



# **UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE POSTGRADO**

## **EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN EN ENSALADA BICOLOR DE UVA MÍNIMAMENTE PROCESADA EN FRESCO**

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniera Agrónoma y al grado de Magíster en  
Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Frutícola

**DENNISE KARINA OYARZÚN JARA**

Directores de Tesis

**ANA CECILIA SILVEIRA GÓMEZ  
VICTOR HUGO ESCALONA CONTRERAS**

Profesores Consejeros

**LUIS LUCHSINGER LAGOS  
JOSE IGNACIO COVARRUBIAS PEÑA**

**SANTIAGO- CHILE  
2014**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**

**EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN EN ENSALADA  
BICOLOR DE UVA MÍNIMAMENTE PROCESADA EN FRESCO**

Tesis para optar al título profesional de ingeniera agrónoma y al grado de magíster en ciencias agropecuarias, mención producción frutícola

**DENNISE KARINA OYARZÚN JARA**

	Calificaciones (Memoria de Título)	Calificaciones (Tesis de grado)
<b>DIRECTORES DE TESIS</b>		
Sra. Ana Cecilia Silveira Gómez Ingeniero Agrónomo, Dr.		
Sr. Víctor Escalona Contreras Ingeniero Agrónomo, Dr.		
<b>PROFESORES CONSEJEROS</b>		
Sr. Luis Luchsinger Lagos Ingeniero Agrónomo, Ph.D.		
Sr. José Ignacio Covarrubias Ingeniero Agrónomo, Dr.		

Santiago, Chile  
2014

**Agradecimientos**  
**Dedicatoria**

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	14
Lavado y desinfección	17
Modificación de la atmósfera	20
Estrés oxidativo	21
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	23
<b>CAPITULO II: APLICACIÓN DE AGUA OZONIZADA A UNA ENSALADA BICOLOR DE UVA DE MESA DE LAS VARIEDADES THOMPSON SEEDLESS Y BLACK SEEDLESS</b>	29
<b>RESUMEN</b>	29
<b>ABSTRACT</b>	30
<b>INTRODUCCIÓN</b>	31
Hipótesis	32
Objetivos	32
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	33
Lugar de estudio	33
Material vegetal	33
Tratamientos y diseño experimental	33
Manejo del experimento	34
Caracterización de la materia prima	34
Mínimo procesamiento en fresco (MPF)	35
Evaluaciones	36
Tasa respiratoria	36
Concentración de gases al interior de la bolsa	37
Determinaciones físicas	37
Pérdida de peso	37
Color	37
Firmeza	37
Determinaciones químicas	37
Sólidos solubles totales	37
Acidez titulable	37
Recuentos microbiológicos	37
Determinación de calidad sensorial	38

Apariencia	38
Textura	38
Presencia o ausencia de sabores extraños	38
Determinación de compuestos funcionales	39
Fenoles totales	39
Actividad antioxidante	39
Determinación de enzimas de estrés oxidativo	40
Catalasa	40
Ascorbato peroxidasa	40
Superóxido dismutasa	40
Determinación del contenido de proteínas en las muestras	41
Análisis estadístico	42
<b>RESULTADOS</b>	43
Caracterización de la materia prima	43
Tasa respiratoria	43
Concentración de gases al interior de la bolsa	44
Determinaciones físicas	44
Pérdida de peso	44
Color	45
Firmeza	48
Determinaciones químicas	49
Sólidos solubles totales	49
Acidez titulable	50
Recuentos microbiológicos	51
Recuentos de aerobios mesófilos	51
Psicrófilos	51
Enterobacterias	51
Hongos y levaduras	51
Determinación de calidad sensorial	52
Apariencia	52
Textura	52
Determinación de compuestos funcionales	53
Fenoles totales	53
Actividad antioxidante	54
Determinación de enzimas de estrés oxidativo	57
Catalasa	57
Ascorbato peroxidasa	57
Superóxido dismutasa	58
<b>DISCUSIÓN</b>	59
<b>CONCLUSIONES</b>	64

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	65
<b>ANEXO</b>	69
<b>CAPITULO III: APLICACIÓN DE DIFERENTES ATMÓSFERAS A UNA ENSALADA BICOLOR DE UVA DE MESA DE LAS VARIEDADES THOMPSON SEEDLESS Y BLACK SEEDLESS.</b>	70
<b>RESUMEN</b>	70
<b>ABSTRACT</b>	71
<b>INTRODUCCIÓN</b>	72
Hipótesis	73
Objetivos	73
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	74
Lugar de estudio	74
Material vegetal	74
Tratamientos y diseño experimental	74
Manejo del experimento	75
Caracterización de la materia prima	75
Mínimo procesamiento en fresco (MPF)	76
Evaluaciones	77
Tasa respiratoria	77
Concentración de gases al interior de la bolsa	77
Determinaciones físicas	77
Pérdida de peso	77
Color	77
Firmeza	77
Determinaciones químicas	78
Sólidos solubles totales	78
Acidez titulable	78
Recuentos microbiológicos	78
Determinación de calidad sensorial	78
Apariencia	78
Textura	78
Presencia o ausencia de sabores extraños	78
Determinación de compuestos funcionales	78
Fenoles totales	78
Actividad antioxidante	78
Determinación de enzimas de estrés oxidativo	79

Catalasa	79
Ascorbato peroxidasa	79
Superóxido dismutasa	79
Determinación del contenido de proteínas en las muestras	79
Análisis estadístico	80
<b>RESULTADOS</b>	<b>81</b>
Caracterización de la materia prima	81
Tasa respiratoria	81
Concentración de gases al interior de la bolsa	82
Determinaciones físicas	82
Pérdida de peso	82
Color	82
Firmeza	86
Determinaciones químicas	87
Sólidos solubles totales	87
Acidez titulable	88
Recuentos microbiológicos	89
Recuentos de aerobios mesófilos	89
Psicrófilos	89
Enterobacterias	90
Hongos y levaduras	90
Determinación de calidad sensorial	91
Apariencia	91
Textura	91
Determinación de compuestos funcionales	91
Fenoles totales	92
Actividad antioxidante	93
Determinación de enzimas de estrés oxidativo	95
Catalasa	95
Superóxido dismutasa	95
Ascorbato peroxidasa	96
	97
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>98</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>103</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>104</b>

<b>CAPITULO IV: APLICACIÓN DE SALES DE CALCIO A BAYAS DE BLACK SEEDLESS MÍNIMAMENTE PROCESADAS</b>	107
<b>RESUMEN</b>	107
<b>ABSTRACT</b>	108
<b>INTRODUCCIÓN</b>	109
Hipótesis	110
Objetivos	110
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	111
Lugar de estudio	111
Material vegetal	111
Tratamientos y diseño experimental	111
Manejo del experimento	112
Caracterización de la materia prima	112
Mínimo procesamiento en fresco (MPF)	113
Evaluaciones	114
Tasa respiratoria	114
Concentración de gases al interior de la bolsa	114
Determinaciones físicas	114
Pérdida de peso	114
Color	114
Firmeza	114
Determinaciones químicas	115
Sólidos solubles totales	115
Acidez titulable	115
Recuentos microbiológicos	115
Determinación de calidad sensorial	115
Apariencia	115
Textura	115
Determinación de compuestos funcionales	116
Fenoles totales	116
Actividad antioxidante	116
Determinación de calcio	116
Calcio total	116
Calcio fijado	116
Calcio libre	116
Análisis estadístico	117
	118



<b>RESULTADOS</b>	119
Caracterización de la materia prima	119
Tasa respiratoria	119
Concentración de gases al interior de la bolsa	120
Determinaciones físicas	120
Pérdida de peso	120
Color	120
Firmeza	122
Determinaciones químicas	123
Sólidos solubles totales	123
Acidez titulable	124
Recuentos microbiológicos	124
Recuentos de aerobios mesófilos	124
Psicrófilos	124
Enterobacterias	124
Hongos y levaduras	125
Determinación de calidad sensorial	126
Apariencia	126
Textura	126
Determinación de compuestos funcionales	127
Fenoles totales	127
Actividad antioxidante	127
Determinación de calcio	128
Calcio libre	128
Calcio fijado	129
Calcio total	130
<b>DISCUSIÓN</b>	131
<b>CONCLUSIONES</b>	136
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	137

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Dosis de desinfectantes aplicados a las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ MP conservadas durante 21 días a 5 °C.	34
<b>Cuadro 2.</b> Condiciones de cultivo y medio de recuento para análisis microbiológico de bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ MP conservadas durante 21 días a 5 °C.	38
<b>Cuadro 3.</b> Luminosidad de las bayas ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	45
<b>Cuadro 4.</b> Tono de las bayas ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	46
<b>Cuadro 5.</b> Saturación de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	47
<b>Cuadro 6.</b> Firmeza (N) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	48
<b>Cuadro 7.</b> Sólidos solubles totales (%) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	49
<b>Cuadro 8.</b> Acidez titulable de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	50
<b>Cuadro 9.</b> Recuentos microbiológicos ( $\log \cdot ufc^{-1}$ ) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	52
<b>Cuadro 10.</b> Calidad sensorial (apariencia y textura) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	53
<b>Cuadro 11.</b> Fenoles totales ( $\mu g \text{ EAG} \cdot gPF^{-1}$ ) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	54
<b>Cuadro 12.</b> Actividad antioxidante (DPPH) de las bayas ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	55
<b>Cuadro 13.</b> Actividad antioxidante (FRAP) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	56
<b>Cuadro 14.</b> Atmósferas aplicadas a las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	75

