sup>	10,49 ± 0,25 <sup>NS</sup>	10,18 ± 0,22 <sup>NS</sup>	9,71 ± 0,34 <sup>NS</sup>
IT*Temp	NS	NS	NS	*
Temp*AM	NS	NS	NS	*
IT*AM	NS	NS	NS	NS
IT*Temp*AM	NS	NS	NS	NS

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 4 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 16 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05). 3) Símbolo NS: no significativo (p ≥ 0,05) entre la interacción de los tratamientos. 4) Símbolo \*: significativo (p ≤ 0,05) entre la interacción de los tratamientos.

**Cuadro 8:** Sólidos solubles en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.

Sólidos solubles (%)				
Día 0	Día 7 + 2	Día 19 + 2	Día 26 + 2	Día 51 + 2
4,30 ± 0,08				
<sup>1</sup> ACAire5°C	4,33 ± 0,33 ab	3,33 ± 0,18 bc	4,13 ± 0,18 a	4,10 ± 0,18 a
<sup>1</sup> ACNitro5°C	4,07 ± 0,07 b	3,93 ± 0,07 a	4,37 ± 0,35 a	4,00 ± 0,13 a
<sup>1</sup> AFAire5°C	3,33 ± 0,33 c	3,73 ± 0,29 abc	4,27 ± 0,37 a	3,00 ± 0,18 c
<sup>1</sup> AFNitro5°C	4,67 ± 0,33 a	3,27 ± 0,07 bc	4,33 ± 0,33 a	2,80 ± 0,35 c
<sup>1</sup> ACAire10°C	4,33 ± 0,33 ab	3,73 ± 0,18 abc	4,13 ± 0,07 a	3,60 ± 0,18 b
<sup>1</sup> ACNitro10°C	5,33 ± 0,33 a	3,67 ± 0,13 abc	4,60 ± 0,31 a	4,20 ± 0,07 a
<sup>1</sup> AFAire10°C	3,63 ± 0,22 bc	3,80 ± 0,31 ab	4,03 ± 0,38 a	4,00 ± 0,07 a
<sup>1</sup> AFNitro10°C	3,60 ± 0,10 bc	3,20 ± 0,12 c	4,07 ± 0,18 a	4,00 ± 0,12 a
<sup>2</sup> AC	4,52 ± 0,27*	3,50 ± 0,14 <sup>NS</sup>	4,31 ± 0,22 <sup>NS</sup>	3,97 ± 0,14*
<sup>2</sup> AF	3,81 ± 0,25*	3,67 ± 0,19 <sup>NS</sup>	4,18 ± 0,32 <sup>NS</sup>	3,45 ± 0,18*
<sup>2</sup> 5°C	4,10 ± 0,27 <sup>NS</sup>	3,57 ± 0,15 <sup>NS</sup>	4,28 ± 0,31 <sup>NS</sup>	3,47 ± 0,21*
<sup>2</sup> 10°C	4,23 ± 0,25 <sup>NS</sup>	3,60 ± 0,18 <sup>NS</sup>	4,21 ± 0,23 <sup>NS</sup>	3,95 ± 0,11*
<sup>2</sup> AM aire	3,91 ± 0,21*	3,65 ± 0,10 <sup>NS</sup>	4,14 ± 0,29 <sup>NS</sup>	3,68 ± 0,17 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM nitrógeno	4,42 ± 0,30*	3,52 ± 0,24 <sup>NS</sup>	4,34 ± 0,25 <sup>NS</sup>	3,75 ± 0,15 <sup>NS</sup>
IT*Temp	NS	NS	NS	*
Temp*AM	NS	NS	NS	*
IT*AM	*	NS	NS	*
IT*Temp*AM	*	NS	NS	*

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 4 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 16 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05). 3) Símbolo NS: no significativo (p ≥ 0,05) entre la interacción de los tratamientos. 4) Símbolo \*: significativo (p ≤ 0,05) entre la interacción de los tratamientos.