<b>Cuadro 15.</b> Luminosidad de las bayas de ‘Thompson y Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	83
<b>Cuadro 16.</b> Tono de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	84
<b>Cuadro 17.</b> Saturación de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	85
<b>Cuadro 18.</b> Firmeza (N) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	86
<b>Cuadro 19.</b> Sólidos solubles totales SST (%) de las bayas ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	87
<b>Cuadro 20.</b> Acidez titulable AT (% ácido tartárico) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	88
<b>Cuadro 21.</b> Recuentos microbiológicos de RAM y psicrófilos ( $\log \text{ufc}\cdot\text{g}^{-1}$ ) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	89
<b>Cuadro 22.</b> Recuentos microbiológicos de enterobacterias y hongos y levaduras ( $\log \text{ufc}\cdot\text{g}^{-1}$ ) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	90
<b>Cuadro 23.</b> Calidad sensorial (apariencia y textura) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	91
<b>Cuadro 24.</b> Fenoles totales de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	92
<b>Cuadro 25.</b> Actividad antioxidante (DPPH) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	93
<b>Cuadro 26.</b> Actividad antioxidante (FRAP) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	94
<b>Cuadro 27.</b> Actividad enzimática de catalasa ( $\text{UA}\cdot\text{mg}^{-1}$ de proteína) de las bayas ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	95

<b>Cuadro 28.</b> Actividad enzimática de superóxido dismutasa ( $\text{UA}\cdot\text{mg}^{-1}$ de proteína) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	96
<b>Cuadro 29.</b> Actividad enzimática de ascorbato peroxidasa ( $\text{UA}\cdot\text{mg}^{-1}$ de proteína) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	97
<b>Cuadro 30.</b> Sales cálcicas aplicadas a bayas de ‘Black Seedless’ envasadas en AM y conservadas durante 21 días a 5 °C.	112
<b>Cuadro 31.</b> Luminosidad de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.	121
<b>Cuadro 32.</b> Tono de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.	121
<b>Cuadro 33.</b> Saturación de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.	122
<b>Cuadro 34.</b> Firmeza (N) de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.	123
<b>Cuadro 35.</b> SST (%) de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.	123
<b>Cuadro 36.</b> AT (% ácido tartárico) de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.	124
<b>Cuadro 37.</b> Recuentos microbiológicos ( $\log \text{ufc}\cdot\text{g}^{-1}$ ) de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.	125
<b>Cuadro 38.</b> Parámetros sensoriales (apariencia y firmeza) de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.	126
<b>Cuadro 39.</b> Fenoles totales ( $\text{mg EAG}\cdot\text{g}^{-1}$ PF) de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.	127
<b>Cuadro 40.</b> Actividad antioxidante ( $\text{mg ET}\cdot\text{g}^{-1}$ PF) de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.	128
<b>Cuadro 41.</b> Contenido de calcio libre ( $\text{mg Ca}\cdot 100 \text{g}^{-1}$ PF) de las bayas de ‘Black Seedless’ MP tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.	130

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Imágenes de las operaciones realizadas durante el proceso de uva de mesa ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ MP conservada durante 21 días a 5 °C.	36
<b>Figura 2.</b> Tasa respiratoria ( $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	43
<b>Figura 3.</b> Concentración de $\text{O}_2$ y $\text{CO}_2$ (%) en bolsas con bayas ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C	44
<b>Figura 4.</b> Actividad de CAT de las bayas ‘Thompson Seedless’ (A) y ‘Black Seedless’ (B) MP conservadas durante 21 días a 5 °C.	57
<b>Figura 5.</b> Actividad de APX de las bayas ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	58
<b>Figura 6.</b> Actividad de SOD de las bayas ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	58
<b>Figura 7.</b> Tasa respiratoria ( $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	81
<b>Figura 8.</b> Concentración de $\text{O}_2$ (A) y $\text{CO}_2$ (B) (%) en bolsas con bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.	82
<b>Figura 9.</b> Imágenes de las operaciones realizadas para la obtención de bayas de ‘Black Seedless’ MP envasada en AM y conservadas durante 21 días a 5 °C.	114
<b>Figura 10.</b> Tasa respiratoria ( $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.	119
<b>Figura 11.</b> Concentración de $\text{O}_2$ (A) y $\text{CO}_2$ (B) (%) en bolsas con bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.	120
<b>Figura 12.</b> Calcio total ( $\text{mg Ca} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ PF}$ ) de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.	129
<b>Figura 13.</b> Calcio fijado ( $\text{mg Ca} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ PF}$ ) de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.	129

## CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Las frutas y hortalizas son importantes fuentes de vitaminas (A,B,C y E), carotenoides, compuestos fenólicos, glucosinolatos, fitoesteroles y algunos minerales (Fe, Zn, Ca), los cuales contribuyen a disminuir la incidencia de enfermedades crónicas, tales como cáncer, enfermedades cardiovasculares, maculopatía senil, entre otras (Cantín *et al.*, 2009). Por esta razón es recomendable un consumo de 5 o más porciones de frutas y hortalizas al día (Jacoby y Keller, 2006). Sin embargo, a pesar de que la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003) recomienda  $400 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$  por persona, el consumo de frutas y hortalizas en los países latinoamericanos, como Chile, es de solamente  $217 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$ . Una de las alternativas para aumentar esta cifra, podría ser la diversificación de productos, en especial de aquellos de más fácil consumo como es el caso de frutas y hortalizas mínimamente procesadas (MP). Este tipo de producto se presenta como una alternativa para quienes quieran ingerir alimentos saludables, otorgándoles además de los beneficios nutricionales, la conveniencia y comodidad al momento de consumirlas (Artés *et al.*, 2007).

Para la obtención de frutas MP, se realizan operaciones unitarias como selección, lavado, pelado y corte, junto con esto, se pueden incluir el uso de tratamientos químicos. Estas operaciones pueden estar asociadas a un tratamiento de conservación leve, como un tratamiento térmico suave y/o modificación de la atmósfera cuya combinación puede ser sinérgica para la conservación del producto final (Martín-Belloso *et al.*, 2007). Las frutas MP son conservadas, distribuidas y comercializadas bajo refrigeración y están listas para ser consumidas crudas sin ningún tipo de operación adicional durante su período de vida útil, que por lo general varía entre 7 y 10 días (Cabezas-Serrano *et al.*, 2006).

La mayoría de las operaciones realizadas a este tipo de productos, además de aumentar la respiración, provocan daños en los tejidos, los cuales inducen una serie de desórdenes fisiológicos, como el pardeamiento enzimático, que deben ser minimizados para obtener un producto de calidad (Gil *et al.*, 2006). En este sentido, la disminución de la temperatura es una herramienta fundamental para preservar la calidad del producto, la cual se puede aplicar en conjunto con el uso de atmósferas modificadas (AM), aditivos para la prevención del pardeamiento o pérdida de firmeza y/o desinfectantes (Defilippi y Campos, 2006).

Diversas frutas pueden usarse como materia prima para generar productos MP, una de ellas es la uva de mesa donde los beneficios de su consumo se relacionan a la gran cantidad de compuestos fenólicos que presenta tanto en la piel como en la pulpa (Mulero *et al.*, 2010). En la piel, se encuentran los pigmentos asociados al color (antocianos en uvas rojas y negras y flavonoles en las uvas blancas), flavonoides, aromas, sustancias pécticas, taninos y

enzimas, mientras que en la pulpa se encuentran los principales componentes nutritivos de la uva (agua y azúcares), junto con sales minerales, compuestos nitrogenados, ácidos libres y ácidos combinados (Carranza, 2009).

La uva de mesa es una fruta de tipo no climatérica, que posee una tasa de respiración de 5,8 a 7,8 mg de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> a 5 °C, la cual es considerada relativamente baja (Kader, 2007). De acuerdo a esto, podría ser conservada por períodos prolongados. Sin embargo, durante el almacenamiento se pueden presentar desórdenes fisiológicos (desgrane, pardeamiento y partiduras) y problemas fitopatológicos, los cuales disminuyen su vida útil (Parzanese, 2006).

La principal operación empleada para convertir uva de mesa (fruta entera) en un producto MP es la remoción del raquis (desgrane), obteniendo como producto final las bayas (Costa *et al.*, 2011). Al realizar este desgrane se produce una herida, la cual representa el principal factor que podría alterar la calidad final del producto. Al dejar el tejido expuesto al aire, aumenta la susceptibilidad a la colonización de microorganismos durante el almacenamiento y en propensión al pardeamiento (Mastromatteo *et al.*, 2009). Al desgranar las bayas se rompen los tejidos produciéndose así la deslocalización de enzimas y sustratos, que naturalmente se encuentran localizados en compartimentos específicos y separados dentro de las células vegetales. Esta deslocalización provoca que las enzimas y sus respectivos sustratos reaccionen provocando la pérdida de calidad sensorial y nutricional del producto, lo que puede provocar el rechazo del consumidor (Parzanese, 2006). Esta reacción es causada por la enzima polifenoloxidasas (PPO), la cual en presencia de oxígeno (O<sub>2</sub>) transforma los compuestos fenólicos en orto quinonas, que a su vez sin intervención de enzimas particulares se polimerizan formando melaninas y pigmentos de color pardo. Estos compuestos fenólicos se incrementan cuando la fruta ha sido sometida a un estrés, en este caso, el desgrane (Defilippi y Campos, 2006). Este pardeamiento será más notorio en las variedades de uva de mesa blancas, como ‘Thompson Seedless’.

Los métodos empleados para evitar el pardeamiento enzimático son generalmente preventivos y se focalizan en inhibir la acción de la enzima o eliminar sus sustratos (O<sub>2</sub> y fenoles). Los compuestos utilizados como antipardeantes actúan como agentes reductores, quelantes o acidulantes (Guerrero, 2009). Los agentes reductores actúan mediante la reducción de las orto quinonas a difenoles (Oms-Oliu *et al.*, 2006). Los compuestos quelantes capturan el cobre del sitio activo de la enzima o el que se encuentra en el tejido vegetal, formando quelatos e impidiendo que éste se encuentre disponible para las reacciones de pardeamiento (Hernández, 2006). Por otra parte, los acidulantes son aplicados generalmente para mantener el pH por debajo del punto óptimo de la actividad catalítica de la PPO. Es así como ácidos orgánicos como el cítrico y málico pueden disminuir el efecto de la enzima actuando de este modo (Gil *et al.*, 2006). El ácido cítrico (AC) actúa sobre la PPO mediante dos mecanismos: (1) quelación del cobre, necesario para

el funcionamiento de la enzima, y (2) disminución del pH, lo que se induce una reducción de la actividad de la enzima (Liu *et al.*, 2013). Las dosis de ácidos orgánicos empleadas en productos MP varían entre 1 y 10 g·L<sup>-1</sup> (Limbo y Piergiovanni, 2007., Rico *et al.*, 2007). Jiang *et al.*, 2004 afirmaron que el uso de AC en concentraciones mayores 2 g·L<sup>-1</sup> en castañas reduce la actividad de la PPO en un 25% en comparación con el testigo. En caqui ‘Rojo Brillante’ MP, aplicaciones de AC 1 g·L<sup>-1</sup> redujeron el pardeamiento enzimático y lo mantuvieron dentro de los rangos aceptables durante todo el periodo comercial de 7 días (Ghilledì *et al.*, 2013). Altunkaya y Gökmen (2009) aplicaron AC 5 g·L<sup>-1</sup> sobre lechuga MP y observaron una disminución de la tasa de degradación de los compuestos fenólicos, por lo que el pardeamiento enzimático fue menor en comparación con el testigo no tratado.

Debido a que las operaciones realizadas durante la elaboración de este tipo de productos pueden acelerar el ablandamiento de los tejidos, se puede incluir sales de calcio a la aplicación de antipardeantes, puesto que además de controlar el pardeamiento enzimático estas sales refuerzan las estructuras de las paredes celulares (Martín-Belloso *et al.*, 2007). La pérdida de firmeza o ablandamiento está relacionada con las alteraciones bioquímicas de la pared celular y de la lamela media, vinculado a la hidrólisis de las pectinas de la pared celular por enzimas pectinolíticas (Femenia *et al.*, 2009). También se relaciona con los niveles de calcio en el tejido debido a que éste es un componente esencial de la pared celular de las frutas. Para evitar esta pérdida de firmeza se recomienda aplicar en las soluciones de lavado sales de calcio (Silveira *et al.*, 2011). La retención de la firmeza no sólo dependerá de la aplicación de estas sales, sino que también de la temperatura a la cual se aplican, debido a que elevadas temperaturas por cortos períodos aseguran una óptima retención al aumentar el calcio fijado en la pared celular (Aguayo *et al.*, 2008). Según Toivonen y Brummell (2007), el efecto del calcio para mantener la firmeza del producto se atribuye a que los iones de calcio forman enlaces iónicos con las moléculas de pectinas desmetilesterificadas produciendo redes de polímeros en la lamela media. Esto mejora la adhesión célula-célula, lo que se traduce en una mayor resistencia mecánica. Además retrasa la degradación normal de las conexiones intercelulares que se producen como consecuencia de la maduración de la fruta (Rico *et al.*, 2007).

Las fuentes de calcio más utilizadas en la industria agroalimentaria son el cloruro (CC), propionato (PC), ascorbato (ASC) y lactato de calcio (LC) (Martín-Diana *et al.*, 2007). Este último es generalmente utilizado como aditivo alimentario y antimicrobiano, además tiene la propiedad de que a bajas concentraciones no produce sabores extraños (Acedo *et al.*, 2013). Otro beneficio asociado a las fuentes de calcio, como ASC, es el aumento del contenido de vitamina C, incrementando así el valor nutricional de producto (Aguayo *et al.*, 2010).

Diversos estudios se han realizado para probar la efectividad de estas fuentes, es así como Wang *et al.* (2014) indicaron que la inmersión de cerezas en CC a una concentración de 2



$\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  aumentó el contenido de calcio interno en el tejido, incrementando así su firmeza y reduciendo el nivel de picado producido en postcosecha. Estudios realizados por Alandés *et al.* (2006) concluyeron que la aplicación de LC a una concentración de  $5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  en cubos de manzanas ‘Fuji’ fortificó la estructura de la pared celular y disminuyó la actividad tanto de la pectinmetilesterasa (PME) como de la poligalacturonasa (PG), manteniendo la firmeza de los cubos durante 21 días. De este mismo modo, Manganaris *et al.* (2007) aplicaron CC, LC, PC a una concentración de  $2,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  en duraznos y todos los tratamientos aumentaron significativamente su contenido de calcio fijado en comparación al testigo al cual no se le aplicó ninguna fuente de calcio.

En cuanto a la temperatura de aplicación de estas fuentes de calcio, Rico *et al.* (2007) concluyeron que zanahorias MP lavadas con LC a una concentración de  $15 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  a  $50^\circ\text{C}$  mantienen por más tiempo la firmeza con respecto a las lavadas a  $25^\circ\text{C}$ . Tal efecto se atribuyó a la activación de la enzima PME mediante altas temperaturas permitiendo de esta forma que el calcio forme pectato de calcio con las pectinas desmetiladas dentro de las paredes celulares. Por otra parte, Aguayo *et al.* (2008) sumergieron melón MP durante 1 min en agua a  $60^\circ\text{C}$  con diferentes sales cálcicas, de las cuales el CC, PC y LC disminuyeron el ablandamiento. Diversos autores señalan que el uso de sales de calcio en productos MP, junto con mantener la firmeza, también podrían controlar la carga microbiana (Silveira *et al.*, 2011; Acedo *et al.*, 2013). Esta propiedad se atribuye a la estabilización de la pared celular, causada por la unión de cadenas de poligalacturonatos a iones cálcicos, la cual aumentarían la resistencia del tejido, disminuyendo el acceso de enzimas fúngicas que causarían el ablandamiento o la degradación de la pared (Aguayo, 2008).

### **Lavado y desinfección**

En el proceso de elaboración de productos MP la etapa de lavado y desinfección es una etapa crítica, debido a que se encuentra íntimamente ligada a la seguridad y vida útil del producto final (Artés-Hernandez *et al.*, 2009). El principal objetivo de esta etapa es disminuir la carga microbiana presente en la superficie del tejido, la cual es responsable de la pérdida de calidad. Asimismo el lavado y desinfección sirve para enfriar las bayas y eliminar los exudados celulares que se producen tras el desgrane, los cuales favorecen no sólo el crecimiento microbiano posterior, sino que también el pardeamiento del tejido (Gil *et al.*, 2009).

Actualmente, los agentes desinfectantes más utilizados por la industria alimentaria, tanto para la desinfección del producto como del agua empleada en el proceso, son aquellos agentes que contienen cloro. Generalmente se utiliza desinfectantes clorados, siendo el más

común el hipoclorito de sodio (NaOCl), el cual, a concentraciones entre 100-150 mg·L<sup>-1</sup> en solución acuosa y en un rango de pH entre 6 a 7, forma ácido hipocloroso (Martínez-Sánchez *et al.*, 2006). El efecto desinfectante de este tipo de compuestos se debe a que el ácido hipocloroso se combina con las proteínas de la membrana celular de los microorganismos formando compuestos cloraminados, los cuales intervienen en el metabolismo celular, probablemente por la inhibición de enzimas sensibles a la oxidación, causando la muerte de los microorganismos (Artés-Hernández, 2009).

A pesar de que los desinfectantes derivados del cloro, como el NaClO, son económicos y efectivos, su actual uso está siendo ampliamente cuestionado por algunos mercados, debido al riesgo medioambiental que estos producen. Este riesgo está asociado a los compuestos potencialmente cancerígenos que forma, como los trihalometanos (THM) y cloraminas, cuando estos desinfectantes se mezclan con materia orgánica presente en el agua (Artés-Hernández *et al.*, 2009; Rico *et al.*, 2007). Asociado a esta desventaja, algunos países defienden el uso de agua sin adición de desinfectantes, pero esta práctica supone un grave riesgo por no evitar la contaminación cruzada entre el producto contaminado y el producto limpio (Gil *et al.*, 2009). Además sin el uso de un desinfectante la calidad del agua de lavado se deteriora muy rápidamente, por lo que se hace necesario el aporte de grandes volúmenes de agua para controlar la carga microbiana y la materia orgánica (López-Gálvez *et al.*, 2009).