**Cuadro 9:** Acidez titulable en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.

<b>Acidez titulable (%)</b>				
<b>Día 0</b>	<b>Día 7 + 2</b>	<b>Día 19 + 2</b>	<b>Día 26 + 2</b>	<b>Día 51 + 2</b>
0,13 ± 0,01				
<sup>1</sup> ACAire5°C	0,11 ± 0,01 b	0,08 ± 0,01 ab	0,08 ± 0,00 bc	0,05 ± 0,01 bc
<sup>1</sup> ACNitro5°C	0,13 ± 0,00 a	0,07 ± 0,01 b	0,07 ± 0,01 bc	0,06 ± 0,01 abc
<sup>1</sup> AFAire5°C	0,12 ± 0,00 ab	0,09 ± 0,01 ab	0,10 ± 0,01 a	0,07 ± 0,01 ab
<sup>1</sup> AFNitro5°C	0,12 ± 0,00 b	0,11 ± 0,02 a	0,08 ± 0,01 bc	0,04 ± 0,00 c
<sup>1</sup> ACAire10°C	0,10 ± 0,00 c	0,08 ± 0,01 ab	0,07 ± 0,00 c	0,06 ± 0,00 abc
<sup>1</sup> ACNitro10°C	0,10 ± 0,00 bc	0,09 ± 0,00 ab	0,08 ± 0,02 bc	0,06 ± 0,00 abc
<sup>1</sup> AFAire10°C	0,15 ± 0,01 a	0,10 ± 0,02 a	0,10 ± 0,01 ab	0,08 ± 0,01 a
<sup>1</sup> AFNitro10°C	0,10 ± 0,00 c	0,10 ± 0,01 a	0,08 ± 0,01 bc	0,08 ± 0,02 a
<sup>2</sup> AC	0,11 ± 0,01*	0,08 ± 0,01*	0,07 ± 0,01*	0,06 ± 0,01 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AF	0,12 ± 0,01*	0,10 ± 0,01*	0,09 ± 0,01*	0,07 ± 0,01 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> 5°C	0,12 ± 0,01 <sup>NS</sup>	0,09 ± 0,01 <sup>NS</sup>	0,08 ± 0,01 <sup>NS</sup>	0,06 ± 0,01 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> 10°C	0,11 ± 0,01 <sup>NS</sup>	0,09 ± 0,01 <sup>NS</sup>	0,08 ± 0,00 <sup>NS</sup>	0,07 ± 0,01 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM aire	0,12 ± 0,01 <sup>NS</sup>	0,09 ± 0,01 <sup>NS</sup>	0,08 ± 0,01 <sup>NS</sup>	0,07 ± 0,01 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM nitrógeno	0,11 ± 0,01 <sup>NS</sup>	0,09 ± 0,01 <sup>NS</sup>	0,08 ± 0,01 <sup>NS</sup>	0,06 ± 0,01 <sup>NS</sup>
IT*Temp	NS	NS	NS	NS
Temp*AM	NS	NS	NS	NS
IT*AM	NS	NS	NS	NS
IT*Temp*AM	NS	NS	NS	NS

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 4 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 16 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05). 3) Símbolo NS: no significativo (p ≥ 0,05) entre la interacción de los tratamientos. 4) Símbolo \*: significativo (p ≤ 0,05) entre la interacción de los tratamientos.

**Cuadro 10:** Concentración de calcio total en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire

<b>Calcio total (g calcio/100 g PF)</b>				
<b>Día 0</b>	<b>Día 7 + 2</b>	<b>Día 19 + 2</b>	<b>Día 26 + 2</b>	<b>Día 51 + 2</b>
0,011 ± 0,000				
<sup>1</sup> ACAire5°C	0,012 ± 0,001 a	0,012 ± 0,002 a	0,012 ± 0,002 a	0,010 ± 0,001 a
<sup>1</sup> ACNitro5°C	0,010 ± 0,000 a	0,010 ± 0,001 a	0,012 ± 0,000 a	0,009 ± 0,000 a
<sup>1</sup> AFAire5°C	0,012 ± 0,001 a	0,010 ± 0,001 a	0,011 ± 0,001 a	0,010 ± 0,001 a
<sup>1</sup> AFNitro5°C	0,013 ± 0,002 a	0,011 ± 0,001 a	0,010 ± 0,001 a	0,011 ± 0,000 a
<sup>1</sup> ACAire10°C	0,011 ± 0,003 a	0,011 ± 0,001 a	0,009 ± 0,001 a	0,011 ± 0,000 a
<sup>1</sup> ACNitro10°C	0,009 ± 0,000 a	0,011 ± 0,000 a	0,011 ± 0,001 a	0,010 ± 0,001 a
<sup>1</sup> AFAire10°C	0,010 ± 0,000 a	0,012 ± 0,000 a	0,008 ± 0,001 a	0,009 ± 0,000 a
<sup>1</sup> AFNitro10°C	0,009 ± 0,000 a	0,008 ± 0,001 a	0,010 ± 0,001 a	0,011 ± 0,000 a
<sup>2</sup> AC	0,011 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,011 ± 0,004 <sup>NS</sup>	0,011 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,010 ± 0,001 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AF	0,011 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,010 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,010 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,010 ± 0,000 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> 5°C	0,012 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,011 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,011 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,010 ± 0,001 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> 10°C	0,010 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,010 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,009 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,010 ± 0,000 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM aire	0,011 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,011 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,010 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,010 ± 0,000 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM nitrógeno	1,010 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,010 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,011 ± 0,001 <sup>NS</sup>	0,010 ± 0,000 <sup>NS</sup>
IT*Temp	NS	NS	NS	NS
Temp*AM	NS	NS	NS	NS
IT*AM	NS	NS	NS	NS
IT*Temp*AM	NS	NS	NS	NS

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 4 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 16 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05). 3) Símbolo NS: no significativo (p ≥ 0,05) entre la interacción de los tratamientos. 4) Símbolo \*: significativo (p ≤ 0,05) entre la interacción de los tratamientos.