El uso de desinfectantes alternativos a este agente está siendo adoptado por algunas compañías de frutas y hortalizas MP, dentro de estos se pueden mencionar los tratamientos no térmicos como ultrasonidos, luz UV-C, radiación ionizante; o el empleo de otros agentes químicos desinfectantes como el ácido peroxiacético, ácidos orgánicos y ozono (O<sub>3</sub>). Este último, tanto en estado gaseoso como acuoso (Warriner y Namvar, 2014).

El O<sub>3</sub> es un gas azulado con un olor acre característico, el cual se forma de manera natural en la estratósfera, como resultado de la acción de los rayos solares ultravioleta sobre el oxígeno. También se forma en la tropósfera por las reacciones fotoquímicas, en donde el oxígeno y nitrógeno se unen con los hidrocarburos de los gases desprendidos por los autos e industrias. Sintéticamente se puede obtener *in situ* con el empleo de equipos generadores a partir de aire y oxígeno (O<sub>2</sub>) (Ballater-Venta *et al.*, 2010). Sin embargo, el O<sub>3</sub> que se produce es muy inestable y se descompone rápidamente en el aire. El uso O<sub>3</sub> en la industria de frutas y hortalizas surge debido a que es un agente oxidante 1,5 veces más fuerte que los desinfectantes derivados del cloro, y es efectivo frente a un espectro más amplio de microorganismos (Allothman *et al.*, 2010). La inactivación de microorganismos por el O<sub>3</sub> es un proceso complejo dado que degrada un gran número de constituyentes celulares mediante la oxidación: en membranas celulares degrada proteínas, lípidos insaturados y enzimas respiratorias; en envolturas celulares daña a los péptidoglicanos; en el citoplasma

ataca las enzimas y ácidos. Además en virus oxida proteínas y péptidoglicanos en cubiertas de esporas y cápsides (Escalona *et al.*, 2005).

El O<sub>3</sub> posee una propiedad única de autodescomposición a alta velocidad, lo cual implica que su acción antimicrobiana sólo se ejerce en la superficie de los alimentos, sin dejar residuos. La solubilidad en el agua del O<sub>3</sub> aumenta con la disminución de la temperatura y disminuye cuando la materia orgánica contenida en el agua incrementa. El pH del medio se recomienda que oscile entre 6 y 8,5 (Plaza *et al.*, 2007). La industria alimentaria se ha interesado en el O<sub>3</sub> no sólo como desinfectante para extender la vida útil de los productos, sino que también para descontaminar el agua del proceso y así disminuir el procesamiento químico de éste en su reutilización (Olmez y Kretzschmar, 2009).

En cuanto al uso de O<sub>3</sub> en los vegetales MP, se pueden implementar dos formas de aplicación: acuosa o gaseosa. Con respecto a la aplicación de O<sub>3</sub> en forma acuosa, las dosis y tiempo de contacto empleado en el lavado con O<sub>3</sub> dependerán del producto a desinfectar. Alexopoulos *et al.* (2013) afirman que la continua ozonización del agua de lavado, con una concentración de 0,5 mg·L<sup>-1</sup> durante 7 minutos, reducen el recuento de coliformes en 3 unidades logarítmicas en ají. Por otra parte, al lavar lechuga MP con agua ozonizada (1 y 3 mg L<sup>-1</sup>), Poubol *et al.* (2007) lograron reducir la cantidad de aerobios mesófilos y coliformes entre 0,4 y 0,6 log ufc·g<sup>-1</sup> y entre 0,7 y 1,3 log ufc·g<sup>-1</sup>, respectivamente. Así mismo, Artés-Hernández *et al.* (2009) establecieron que los lavados de tomate MP con agua ozonizada (3,8 mg L<sup>-1</sup>, 3 min) reducen los recuentos de aerobios mesófilos, psicófilos y levaduras en 1,9; 1,6 y 0,7 log ufc g<sup>-1</sup>, respectivamente, en comparación con el testigo tratado con NaClO.

En las aplicaciones de O<sub>3</sub> gaseoso, se debe tener mayor precaución debido a la toxicidad que puede causar en los trabajadores. La agencia americana que regula la seguridad y la salud en el trabajo (OSHA) ha fijado que la exposición de los trabajadores no debe exceder de 0,1 ppm durante la jornada laboral completa y la exposición límite es de 0,3 ppm durante 15 min (Ballater-Venta *et al.*, 2010). Para evitar la exposición al O<sub>3</sub> se debe trabajar con sensores en el ambiente que puedan detectar cualquier fuga o una concentración ambiental superior a la aconsejada. Por ello, si se cumplen las normas de seguridad y se optimizan los procesos, la toxicidad del O<sub>3</sub> no debería ser un problema (Gil *et al.*, 2009).

Diversos investigadores han trabajado con O<sub>3</sub> gaseoso concluyendo que este método de desinfección es altamente efectivo para reducir y controlar la proliferación de microorganismos. Es así como Selma *et al.* (2008) observaron que la exposición de O<sub>3</sub> gaseoso en concentraciones de 20 g·L<sup>-1</sup> durante 30 min redujo el recuento de coliformes totales, *Pseudomonas fluorescens*, levaduras y bacterias acidoláctica en melón cantaloupe MP. En cuanto a la exposición de pimentones rojos MP a este gas Horvitz y Cantalejo (2012) concluyeron que al utilizar 0,7 g·L<sup>-1</sup> de O<sub>3</sub> durante 3 min se reduce el recuento de

aerobios mesófilos (RAM), psicrófilos y hongos en 2,5; 3,3 y 1,8 log ufc g<sup>-1</sup>, respectivamente. Por otra parte, Aguayo *et al.* (2006) aplicaron 4 ppm O<sub>3</sub> (durante 30 min cada 3 h) a rodajas de tomate MP y lograron reducir el recuento de psicrófilos, RAM, levaduras y mohos en 1,07; 1,27; 0,45 y 1,2 log ufc·g<sup>-1</sup>, respectivamente, manteniendo una calidad visual, aroma y firmeza aceptable durante 7 días a 5°C.

Además de su efecto desinfectante, las aplicaciones de O<sub>3</sub> gaseoso retrasan la maduración de muchos vegetales, lo que permite la prolongación de su vida útil (Castro y Quispe, 2010; Chauhan *et al.*, 2011; Aday y Caner, 2014). Esto se debe principalmente a su acción sobre el etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), compuesto orgánico hormonal que participa en el proceso de maduración de frutas y hortalizas. Debido a su poder oxidante del ozono, reacciona con este transformándolo en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O) (Escalona *et al.*, 2005), a través de la reacción  $C_2H_4 + 2O_3 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$ .

### **Modificación de la atmósfera**

El envasado en atmósfera modificada (AM) es comúnmente utilizado para la conservación de los productos MP, el cual implica el uso de películas plásticas con permeabilidades selectivas al O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> y al vapor de agua (Sandhya, 2010). En el interior del envase se generan variaciones en el contenido de los gases antes citados como resultado de la interacción entre la tasa respiratoria del producto, la permeabilidad de la película plástica y la temperatura de almacenamiento. Esta modificación extiende la vida útil del producto debido a que disminuye su tasa respiratoria (Costa *et al.*, 2011; Kader, 2007).

Dentro de los efectos atribuidos a la AM se puede mencionar la reducción de la pérdida de agua y el mantenimiento de la firmeza y los atributos sensoriales del producto (Meredith *et al.*, 2014). El envasado en AM puede ser activo o pasivo. En AM pasiva la atmósfera es generada por la respiración de los productos hasta llegar a una concentración de equilibrio. Durante este período de transición el producto se continúa deteriorando. En AM activa la atmósfera se logra inyectando la concentración de gases deseada, minimizando así el período de transición que ocurre en AM pasiva, evitando el deterioro de la calidad del producto (Horev *et al.*, 2012).

La eficiencia del envasado en AM dependerá de diferentes factores, como la calidad de la materia prima (estado de madurez, carga microbiana, firmeza, etc.), la manipulación y mezcla de gases, junto con la temperatura de almacenamiento (Costa *et al.*, 2011).

Usualmente, la composición de los gases dentro de la AM es baja en O<sub>2</sub> y alta en CO<sub>2</sub> (Parzanese, 2006). Sin embargo, recientemente se han sugerido atmósferas con altas

concentraciones de O<sub>2</sub> como una innovación en este tipo de envasado en los productos MP (Oms-Oliu *et al.*, 2008a). Según Oms-Oliu *et al.* (2008b) las aplicaciones de atmósferas ricas en O<sub>2</sub> (sobre 70%) en frutas MP son particularmente efectivas para reducir el pardeamiento enzimático y la carga microbiana. Este tipo de atmósferas pueden ser utilizadas como alternativa a atmósfera baja en O<sub>2</sub>, debido a que controlaría la presencia de microorganismos en las frutas MP susceptibles a las pudriciones, como la uva.

El efecto antimicrobiano de las altas concentraciones de O<sub>2</sub> está vinculado a la generación intracelular de especies reactivas de este gas, las cuales reducen la viabilidad de los microorganismos (Allende *et al.*, 2004). También atmósferas ricas en O<sub>2</sub> podrían tener un efecto sobre el metabolismo secundario de las frutas y hortalizas aumentando la síntesis de los compuestos fenólicos (Zhang *et al.*, 2013). En frutillas se evaluó el efecto de atmósferas con elevada concentración de O<sub>2</sub> (superior a 40%) y se determinó que los frutos mantenidos en estas condiciones presentaron mayor contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante y menor presencia de hongos causantes de pudriciones en relación con los frutos mantenidos en aire (Ayala-Zabala *et al.*, 2007). En relación al efecto del alto O<sub>2</sub> sobre la respiración Angós *et al.* (2008) observaron que al exponer papas ‘Monalisa’ MP a 80 y 90 % de O<sub>2</sub>, éstas disminuían su tasa respiratoria durante el almacenamiento (14 días a 4°C).