**Cuadro 11a.** Análisis sensorial en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.

<b>Análisis sensorial Día 26 + 2</b>					
	<b>Apariencia Pulpa</b>	<b>Textura Pulpa</b>	<b>Sabor Pulpa</b>	<b>Color Pulpa</b>	<b>Aroma Característico</b>
<sup>1</sup> ACAire5°C	12,67 ± 0,44 a	13,50 ± 0,29 a	10,00 ± 0,76 bc	9,33 ± 1,17 a	9,50 ± 1,00 a
<sup>1</sup> ACNitro5°C	13,00 ± 0,58 a	13,50 ± 0,29 a	11,67 ± 1,45 abc	9,50 ± 1,04 a	9,00 ± 1,00 a
<sup>1</sup> AFAire5°C	10,33 ± 1,64 bc	12,00 ± 0,58 b	13,00 ± 0,87 ab	8,83 ± 0,83 a	8,67 ± 1,17 a
<sup>1</sup> AFNitro5°C	12,17 ± 0,44 ab	10,67 ± 0,17 bc	11,67 ± 1,45 abc	9,50 ± 0,58 a	8,67 ± 1,48 a
<sup>1</sup> ACAire10°C	10,33 ± 0,44 b	12,67 ± 0,44 ab	9,50 ± 1,44 c	10,83 ± 1,30 a	9,00 ± 1,04 a
<sup>1</sup> ACNitro10°C	11,67 ± 0,17 ab	11,50 ± 0,58 bc	14,00 ± 0,29 a	10,50 ± 0,87 a	7,00 ± 1,04 a
<sup>1</sup> AFAire10°C	9,17 ± 0,33 c	9,83 ± 0,17 c	10,00 ± 0,58 bc	9,00 ± 1,75 a	7,50 ± 1,53 a
<sup>1</sup> AFNitro10°C	9,67 ± 0,60 c	10,17 ± 0,44 c	10,67 ± 0,88 bc	8,17 ± 0,17 a	9,50 ± 1,15 a
<sup>2</sup> AC	11,92 ± 0,41*	12,79 ± 0,40*	11,29 ± 0,99 <sup>NS</sup>	10,04 ± 1,09 <sup>NS</sup>	8,63 ± 1,02 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AF	10,33 ± 0,75*	10,67 ± 0,34*	11,33 ± 0,94 <sup>NS</sup>	8,88 ± 0,83 <sup>NS</sup>	8,58 ± 1,33 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> 5°C	12,04 ± 0,78*	12,42 ± 0,33*	11,58 ± 1,13 <sup>NS</sup>	9,29 ± 0,90 <sup>NS</sup>	8,96 ± 1,16 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> 10°C	10,21 ± 0,39*	11,04 ± 0,41*	11,04 ± 0,80 <sup>NS</sup>	9,63 ± 1,02 <sup>NS</sup>	8,25 ± 1,19 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM Aire	10,63 ± 0,71 <sup>NS</sup>	12,00 ± 0,37 <sup>NS</sup>	10,63 ± 0,91 <sup>NS</sup>	9,50 ± 1,26 <sup>NS</sup>	8,67 ± 1,18 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM Nitrógeno	11,63 ± 0,45 <sup>NS</sup>	11,46 ± 0,37 <sup>NS</sup>	12,00 ± 1,02 <sup>NS</sup>	9,42 ± 0,66 <sup>NS</sup>	8,54 ± 1,17 <sup>NS</sup>
IT*Temp	*	NS	NS	NS	NS
Temp*AM	NS	NS	NS	NS	NS
IT*AM	NS	NS	NS	NS	NS
IT*Temp*AM	NS	*	NS	NS	NS

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 24). 2) Símbolo \*: interacción significativa entre tratamientos (p ≤ 0,05). 3) Símbolo NS: no significativo (p ≥ 0,05) entre la interacción de los tratamientos. 4) Escala hedónica donde 1 = inaceptable, 7,5 = aceptable (límite de comercialización) y 15 = excelente

**Cuadro 11b.** Análisis sensorial en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.

<b>Análisis sensorial Día 51 + 2</b>					
	<b>Apariencia Pulpa</b>	<b>Textura Pulpa</b>	<b>Sabor Pulpa</b>	<b>Color Pulpa</b>	<b>Aroma Característico</b>
<sup>1</sup> ACAire5°C	7,60 ± 0,21 bc	9,33 ± 0,60 a	9,00 ± 0,76 bc	8,00 ± 1,44 a	9,00 ± 1,00 a
<sup>1</sup> ACNitro5°C	8,50 ± 0,29 ab	8,17 ± 0,73 ab	10,50 ± 1,61 abc	8,17 ± 1,30 a	8,50 ± 1,00 a
<sup>1</sup> AFAire5°C	7,67 ± 1,59 abc	8,33 ± 1,20 ab	12,00 ± 0,87 ab	7,17 ± 0,44 a	8,17 ± 1,17 a
<sup>1</sup> AFNitro5°C	8,67 ± 0,67 ab	7,50 ± 0,29 ab	10,50 ± 1,61 abc	7,83 ± 0,17 a	8,17 ± 1,48 a
<sup>1</sup> ACAire10°C	10,00 ± 0,50 a	9,17 ± 0,44 a	8,33 ± 1,45 c	9,67 ± 1,45 a	8,50 ± 1,04 a
<sup>1</sup> ACNitro10°C	9,83 ± 0,73 a	8,17 ± 0,60 ab	13,00 ± 0,29 a	9,50 ± 0,87 a	6,50 ± 1,04 a
<sup>1</sup> AFAire10°C	6,17 ± 0,17 c	6,50 ± 0,29 b	9,00 ± 0,58 bc	7,33 ± 1,64 a	7,00 ± 1,53 a
<sup>1</sup> AFNitro10°C	6,50 ± 0,58 bc	7,00 ± 0,29 b	9,67 ± 0,88 bc	7,17 ± 0,17 a	9,00 ± 1,15 a
<sup>2</sup> AC	8,98 ± 0,43*	8,71 ± 0,59*	10,21 ± 1,03 <sup>NS</sup>	8,83 ± 1,27 <sup>NS</sup>	8,13 ± 1,02 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AF	7,25 ± 0,75*	7,33 ± 0,52*	10,29 ± 0,98 <sup>NS</sup>	7,38 ± 0,60 <sup>NS</sup>	8,08 ± 1,33 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> 5°C	8,13 ± 0,69 <sup>NS</sup>	8,33 ± 0,70 <sup>NS</sup>	10,50 ± 1,21 <sup>NS</sup>	7,79 ± 0,84 <sup>NS</sup>	8,46 ± 1,16 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> 10°C	8,11 ± 0,49 <sup>NS</sup>	7,71 ± 0,40 <sup>NS</sup>	10,00 ± 0,80 <sup>NS</sup>	8,42 ± 1,03 <sup>NS</sup>	7,75 ± 1,19 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM Aire	7,86 ± 0,62 <sup>NS</sup>	8,33 ± 0,63 <sup>NS</sup>	9,58 ± 0,92 <sup>NS</sup>	8,04 ± 1,24 <sup>NS</sup>	8,17 ± 1,18 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM Nitrógeno	8,38 ± 0,56 <sup>NS</sup>	7,71 ± 0,48 <sup>NS</sup>	10,92 ± 1,10 <sup>NS</sup>	8,17 ± 0,63 <sup>NS</sup>	8,04 ± 1,17 <sup>NS</sup>
IT*Temp	*	NS	NS	NS	NS
Temp*AM	NS	NS	NS	NS	NS
IT*AM	NS	NS	NS	NS	NS
IT*Temp*AM	NS	NS	NS	NS	NS

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 24). 2) Símbolo \*: interacción significativa entre tratamientos (p ≤ 0,05). 3) Símbolo NS: no significativo (p ≥ 0,05) entre la interacción de los tratamientos. 4) Escala hedónica donde 1 = inaceptable, 7,5 = aceptable (límite de comercialización) y 15 = excelente.

**Cuadro 12:** Concentración de fenoles totales en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.

<b>Fenoles totales (µgEAG/g PF)</b>				
<b>Día 0</b>	<b>Día 7 + 2</b>	<b>Día 19 + 2</b>	<b>Día 26 + 2</b>	<b>Día 51 + 2</b>
191,67 ± 22,14				
<sup>1</sup> ACAire5°C	244,75 ± 48,36 a	309,88 ± 22,86 a	796,60 ± 41,62 a	265,12 ± 110,37 bc
<sup>1</sup> ACNitro5°C	227,16 ± 28,09 a	300,00 ± 11,57 a	503,70 ± 65,80 ab	219,75 ± 87,07 bc
<sup>1</sup> AFAire5°C	216,67 ± 21,42 a	495,99 ± 36,22 a	392,90 ± 19,50 bc	144,44 ± 31,76 c
<sup>1</sup> AFNitro5°C	170,83 ± 10,77 a	365,74 ± 23,42 a	444,44 ± 90,59 b	349,38 ± 84,00 bc
<sup>1</sup> ACAire10°C	235,19 ± 2,27 a	498,15 ± 41,71 a	505,56 ± 67,86 ab	674,69 ± 95,65 a
<sup>1</sup> ACNitro10°C	223,61 ± 17,58 a	478,40 ± 105,69 a	369,14 ± 41,94 bc	459,88 ± 87,07 ab
<sup>1</sup> AFAire10°C	191,67 ± 26,19 a	449,69 ± 87,67 a	393,52 ± 57,30 bc	452,78 ± 24,00 ab
<sup>1</sup> AFNitro10°C	188,38 ± 17,20 a	333,64 ± 32,54 a	382,41 ± 17,65 bc	450,31 ± 14,33 ab
<sup>2</sup> AC	232,68 ± 24,07 <sup>NS</sup>	396,60 ± 45,46 <sup>NS</sup>	543,75 ± 54,31*	404,86 ± 95,04 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AF	194,64 ± 18,90 <sup>NS</sup>	411,27 ± 44,96 <sup>NS</sup>	403,32 ± 46,26*	349,23 ± 38,52 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> 5°C	214,85 ± 27,16 <sup>NS</sup>	367,90 ± 23,52 <sup>NS</sup>	534,41 ± 54,38*	244,68 ± 78,30*
<sup>2</sup> 10°C	212,46 ± 15,81 <sup>NS</sup>	439,97 ± 66,90 <sup>NS</sup>	412,65 ± 46,19*	509,41 ± 55,26*
<sup>2</sup> AM aire	222,07 ± 24,56 <sup>NS</sup>	438,43 ± 47,12 <sup>NS</sup>	522,15 ± 46,57 <sup>NS</sup>	384,26 ± 65,45 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM nitrógeno	205,25 ± 18,41 <sup>NS</sup>	369,44 ± 43,30 <sup>NS</sup>	424,92 ± 54,00 <sup>NS</sup>	369,83 ± 68,12 <sup>NS</sup>
IT*Temp	NS	NS	NS	NS
Temp*AM	NS	NS	NS	NS
IT*AM	NS	NS	*	NS
IT*Temp*AM	NS	NS	NS	NS