### **Estrés oxidativo**

Como se mencionó anteriormente, al producir frutas MP se genera inevitablemente un estrés al producto, el cual se puede ver incrementado por la aplicación de concentraciones de O<sub>2</sub> superiores al 70% o el uso de O<sub>3</sub> (Caregnato *et al.*, 2013). Cuando este estrés oxidativo aumenta, se producen en la célula especies reactivas de oxígeno (ROS) como superóxido (O<sup>-2</sup>), hidroxilo (OH<sup>·</sup>) y peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) las cuales, si no son eliminadas rápidamente, provocan daños celulares que pueden llegar a ser irreversibles (Gill y Tuteja, 2010). Las ROS que se producen en las células son eliminadas por sistemas antioxidantes, los cuales se pueden clasificar en enzimáticos y no enzimáticos. Entre los antioxidantes no enzimáticos se encuentran el ácido ascórbico, glutatión, polifenoles, carotenoides, entre otros, mientras que entre los antioxidantes enzimáticos, se encuentran las enzimas superóxido dismutasa (SOD), ascorbato peroxidasa (APX) y catalasa (CAT) (Oms-Oliu *et al.*, 2008a; Lushchak, 2011).

En cuanto a disminución enzimática del nivel de las ROS, la SOD dismuta el anión superóxido (O<sup>-2</sup>), donde transfiere un electrón de una molécula de O<sup>-2</sup> a otra, mediante la reacción  $2O^{-2} + 2H^{+} = H_2O_2 + O_2$ , produciendo O<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, el cual tiene que ser a su vez degradado por otras enzimas del sistema oxidativo. Cuando el estrés oxidativo aumenta, se

produce a su vez un aumento de los niveles de SOD (Ueda *et al.*, 2013; Gill y Tuteja, 2010).

Las concentraciones de  $\text{H}_2\text{O}_2$  son controladas por la enzima APX, mediante la reacción  $2 \text{L-ascorbato} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ = 2 \text{monodehidroascorbato} + 2 \text{H}_2\text{O}$ . Este tipo de enzimas presentan una alta afinidad por el ascorbato, de hecho, a bajas concentraciones de dicho sustrato, la APX pierde estabilidad y su actividad disminuye (Dąbrowska *et al.*, 2007).

Otra enzima que también interviene en el control de los niveles tóxicos de  $\text{H}_2\text{O}_2$  en las células es la CAT, la cual posee un gran poder catalizador. Se encuentra localizada en los peroxisomas, estructuras donde se produce la reacción de eliminación de  $\text{H}_2\text{O}_2$  procedente del ciclo fotorrespiratorio. La reacción llevada a cabo por la CAT ( $2 \text{H}_2\text{O}_2 = \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ ) es una de las más rápidas conocidas en la naturaleza (Gondim *et al.*, 2012; Nuñez, 2012).

**BIBLIOGRAFÍA**

Acedo, J.Z., D. Varron, I. Emnace, R. Lauzon, and A.L. Acedo. 2013. Antimicrobial Effects of Ascorbic Acid and Calcium Lactate in Freshcut Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *Acta Horticulturae* 989: 199-208.

Altunkaya, A. and V. Gökmen. 2009. Effect of various anti-browning agents on phenolic compounds profile of fresh lettuce (*Lactuca sativa*). *Food Chemistry* 117: 122-126.

Aguayo, E., V. Escalona and F. Artés. 2006. Effect of the cyclic exposure to ozone gas on phytochemical, sensorial and microbial quality in whole and sliced tomatoes. *Postharvest Biology and Technology* 39: 166-177.

Aguayo, E., V.H. Escalona, and F. Artés. 2008. Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut 'Amarillo' melon. *Postharvest Biology and Technology* 47: 397-406.

Aguayo, E., C. Requejo-Jackman, R. Stanley and A. Woolf. 2010. Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. *Postharvest Biology and Technology* 57: 52-60.

Alandés, L., I. Hernaldo, A. Quiles, I. Perez-Munuera and M.A. Lluch. 2006. Cell wall stability of fresh-cut 'Fuji' apples treated with calcium lactate. *Journal of Food Science* 71: 615-620.

Alexopoulos, A., S. Plessas, S. Ceci, V. Lazar, I. Mantzourani, C. Voidarou, E. Stavropoulou and E. Bezirtzoglou. 2013. Evaluation of ozone efficacy on the reduction of microbial population of fresh cut lettuce (*Lactuca sativa*) and green bell pepper (*Capsicum annuum*). *Food Control* 30: 491-496.

Allende, A., Y. Luob, J. McEvoy, F. Artés and C. Wang. 2004. Microbial and quality changes in minimally processed baby spinach leaves stored under super atmospheric oxygen and modified atmosphere conditions. *Postharvest Biology and Technology* 33: 51-59.

Angós, I., P. Vírveda and T. Fernández. 2008. Control of respiration and color modification on minimally processed potatoes by means of low and high O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> atmospheres. *Postharvest Biology and Technology* 48: 422-430.

Artés, F., P. Gómez, F. Artés-Hernández, E. Aguayo and V. Escalona. 2007. Improved strategies for keeping overall quality of fresh-cut produce. *Acta Horticulturae* 746: 245-258.

- Artés-Hernández, F., E. Aguayo., P. Gómez. y F. Artés. 2009. Productos vegetales mínimamente procesados o de la cuarta gama. *Horticultura Internacional* 69: 52-57.
- Aday, M.S. y C. Caner. 2014. Individual and combined effects of ultrasound, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life. *Food Science and Technology* 57: 344-351.
- Ayala-Zavala, J., S. Wang, C. Wang and G. González-Aguilar. 2007. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. *Food Technology and Biotechnology* 45 (2): 166-173.
- Bataller-Venta, M.; S. Santa Cruz-Broche y M. García-Pérez. 2010. El ozono: una alternativa sustentable en el tratamiento poscosecha de frutas y hortalizas. *Ciencias Biológicas* 9: 155-164.
- Cabezas-Serrano, M. B., Rinaldi, R. y G. Colelli. 2006. Evaluación del aspecto exterior de hortalizas cortadas para IV gama. *Horticultura Internacional* 52: 64-69.
- Cantín, C., M. Moreno and Y. Gogorcena. 2009. Evaluation of the antioxidant capacity, phenolic compounds, and vitamin C content of different peach and nectarine [Prunus persica (L.) Batsch] breeding progenies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57: 4586-4592.
- Caregnato, F.F., C. Bortolin, A. Molina and J.C. Fonseca-Moreira. 2013. Exposure to elevated ozone levels differentially affects the antioxidant capacity and the redox homeostasis of two subtropical *Phaseolus vulgaris* L. varieties. *Chemosphere* 93: 320-330.
- Carranza, J. 2009. Influencia del procesado en el valor nutritivo y funcional de la uva blanca. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 187p.
- Castro, N. y A. Quispe. 2010. Efecto del ozono en los sistemas de higienización de frutas y hortalizas de los laboratorios especializados de la FIIA-UNASAM. *Aporte Santiaguino* 3: 47-52.
- Chauhan, O.P., P.S. Raju, N. Ravi, A. Singh and A.S. Bawa. 2011. Effectiveness of ozone in combination with controlled atmosphere on quality characteristics including lignification of carrot sticks. *Journal of Food Engineering* 102: 43-48.
- Costa, C., A. Lucera, A. Conte, M. Mastromatteo, B. Speranza, A. Antonacci and M. Del Nobile. 2011. Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on ready-to-eat table grape. *Journal of Food Engineering* 102: 115-121.
- Dąbrowska, G., A. Kata, A. Goc, M. Szechyńska-Hebda and E. Skrzypek. 2007. Characteristics of the plant ascorbate peroxidase family. *Acta Biologica Cracoviensa* 49: 7-17.



- Defilippi, B. y R. Campos. 2006. Poscosecha de fruta mínimamente procesada. *Tierra adentro* 71: 20-21
- Escalona, V. H., E. Aguayo y F. Artés. 2005. Revisión: el ozono y su utilización en la industria agroalimentaria. *Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos* 366: 34-47.
- Femenia, A., G. Sastre, S. Simal, M. Garau, V. Eim and C. Rossello. 2009. Effects of air-drying temperature on the cell walls of kiwifruit processed at different stages of ripening. *Food Science and Technology* 42: 106-112.
- Gil, M.I., E. Aguayo and A. Kader. 2006. Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 4284-4296.
- Gil, M.I., M. Selma, L. López-Gálvez and A. Allende. 2009. Review: Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: Problems and solutions. *International Journal of Food Microbiology* 134: 37-45.
- Gill, S. and N. Tuteja. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 48: 909-930.
- Gondim, F.A., E. Gomes-Filho, J. Costa, A.L. Alencar and J.T. Prisco. 2012. Catalase plays a key role in salt stress acclimation induced by hydrogen peroxide pretreatment in maize. *Plant Physiology and Biochemistry* 56: 62-71.
- Ghidelli, C., C. Rojas-Argudo, M. Mateos and M.B. Pérez-Gago. 2013. Effect of antioxidants in controlling enzymatic browning of minimally processed persimmon 'Rojo Brillante'. *Postharvest Biology and Technology* 86: 487-493.
- Guerrero, C. 2009. Inhibición de la actividad enzimática de la polifenol oxidasa extraída del banano ('Cavendish Valery') mediante sistemas bifásicos acuosos con isoespintanol y ácido ascórbico. Tesis de Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 91p.
- Hernández, C. 2006. Acción y efectos de la polifenoloxidasas en alimentos. Tesis de Químico Industrial. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana. Veracruz, Mexico.
- Horev, B., S. Sela, Y. Vinokur, E. Gorbatshevich, R. Pinto and V. Rodov. 2012. The effects of active and passive modified atmosphere packaging on the survival of *Salmonella Enterica* serotype *Typhimurium* on washed romaine lettuce leaves. *Food Research International* 45: 1129-1132.

- Horvitz, S. and M.J. Cantalejo. 2012. Effects of ozone and chlorine postharvest treatments on quality of fresh-cut red bell peppers. *International Journal of Food Science and Technology* 47: 1935-1943.
- Jacoby, E. e I. Keller. 2006. La promoción del consumo de frutas y verduras en América Latina: Buena oportunidad de acción intersectorial por una alimentación saludable. *Revista Chilena de Nutrición* 33: 226-231.
- Jiang, Y., L. Pen and J. Li. 2004. Use of citric acid for shelf life and quality maintenance of fresh-cut Chinese water chestnut. *Journal of Food Engineering* 63: 325-328.
- Kader, A. 2007. Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. 3° ed. Universidad de California. Estados Unidos. 580p.
- Limbo S. and L. Piergiovanni. 2007. Minimally processed potatoes: Effects of high oxygen partial pressures in combination with ascorbic and citric acid on loss of some quality traits. *Postharvest Biology and Technology* 43: 221-229.
- Liu, W., L. Zou, P. Liu, Z. Zhang, C. Liu and R. Liang. 2013. The effect of citric acid on the activity, thermodynamics and conformation of mushroom polyphenoloxidase. *Food Chemistry* 140: 289-295.
- López-Gálvez, F., A. Allende, M.A. Selma and M.I. Gil. 2009. Prevention of Escherichia coli cross-contamination by different commercial sanitizers during washing of fresh-cut lettuce. *International Journal of Food Microbiology* 133: 167-171.
- Lushchak, V. 2011. Review: Adaptive response to oxidative stress: Bacteria, fungi, plants and animals. *Comparative Biochemistry and Physiology* 153: 175-190.
- Manganaris G.A., M. Vasilakakis, G. Diamantidis and I. Mignani. 2007. The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. *Food Chemistry* 100: 1385-1392.
- Martín-Belloso, O., R. Soliva y G. Oms. 2007. Avances en la mejora de la calidad comercial de los frutos frescos cortados: Aspectos físico-químicos y microbiológicos. 862-868. En: V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Lleida, España.
- Martin-Diana, A.B., D. Rico, J.M. Frías, G.T.M. Henehan and C. Barry-Ryan. 2007. Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Trends in Food Science and Technology* 18: 210-218.
- Martínez-Sánchez, A., A. Allende, R. Bennet, F. Ferreres and M.I. Gil. 2006. Microbial, nutritional and sensory quality of rocket leaves as affected by different sanitizers. *Postharvest Biology and Technology* 42: 86-87.

- Mastromatteo, M., A. Conte and M. Del Nobile. 2009. Preservation of fresh-cut produce using natural compounds. *Stewart Postharvest Review* 4: 1-7.
- Meredith, H., V. Valdramidis, B. Rotabakk, M. Sivertsvik, D. McDowell and D.J. Bolton. 2014. Effect of different modified atmospheric packaging (MAP) gaseous combinations on *Campylobacter* and the shelf-life of chilled poultry fillets. *Food Microbiology* 44:196-203.
- Allothman, M., B. Kaur, A. Fazilah, R. Bhat, A. Karim. 2010. Ozone-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11: 666-671.
- Mulero, J., F. Pardo and P. Zafrilla. 2010. Antioxidant activity and phenolic composition of organic and conventional grapes and wines. *Journal of Food Composition and Analysis* 23: 569-574.
- Núñez, M. A. 2012. Efecto del agua electrolizada sobre el sistema antioxidante y la enzima mirosinasa en brócoli mínimamente procesado. Tesis de magister. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España.
- Olmez, H. and U. Kretzschmar. 2009. Review: Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. *Food Science and Technology* 42: 686-693.
- OMS, 2003. Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Serie de informes técnicos 916: 1-151.
- Oms-Oliu G., I. Aguiló-Aguayo and O. Martín-Belloso. 2006. Inhibition of Browning on fresh-cut pear Hedges by natural compounds. *Journal of Food Science* 71: 216-224.
- Oms-Oliu, G., I. Odriozola-Serrano, R. Soliva-Fortuny and O. Martín-Belloso. 2008a. The role of peroxidases on the antioxidant potential of fresh-cut “Piel de Sapo” melon packaged under different modified atmospheres. *Food Chemistry* 106: 1085-1092.
- Oms-Oliu, G., R. Soliva-Fortuny and O. Martín-Belloso. 2008b. Physiological and microbiological changes in fresh-cut pears stored in high oxygen active packages compared with low oxygen active and passive modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology* 48: 295-301.
- Parzanese, M. 2006. Vegetales mínimamente procesados. *Alimentos argentinos* 34: 1-15.
- Plaza, P., H. Bobillo, C. Costa y J. Usall. 2007. Eficacia del ozono en la desinfección de agua en centrales hortofrutícolas. *Horticultura Internacional* 59: 34-40.

Poubol, J., M. Inada, Y. Takiguchi and H. Izumi. 2007. Storage quality of fresh-cut lettuce with ozonated water and stores in high CO<sub>2</sub> modified atmosphere packaging. *Acta Horticulturae* 746: 417-423.

Rico, D., A.B. Martín-Diana, J.M. Barat and C. Barry-Ryan, 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: A review. *Food Science and Technology* 18: 373-386.

Sandhya, 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *Food Science and Technology* 43: 381-392.

Selma, M.V., A. M. Ibañez, M. Cantwell and T. Suslow. 2008. Reduction by gaseous ozone of Salmonella and microbial flora associated with fresh-cut cantaloupe. *Food Microbiology* 25: 558- 565.

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.

Toivonen P. and D. Brumell. 2007. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 48: 1-14.

Ueda, Y., N. Uehara, H. Sasaki, K. Kobayashi and T. Yamakawa. 2013. Impacts of acute ozone stress on superoxide dismutase (SOD) expression and reactive oxygen species (ROS) formation in rice leaves. *Plant Physiology and Biochemistry* 70: 396-402.

Wang, Y., X. Xie and E. Long. 2014. The effect of postharvest calcium application in hydro-cooling water on tissue calcium content, biochemical changes, and quality attributes of sweet cherry fruit. *Food Chemistry* 160: 22-30.

Warriner K and A. Namvar. 2014. Postharvest washing as a critical control point in fresh produce processing: alternative sanitizers and wash technologies. *Global Safety of Fresh Produce* 6: 71-102.

Zhang, B., S. Samapundoa, V. Pothakos, G. Sürengil and F. Devlieghere. 2013. Effect of high oxygen and high carbon dioxide atmosphere packaging on the microbial spoilage and shelf-life of fresh-cut honeydew melon. *International Journal of Food Microbiology* 166: 378-390.

## **CAPITULO II: APLICACIÓN DE AGUA OZONIZADA A UNA ENSALADA BICOLOR DE UVA DE MESA DE LAS VARIEDADES THOMPSON SEEDLESS Y BLACK SEEDLESS**

### **RESUMEN**

La industria de frutas mínimamente procesadas, generalmente utiliza como desinfectante NaClO debido a su bajo costo y alta efectividad. Sin embargo, su aplicación podría generar residuos perjudiciales para el medio ambiente, siendo necesario evaluar alternativas al NaClO, destacando entre ellas el agua ozonizada. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto desinfectante de agua ozonizada sobre la calidad físico-química, sensorial, microbiológica y funcional de bayas ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’. Se realizaron lavados con agua ozonizada (2, 4, 6 y 8 mg·L<sup>-1</sup>) durante 4 min, luego las bayas se envasaron en bolsas de polietileno y se almacenaron en atmósfera modificada durante 21 días a 5 °C. Al término del almacenamiento se observó un aumento de la tasa respiratoria sin afectar los parámetros sensoriales o físico-químicos. Al mismo tiempo se observó una baja carga microbiana durante el almacenamiento, con recuentos similares al obtenido con NaClO. La aplicación de agua ozonizada aumentó el contenido de fenoles totales en ambas variedades. Los resultados indican que el uso de agua ozonizada es una alternativa factible para reemplazar el NaClO, manteniendo la calidad sensorial y microbiológica de una ensalada de uva de mesa, incrementando al mismo tiempo la calidad funcional del producto.