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 4 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 16 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05). 3) Símbolo NS: no significativo (p ≥ 0,05) entre la interacción de los tratamientos. 4) Símbolo \*: significativo (p ≤ 0,05) entre la interacción de los tratamientos.

**Cuadro 13:** Capacidad antioxidante con método de FRAP en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.

	FRAP (µgET/g PF)				
	Día 0	Día 7 + 2	Día 19 + 2	Día 26 + 2	Día 51 + 2
	342,16 ± 37,32				
<sup>1</sup> ACAire5°C		456,06 ± 65,51 a	653,71 ± 50,46 a	1044,07 ± 15,10 ab	430,49 ± 90,30 b
<sup>1</sup> ACNitro5°C		327,42 ± 55,99 a	674,84 ± 18,33 a	1050,25 ± 118,65 ab	573,09 ± 88,97 ab
<sup>1</sup> AFAire5°C		429,30 ± 38,68 a	733,05 ± 48,74 a	759,51 ± 75,66 bc	477,41 ± 45,99 b
<sup>1</sup> AFNitro5°C		414,74 ± 25,36 a	704,88 ± 161,56 a	1025,56 ± 121,64 ab	681,73 ± 84,91 ab
<sup>1</sup> ACAire10°C		453,71 ± 72,99 a	608,64 ± 82,55 a	1160,12 ± 70,50 a	721,23 ± 77,51 ab
<sup>1</sup> ACNitro10°C		375,77 ± 20,98 a	668,26 ± 93,44 a	646,54 ± 21,45 c	979,88 ± 88,97 a
<sup>1</sup> AFAire10°C		362,16 ± 59,71 a	664,04 ± 52,45 a	960,74 ± 50,15 ab	778,64 ± 89,09 ab
<sup>1</sup> AFNitro10°C		402,54 ± 58,05 a	595,02 ± 60,37 a	697,16 ± 11,72 bc	757,65 ± 91,99 ab
<sup>2</sup> AC		403,24 ± 53,87 <sup>NS</sup>	651,36 ± 61,19 <sup>NS</sup>	975,25 ± 56,43 <sup>NS</sup>	676,17 ± 86,44 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AF		402,18 ± 45,45 <sup>NS</sup>	674,25 ± 80,78 <sup>NS</sup>	860,74 ± 64,79 <sup>NS</sup>	673,86 ± 77,99 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> 5°C		406,88 ± 46,38 <sup>NS</sup>	691,62 ± 69,77 <sup>NS</sup>	969,85 ± 82,76*	540,68 ± 77,54*
<sup>2</sup> 10°C		398,54 ± 52,93 <sup>NS</sup>	633,99 ± 72,20 <sup>NS</sup>	866,14 ± 38,46*	809,35 ± 86,89*
<sup>2</sup> AM aire		425,31 ± 59,22 <sup>NS</sup>	664,86 ± 58,55 <sup>NS</sup>	981,11 ± 52,85 <sup>NS</sup>	601,94 ± 75,72 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM nitrógeno		380,12 ± 40,10 <sup>NS</sup>	660,75 ± 83,42 <sup>NS</sup>	854,88 ± 68,37 <sup>NS</sup>	748,09 ± 88,71 <sup>NS</sup>
IT*Temp	NS	NS	NS	NS	NS
Temp*AM	NS	NS	NS	*	NS
IT*AM	NS	NS	NS	NS	NS
IT*Temp*AM	NS	NS	NS	NS	NS

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 4 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 16 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05). 3) Símbolo NS: no significativo (p ≥ 0,05) entre la interacción de los tratamientos. 4) Símbolo \*: significativo (p ≤ 0,05) entre la interacción de los tratamientos.

**Cuadro 14:** Capacidad antioxidante con método de DPPH en pimientos almacenados durante 51 días a 5 y 10 °C + 2 días de simulación comercial a 15 °C. Los pimientos fueron previamente tratados por inmersión térmica y las atmósferas iniciales en las bolsas fueron AM nitrógeno y de aire.