**Palabras claves:** Desinfección, atmósfera modificada, mínimamente procesado, ozono.

## **CAPITULO II: APPLICATION OF OZONATED WATER TO THOMPSON SEEDLESS AND BLACK SEEDLESS BICOLOUR TABLE GRAPE SALAD**

### **ABSTRACT**

The minimally processed industry usually applies NaClO as a sanitizer due to its high effectiveness and low cost. However, NaClO could generate environmental undesirable residues that leads to the evaluation of alternative sanitizers, among them ozonated water. The objective of this research was the evaluation of the sanitizing effect of ozonated water on the physicochemical, sensory, microbiological and functional quality of ‘Thompson Seedless’ and ‘Black Seedless’ table grapes. Berries were washed with ozonated water (2, 4, 6 and 8 mg·L<sup>-1</sup>) for 4 min, packed in polyethylene bags and stored under modified atmosphere for 21 days at 5 °C. It was observed an increasing respiratory rate at the end of the storage without a detrimental effect on the sensory or physicochemical parameters. It was found during all the storage period a low microbial load with similar counts compared to NaClO. The application of ozonated water increased the total phenolic content in both grape varieties. The results showed that ozonated water is a feasible alternative to replace NaClO, keeping the sensory and microbiological quality of minimally processed table grape while increasing the functional value of the product.

**Keywords:** Disinfection, modified atmosphere, minimally processed, ozone.

## INTRODUCCIÓN

En la elaboración de los productos mínimamente procesados (MP), la etapa de lavado y desinfección es la principal acción para reducir la carga microbiana, junto con esto se logra bajar la temperatura del producto, reducir el contacto de la superficie de corte con el oxígeno y remover exudados de azúcares y otros elementos de la superficie, disminuyendo así el crecimiento microbiano asociado a estos exudados (Kader, 2007; Goodburn y Wallace, 2013).

Usualmente la industria de frutas MP desinfecta los productos con agua clorada ( $\text{NaClO}$ ) en concentraciones cercanas a  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , sin embargo a pesar de que es barato y efectivo, puede dejar residuos químicos en el medio ambiente o formar compuestos potencialmente cancerígenos como los thialometanos (THM) o cloraminas (Artés-Hernández *et al.*, 2009; An *et al.*, 2007). Es por esta razón que en países Europeos como Alemania, Holanda, Suiza y Bélgica el uso de este desinfectante en los alimentos está prohibido (Rico *et al.*, 2007). Debido a lo expuesto anteriormente, se hace necesario, nuevos métodos de desinfección en los productos MP.

El ozono ( $\text{O}_3$ ), es un gas inodoro e insípido al cual no se le conocen derivados que puedan ser perjudiciales para la salud humana (Plaza *et al.*, 2007), ya que una vez ejercida su acción microbiana se descompone espontáneamente en oxígeno ( $\text{O}_2$ ) (Ballater-Venta, 2010). Su acción microbiana se debe a su capacidad de oxidar componentes celulares vitales de los microorganismos (ARN y ADN) (Ketteringham *et al.*, 2006). Su poder oxidante se puede atribuir a que en solución acuosa se descompone, produciendo radicales oxidantes como peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) y superóxido ( $\text{O}^{-2}$ ) (Ueda *et al.*, 2013). Si estos radicales no son eliminados rápidamente, provocan daños celulares que pueden llegar a ser irreversibles. Para que este daño no ocurra, las frutas disponen de enzimas que degradan eficazmente estos radicales. Es en este proceso donde las enzimas ascorbato peroxidasa (APX), catalasa (CAT) y superóxido dismutasa (SOD) tienen el rol de estabilizar los radicales libres mencionados anteriormente (Miranda-Ham y Castro-Concha, 2009).

La dosis de  $\text{O}_3$  y el tiempo de contacto con el producto dependerán del tipo de producto a desinfectar. Es así como diversos investigadores han empleado dosis que varían entre  $0,03$  y  $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , con un tiempo de contacto entre 1 a 5 min. En estos estudios además de reducir la carga microbiana se retrasaron varios procesos fisiológicos, por lo que la vida útil del producto se ve incrementada. (Zhang *et al.*, 2005; Castro y Quispe 2010, Beltrán *et al.*, 2005; Selma *et al.*, 2008; Ketteringham *et al.*, 2006; An *et al.*, 2007).

## **HIPOTESIS**

El agua ozonizada aplicada sobre una ensalada de uva de mesa MP ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ actúan como desinfectante alternativo al NaClO.

## **OBJETIVOS**

Establecer la eficiencia del agua ozonizada como desinfectante alternativo a los lavados con NaClO en una ensalada de uva de mesa ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ MP.

Evaluar el efecto desinfectante del agua ozonizada sobre la calidad físico-química, sensorial, microbiológica y funcional en una ensalada de uva de mesa ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ MP.



## MATERIALES Y MÉTODOS

### **Lugar de estudio**

Esta investigación se realizó en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile (Santiago, Chile), con financiamiento del Proyecto FIC 33-03-216, Atacama Uva de Mesa.

### **Material vegetal**

Este correspondió a uva de mesa de las variedades Thompson Seedless y Black Seedless, la cual se cultivó mediante un sistema parronal en el fundo Los Loros (Tierra Amarilla, Copiapó). Ésta a su vez, fue seleccionada y embalada por la exportadora Agrofruta Ltda. (Copiapó) e inmediatamente trasladada durante 10 horas a 12 °C, en un camión cerrado hacia el CEPOC.

La fruta, una vez llegada a las instalaciones del CEPOC, se conservó en una cámara de almacenamiento a 0 °C con 90-95% de humedad relativa (HR), hasta el día de su procesamiento (3 días).

### **Tratamientos y diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) con 5 tratamientos (Cuadro 1). La unidad experimental correspondió a 120 g de bayas de uva de mesa contenidos en una bolsa de polietileno de baja densidad, de 10 x 15 cm, teniendo 3 repeticiones por tratamiento. Para la determinación de tasa respiratoria, la unidad experimental correspondió a 1 frasco de vidrio con 120 g de bayas en su interior, teniendo 3 repeticiones por tratamiento.

**Cuadro 1.** Dosis de desinfectantes aplicados a las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ MP conservadas durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Desinfectante	Dosis esperada (mg L <sup>-1</sup> )	Dosis real (mg L <sup>-1</sup> )
T1	NaClO	100	-
T2	O <sub>3</sub>	2	1,96 <sup>1</sup>
T3	O <sub>3</sub>	4	3,79
T4	O <sub>3</sub>	6	6,21
T5	O <sub>3</sub>	8	7,63

<sup>1</sup>/ Dosis de O<sub>3</sub> según medidor de ozono en solución (Ozone SAM I-2019, CHEMetrics Inc., EE.UU.)

## Manejo del experimento

### Caracterización de la materia prima

Para conocer el estado inicial de la materia prima, se seleccionaron 30 bayas de cada variedad seleccionadas al azar de un total de 3 cajas (8,2 kg) por variedad. Las bayas se obtuvieron de distintas secciones de los racimos (9 racimos en total). Se evaluaron parámetros físicos (peso, tamaño, color de la piel, firmeza) y químicos (sólidos solubles totales, pH y acidez titulable).

**Peso y tamaño individual de las bayas.** El peso se determinó mediante una balanza electrónica de precisión (EMB 3000-1, Kern, Alemania) y los valores se expresaron en g. El tamaño se determinó mediante un pie de metro digital (Digital caliper 0-150 mm, Bull tools, China), en la zona ecuatorial y polar de las bayas. Los valores se expresaron en mm.

**Color de la piel y de pulpa.** El color se determinó con un colorímetro portátil tri-estímulo CR-300 (Minolta, EE.UU.) con una fuente iluminante D<sub>65</sub> y un ángulo de observador de 0°. El color se evaluó en la zona de desgrane. Se utilizó el sistema CIELab y se obtuvieron valores de luminosidad (L) y de las coordenadas a\* y b\*. Los resultados se expresaron en términos de L, C\* (saturación) y H<sub>ab</sub> (tono), donde  $C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$  y  $H_{ab} = \tan^{-1}(b/a)$ .

**Firmeza.** Se determinó con un texturómetro FTA (Fruit Texture Analyzer, TR, Forli, Italia). La medición se realizó en la zona ecuatorial de la baya con un embolo de 2,5 mm de diámetro, que al bajar ejerció la presión para deformar la baya en 10 mm. Los resultados se expresaron en N.

**Sólidos solubles totales (SST).** Se determinó a partir de una muestra de jugo filtrada de 4 bayas por variedad, mediante un refractómetro digital compensado por temperatura (ATC-1E 0-32%, Atago, Japón). Los resultados se expresaron en % de SST.

**Acidez titulable (AT).** A partir de una muestra de jugo filtrada de 4 bayas por variedad, la AT se determinó mediante la titulación de 5 mL de jugo en 150 mL de agua destilada, con NaOH 0,1 N hasta la neutralización de los ácidos orgánicos a pH 8,2-8,3. Los resultados se expresaron como % de ácido tartárico.

### **Mínimo procesamiento en fresco (MPF)**

Desde la cámara de almacenamiento a 0 °C, luego de 3 días de almacenaje, la fruta se trasladó a la sala de manipulación acondicionada a una temperatura de  $7\pm 1$  °C, en donde la superficie de trabajo fue previamente desinfectada asegurando la limpieza e higiene tanto del material de trabajo como de las instalaciones y equipos. Se realizaron las operaciones que se describen a continuación:

**Desgrane.** Luego de pesar los racimos, se procedió al desgrane manual, inmediatamente después de remover la baya del pedúnculo, estas se mezclaron y se sumergieron en agua fría (5° C), para disminuir el contacto de la zona de inserción del pedicelo con el aire.