<b>DPPH (µgET/g PF)</b>				
<b>Día 0</b>	<b>Día 7 + 2</b>	<b>Día 19 + 2</b>	<b>Día 26 + 2</b>	<b>Día 51 + 2</b>
284,32 ± 21,49				
<sup>1</sup> ACAire5°C	374,89 ± 80,36 a	404,55 ± 41,09 a	917,75 ± 8,39 a	921,65 ± 8,02 a
<sup>1</sup> ACNitro5°C	233,98 ± 6,99 a	399,78 ± 16,10 a	910,61 ± 11,80 a	912,34 ± 4,71 a
<sup>1</sup> AFAire5°C	323,59 ± 28,70 a	473,59 ± 49,93 a	906,06 ± 6,36 a	857,14 ± 25,28 b
<sup>1</sup> AFNitro5°C	326,19 ± 2,25 a	417,10 ± 65,68 a	826,84 ± 14,58 b	826,41 ± 5,74 b
<sup>1</sup> ACAire10°C	350,43 ± 51,17 a	424,68 ± 46,50 a	920,35 ± 7,57 a	942,42 ± 5,15 a
<sup>1</sup> ACNitro10°C	383,55 ± 40,35 a	387,88 ± 32,06 a	903,90 ± 3,91 a	913,85 ± 4,71 a
<sup>1</sup> AFAire10°C	316,67 ± 27,70 a	437,23 ± 36,68 a	909,52 ± 10,75 a	911,47 ± 6,82 a
<sup>1</sup> AFNitro10°C	314,29 ± 17,22 a	337,66 ± 24,18 a	838,31 ± 4,27 b	829,00 ± 6,54 b
<sup>2</sup> AC	335,71 ± 44,72 <sup>NS</sup>	404,22 ± 33,94 <sup>NS</sup>	913,15 ± 7,92*	922,56 ± 5,65*
<sup>2</sup> AF	320,18 ± 18,97 <sup>NS</sup>	416,40 ± 44,12 <sup>NS</sup>	870,18 ± 8,99*	856,01 ± 11,09*
<sup>2</sup> 5°C	314,66 ± 29,57 <sup>NS</sup>	423,76 ± 43,20 <sup>NS</sup>	890,31 ± 10,28 <sup>NS</sup>	879,38 ± 10,94 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> 10°C	341,23 ± 34,11 <sup>NS</sup>	396,86 ± 34,85 <sup>NS</sup>	893,02 ± 6,62 <sup>NS</sup>	899,19 ± 5,80 <sup>NS</sup>
<sup>2</sup> AM aire	341,40 ± 46,98 <sup>NS</sup>	435,01 ± 43,55 <sup>NS</sup>	913,42 ± 8,27*	908,17 ± 11,32*
<sup>2</sup> AM nitrógeno	314,50 ± 16,70 <sup>NS</sup>	385,61 ± 34,51 <sup>NS</sup>	869,91 ± 8,64*	870,40 ± 5,43*
IT*Temp	NS	NS	NS	NS
Temp*AM	NS	NS	NS	NS
IT*AM	NS	NS	*	NS
IT*Temp*AM	NS	NS	NS	NS

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 4 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 16 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05). 3) Símbolo NS: no significativo (p ≥ 0,05) entre la interacción de los tratamientos. 4) Símbolo \*: significativo (p ≤ 0,05) entre la interacción de los tratamientos.

## APÉNDICE 2

**Cuadro 1:** Evolución en la concentración de O<sub>2</sub> presente en bolsas de pimientos cortados y almacenados durante 14 días a 5 °C tratados con diferentes sanitizantes y concentraciones.

O <sub>2</sub> (%)				
Día 0 6 % O <sub>2</sub>	Día 3	Día 7	Día 10	Día 14
CS1	5,95 ± 0,14 b	10,53 ± 0,21 b	1,73 ± 0,71 b	0,18 ± 0,08 a
CS2	7,63 ± 0,28 c	10,48 ± 0,25 b	1,03 ± 0,23 b	0,18 ± 0,03 a
AP1	8,45 ± 0,10 cd	10,70 ± 0,12 b	1,65 ± 0,09 b	0,38 ± 0,09 a
AP2	8,88 ± 0,43 cd	10,68 ± 0,46 b	2,25 ± 0,10 b	0,33 ± 0,05 a
DC1	6,70 ± 0,07 c	9,63 ± 0,36 a	0,58 ± 0,17 a	0,48 ± 0,08 a
DC2	5,88 ± 0,19 a	10,38 ± 0,64 b	0,73 ± 0,22 a	1,13 ± 0,31 ab
UVC1	8,05 ± 0,09 cd	11,08 ± 0,23 b	1,68 ± 0,24 b	1,70 ± 0,40 b
UVC2	7,08 ± 0,23 c	10,23 ± 0,64 b	1,03 ± 0,23 b	1,68 ± 0,51 b
OZ1	7,73 ± 0,48 c	9,08 ± 0,23 a	2,35 ± 0,16 b	0,33 ± 0,19 a
OZ2	8,20 ± 0,24 cd	11,10 ± 0,40 b	1,20 ± 0,32 b	0,83 ± 0,34 ab
Cloro	7,53 ± 0,40 c	11,15 ± 0,26 b	1,80 ± 0,12 b	0,25 ± 0,03 a
Agua	8,25 ± 0,67 cd	10,50 ± 0,29 b	0,85 ± 0,22 ab	0,12 ± 0,05 a



**Cuadro 2:** Evolución en la concentración de CO<sub>2</sub> presente en bolsas de pimientos cortados y almacenados durante 14 días a 5 °C tratados con diferentes sanitizantes y concentraciones.

CO <sub>2</sub> (%)				
Día 0 0% O <sub>2</sub>	Día 3	Día 7	Día 10	Día 14
CS1	1,53 ± 0,03 a	2,23 ± 0,0 a	6,03 ± 0,21 b	5,68 ± 0,10 ab
CS2	1,43 ± 0,08 a	1,75 ± 0,06 a	4,28 ± 0,18 a	5,55 ± 0,12 ab
AP1	1,50 ± 0,04 a	1,78 ± 0,13 a	5,78 ± 0,12 ab	5,45 ± 0,33 a
AP2	1,65 ± 0,05 a	1,65 ± 0,03 a	5,73 ± 0,21 ab	5,88 ± 0,13 ab
DC1	1,58 ± 0,06 a	2,18 ± 0,05 a	6,03 ± 0,21 b	6,15 ± 0,22 b
DC2	1,68 ± 0,08 a	2,05 ± 0,09 a	5,93 ± 0,10 ab	6,03 ± 0,42 b
UVC1	1,28 ± 0,10 a	1,83 ± 0,03 a	5,58 ± 0,18 ab	5,60 ± 1,49 ab
UVC2	1,63 ± 0,03 a	1,98 ± 0,05 a	5,10 ± 0,34 a	5,10 ± 0,08 a
OZ1	1,55 ± 0,03 a	1,98 ± 0,05 a	5,50 ± 0,04 ab	6,35 ± 0,31 b
OZ2	1,58 ± 0,03 a	1,53 ± 0,42 a	5,83 ± 0,08 ab	6,90 ± 0,09 b
Cloro	1,48 ± 0,05 a	1,95 ± 0,06 a	5,08 ± 0,46 a	5,35 ± 0,15 a
Agua	1,58 ± 0,05 a	2,03 ± 0,15 a	5,88 ± 0,09 ab	8,00 ± 0,40 c

**Cuadro 3:** Recuento de mesófilos aerobios (log UFC/g) presentes en cubos de pimiento almacenados a 5 °C durante 14 días.

Mesófilos aerobios (log UFC g <sup>-1</sup> )					
Tratamiento	Día 0	Día 3	Día 7	Día 10	Día 14
CS1	0	3,54 ± 0,08 ab	4,19 ± 0,24 b	5,05 ± 0,28 bcd	6,10 ± 0,01 b
CS2	0	1,43 ± 0,72 cd	3,00 ± 0,00 d	4,57 ± 0,17 de	5,21 ± 0,19 e
AP1	0,77	3,04 ± 0,11 ab	3,33 ± 0,33 cd	5,12 ± 0,32 bcd	7,10 ± 0,10 b
AP2	0,77	0,67 ± 0,67 d	3,00 ± 0,00 d	4,68 ± 0,16 d	4,96 ± 0,13 e
DC1	1,66	3,94 ± 0,33 a	4,02 ± 0,12 b	5,28 ± 0,11 bc	7,10 ± 0,10 b
DC2	0,82	2,91 ± 0,04 ab	3,00 ± 0,00 d	5,12 ± 0,08 bcd	5,19 ± 0,15 e
UVC1	0,82	3,26 ± 0,14 ab	3,90 ± 0,09 bc	4,00 ± 0,00 e	7,30 ± 0,00 b
UVC2	0,82	2,33 ± 0,20 bc	3,00 ± 0,00 d	4,99 ± 0,11 bcd	5,67 ± 0,20 cd
OZ1	1,49	3,57 ± 0,30 ab	3,95 ± 0,24 bc	4,90 ± 0,10 cd	7,20 ± 0,10 b
OZ2	0,76	0,77 ± 0,77 d	3,00 ± 0,00 d	4,67 ± 0,33 d	5,26 ± 0,14 de
Cloro	0	0,77 ± 0,77 d	3,79 ± 0,27 bc	5,53 ± 0,20 b	5,93 ± 0,09 c
Agua	1,63	3,50 ± 0,00 ab	5,50 ± 0,14 a	6,50 ± 0,12 a	8,80 ± 0,20 a

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 6 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 2 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher (p ≤ 0,05).

**Cuadro 4:** Recuento de enterobacterias (log UFC/g) presentes en cubos de pimiento almacenados a 5 °C durante 14 días.

<b>Enterobacterias (log UFC g<sup>-1</sup>)</b>				
<b>Tratamiento</b>	<b>Día 0</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 14</b>
CS1	0	2,67 ± 0,34 bc	3,40 ± 0,20 fgh	6,12 ± 0,05 b
CS2	0	1,00 ± 0,00 d	4,77 ± 0,03 bc	4,91 ± 0,11 de
AP1	0	2,59 ± 0,34 bc	3,00 ± 0,20 h	5,08 ± 0,22 de
AP2	0	1,00 ± 0,00 d	4,28 ± 0,23 cde	4,58 ± 0,28 de
DC1	0	3,31 ± 0,10 ab	4,56 ± 0,39 bcd	5,21 ± 0,46 cd
DC2	0	1,63 ± 0,82 cd	4,48 ± 0,27 bcd	5,28 ± 0,49 cd
UVC1	0	3,28 ± 0,27 b	3,72 ± 0,33 def	5,82 ± 0,18 bc
UVC2	0	0,67 ± 0,67 d	4,90 ± 0,06 b	5,82 ± 0,09 bc
OZ1	0	3,06 ± 0,21 ab	4,00 ± 1,10 efg	6,16 ± 0,25 b
OZ2	0	1,00 ± 0,00 cd	4,80 ± 0,04 bc	5,87 ± 0,07 bc
Cloro	0	2,58 ± 0,33 bc	3,16 ± 1,16 gh	4,38 ± 0,25 e
Agua	0,98	4,18 ± 0,70 a	5,57 ± 0,20 a	8,00 ± 0,16 a

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 6 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 2 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher ( $p \leq 0,05$ ).

**Cuadro 5:** Recuento de hongos y levaduras (log UFC/g) presentes en cubos de pimiento almacenados a 5 °C durante 14 días.

<b>Hongos y levaduras (log UFC g<sup>-1</sup>)</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>Día 0</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 10</b>	<b>Día 14</b>
CS1	1,534	3,99 ± 0,18 ab	4,41 ± 0,11 de	6,12 ± 0,07 def	6,43 ± 0,13 cde
CS2	0,79	3,09 ± 0,22 d	5,11 ± 0,10 c	6,30 ± 0,00 cde	6,10 ± 0,10 e
AP1	0,67	3,47 ± 0,08 cd	4,24 ± 0,14 e	5,98 ± 0,02 def	6,77 ± 0,23 bc
AP2	0,67	2,97 ± 0,51 d	5,20 ± 0,10 bc	6,77 ± 0,23 b	6,77 ± 0,23 bc
DC1	2,53	3,95 ± 0,03 bc	4,57 ± 0,12 d	6,01 ± 0,01 def	6,30 ± 0,00 de
DC2	0,29	3,85 ± 0,09 bc	5,20 ± 0,10 bc	6,53 ± 0,23 bc	6,43 ± 0,30 cde
UVC1	0	3,29 ± 0,15 d	4,22 ± 0,08 e	5,49 ± 0,19 g	7,00 ± 0,00 b
UVC2	0	3,81 ± 0,07 bc	5,43 ± 0,30 b	6,30 ± 0,00 cd	6,67 ± 0,20 bcd
OZ1	1,43	3,99 ± 0,01 ab	4,50 ± 0,06 de	5,92 ± 0,08 ef	6,30 ± 0,00 de
OZ2	0,72	3,98 ± 0,16 bc	5,30 ± 0,00 bc	6,33 ± 0,20 cd	7,00 ± 0,00 b
Cloro	0,77	4,23 ± 0,26 ab	4,31 ± 0,05 de	5,81 ± 0,11 fg	6,70 ± 0,00 bcd
Agua	2,92	4,50 ± 0,04 a	6,00 ± 0,23 a	7,50 ± 0,20 a	8,50 ± 0,10 a

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 6 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 2 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher ( $p \leq 0,05$ ).

**Cuadro 6:** Recuento de hongos y levaduras (log UFC/g) presentes en cubos de pimiento almacenados a 5 °C durante 14 días.

<b>Psicrófilos (log UFC g<sup>-1</sup>)</b>				
<b>Tratamiento</b>	<b>Día 0</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 10</b>
CS1	0	0,96 ± 0,14 a	4,21 ± 0,29 b	5,73 ± 0,60 bc
CS2	0	0,80 ± 0,12 c	4,13 ± 0,28 b	5,30 ± 0,14 c
AP1	0	0,93 ± 0,14 b	4,06 ± 0,58 b	5,56 ± 0,37 bc
AP2	0	0,72 ± 0,07 cd	3,80 ± 0,25 bc	5,14 ± 0,17 cd
DC1	0	0,98 ± 0,25 ab	4,09 ± 0,25 b	6,03 ± 0,49 b
DC2	0	0,85 ± 0,20 b	3,70 ± 0,40 c	5,80 ± 0,63 bc
UVC1	0	0,96 ± 0,09 ab	3,80 ± 0,45 c	5,15 ± 0,22 cd
UVC2	0	0,80 ± 0,07 cd	3,43 ± 0,48 d	5,00 ± 0,83 d
OZ1	0	0,88 ± 0,04 c	4,99 ± 0,22 ab	5,48 ± 0,17 c
OZ2	0	0,70 ± 0,06 d	4,80 ± 0,15 ab	5,20 ± 0,15 cd
Cloro	0	0,68 ± 0,11 d	3,97 ± 0,56 bc	5,06 ± 0,45 d
Agua	0	1,02 ± 0,49 a	5,28 ± 0,13 a	6,73 ± 0,20 a

1) Los valores indican el promedio ± error estándar (n = 6 en tratamientos<sup>1</sup> y n = 2 en niveles<sup>2</sup>). 2) Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher ( $p \leq 0,05$ ).