**Lavado y desinfección.** Las bayas se sumergieron en agua ozonizada, proveniente de un ozonizador (Magnum 25-160, Atlas, Canadá), durante 4 min a una temperatura de 5 °C, con una dosis determinada según el tratamiento (Cuadro 1). Debido a que los productos MP deben ser desinfectados, al tratamiento testigo se le aplicó  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de NaClO (Clorox Chile S.A, Chile). Estos lavados se realizaron con 10 L de agua con desinfectante, utilizando recipientes de acero inoxidable de 50 L. Se utilizaron 3,7 L de agua por kg de fruta.

**Inmersión en cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) y ácido cítrico (AC).** Las bayas se sumergieron en soluciones de  $\text{CaCl}_2$  (Winkles Ltda., Chile) y AC (RZBC Group, China) durante 3 min a una temperatura de 5° C, utilizándose recipientes de acero inoxidable de 50 L. La concentración empleada fue de  $5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  para ambas soluciones.

**Ecurrido.** Las bayas de ambas variedades se dispusieron sobre mallas de acero inoxidable durante 5 min para drenar el exceso de agua.

**Envasado y almacenamiento.** Se pesaron 120 g de bayas de ambas variedades y se envasaron en bolsas de polietileno de baja densidad de 10 x 15 cm, las cuales se sellaron por calor con una máquina selladora (FR400, Plastic Film Sealer, China). El producto

terminado se almacenó en bandejas, en una cámara a  $5 \pm 1$  °C por 21 días, simulando un período de almacenamiento y comercialización (figura 1).



**Figura 1.** Imágenes de las operaciones realizadas durante el proceso de uva de mesa ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ MP conservada durante 21 días a 5 °C.

### Evaluaciones

Para determinar la calidad de la uva de mesa desgranada, se realizaron análisis los días 1, 7, 14 y 21 después del procesamiento, en donde se evaluaron los parámetros descritos a continuación, a excepción de la tasa respiratoria, la cual se evaluó los días 1, 5, 9, 13, 17 y 21.

### Tasa respiratoria

Se determinó mediante un sistema estático a 5° C, colocando 120 g de bayas en frascos de vidrio de 500 mL de capacidad, cerrados herméticamente, provistos de un tapón de silicona en su tapa. A través de éste, se tomaron las muestras gaseosas del espacio de cabeza (espacio libre dentro del frasco) transcurridas 2 h después del cierre de los frascos, con una jeringa de plástico de 10 mL (Nitro, Argentina). La muestra se inyectó en un cromatógrafo de gases (Hewlett Packard 5890 Series II, EE.UU.), provisto con un detector de conductividad térmica (TCD) cuya temperatura de trabajo fue de 200 °C, al igual que el inyector. En el equipo se utilizó una columna GFT Porapak Q 80/100 ubicada en un horno a 50 °C con un flujo de He (Indura, Chile) a 45 psi. Previo a su uso, el cromatógrafo se

calibró con una mezcla patrón de 0,9 % CO<sub>2</sub>, 17,6% O<sub>2</sub> y 81,5% N<sub>2</sub> (Indura, Chile). Para la obtención los resultados en mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup> se utilizó un factor de conversión de 1,94 mg mL<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> (Kader, 2007).

### **Concentración de gases al interior de la bolsa**

Para conocer la evolución de las concentraciones de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> al interior de cada bolsa, se utilizó un analizador de gases manual (Checkpoint, PBI Dansensor, Rongsted, Dinamarca).

### **Determinaciones físicas**

**Pérdida de peso.** Se determinó mediante una balanza electrónica de precisión (EMB 3000-1, Kern, Alemania) y se expresó en porcentaje de pérdida de peso (diferencia entre el peso inicial y el peso del día de evaluación).

**Color.** El color se evaluó en la zona de desgrane, siguiendo la metodología descrita para la caracterización de la materia prima. Los resultados se expresaron en términos de L, C\* y H<sub>ab</sub>.

**Firmeza.** La medición se realizó en la zona ecuatorial de la baya siguiendo la metodología descrita para la caracterización de la materia prima. Los resultados se expresaron en N.

### **Determinaciones químicas**

Se preparo una muestra de jugo filtrada, obtenida a partir de 3 bayas por variedad y se determinaron los siguientes parámetros:

**Sólidos solubles totales (SST).** Siguiendo la metodología descrita para la materia prima. Los resultados se expresaron en % de SST.

**Acidez titulable (AT).** Siguiendo la metodología descrita para la materia prima. Los resultados se expresaron en % de ácido tartárico.

### **Recuentos microbiológicos**

Para evaluar este parámetro se obtuvo una muestra de 10 g (piel y pulpa) y se trituró en 90 mL de APE: agua peptonada estéril (Merck S.A., Chile) durante 1 min dentro de una bolsa, también estéril (Sterilin Limited, Reino Unido), utilizando un masticador (Easymix, AES

Laboratoire, Francia). Se realizaron diferentes diluciones, de acuerdo a la evolución de los recuentos microbianos, utilizando 9 mL de APE y 1 mL de muestra preparada, y se homogeneizó durante 5 s con un agitador modelo Lab dancer (IKA, Works, Inc., Brasil). Por cada dilución, se utilizó 1 mL y se colocaron en una placa petri estéril (Greiner Bio-One, EE.UU.). Para la siembra se utilizaron distintos medios de cultivo provistos por la empresa Merck S.A (Chile), según la metodología indicada en el Cuadro 2.

La determinación de recuentos microbiológicos para aerobios mesófilos y enterobacterias se basó en la legislación chilena del Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA, Ministerio de Salud, 2008), para frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados, listos para el consumo.

**Cuadro 2.** Condiciones de cultivo y medio de recuento para análisis microbiológico en ensalada de uva MP.

Microorganismo	Medio de cultivos	Condición de incubación	
		Tiempo (d)	Temperatura (°C)
<b>Recuento de aerobios mesófilos (RAM)</b>	Agar de conteo de placas (PCA)	2	37
<b>Psicrófilos</b>	Agar de conteo de placas (PCA)	7	5
<b>Enterobacterias</b>	Agar rojo bilis violeta dextrosa (VRBD)	2	37
<b>Hongos y levaduras</b>	Papa Dextrosa (PDA) <sup>1</sup>	7	25

<sup>1</sup>/Medio de cultivo acidificado con ácido láctico al 1% para llevar su pH a 3,5.  
Fuente: Gamazo *et al.*, 2005.

Los recuentos microbiológicos se expresaron como el logaritmo de la unidad formadora de colonias por g ( $\log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$ ). Los análisis se realizaron los días 1, 7, 14 y 21.

### Determinación de calidad sensorial

Se utilizó el método de análisis tipo descriptivo, con un panel de 12 jueces fijos no entrenados para todas las evaluaciones, los cuales evaluaron las muestras usando una pauta no estructurada de 0 a 15 cm (Anexo 1). Los parámetros evaluados fueron los siguientes:

**Apariencia (color y deshidratación).** A partir de una bolsa sellada con  $120 \pm 2$  g aprox de bayas.

**Textura.** A partir de la ingesta de 2 bayas (una de cada variedad).

**Presencia o ausencia de sabores extraños.** A partir de la ingesta de 2 bayas (una de cada variedad).

Las mediciones se realizaron en una habitación a temperatura ambiente y con luz blanca. Las muestras se colocaron de forma aleatoria para eliminar el efecto de la posición sobre los resultados.

### **Determinación de compuestos funcionales**

**Fenoles totales (FT).** Para la extracción de los fenoles se pesaron en un tubo 0,5 o 1 g de piel de las bayas (1 g para ‘Thompson Seedless’ y 0,5 g para ‘Black Seedless’) a las cuales se les añadieron 9 mL de metanol. La solución se mantuvo durante 1 min bajo un homogenizador (IKA T18 basic, Ultra-turax, Chile) y luego se almacenó en oscuridad durante 24 h a 5 °C. El sobrenadante se filtró con 4 capas de gasa y se centrifugó durante 20 min a 10.000 g<sub>n</sub>.

Para la medición, en una placa de 96 pocillos (Jet-Biofil, China) se introdujeron 19,2 µL de muestra a los cuales se les añadió 29 µL del Reactivo Folin Ciocalteu 1N. Esta mezcla se dejó reaccionar durante 3 min en oscuridad, luego se añadieron 192 µL de buffer de reacción (NaOH 0,4% y Na<sub>2</sub>OH 2%). Las muestras se midieron a 750 nm en un espectro de placas (UVM-340, Asis, Inglaterra). Los fenoles totales se expresaron como mg equivalente ácido gálico por gramo de peso fresco (mg EAG·g<sup>-1</sup> PF), de acuerdo con una curva de calibración realizada previamente con ácido gálico.

**Actividad antioxidante (AA).** Para la medición de este parámetro, se utilizaron los métodos de medición de poder antioxidante de reducción férrica (FRAP) y por reducción de radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidracil (DPPH). Para ambos se utilizó el mismo extracto que se empleó para medir FT. Para el método DPPH, se utilizó una placa de 96 pocillos en donde se introdujo 21 µL de extracto y 194 µL de la solución de DPPH (abs: 1,1). La lectura de la reacción se hizo en el espectrofotómetro UVM-340 a una longitud de onda de 515 nm. La medición se corrigió por el valor del blanco (metanol).

Para el método por FRAP, se siguió la metodología descrita por Benzie y Strain (1996) con algunas modificaciones. En una placa de 96 pocillos se añadieron 6 µL de extracto, luego utilizando una pipeta multicanal (Discovery, PZ HTL S.A, Polonia) se adicionó 198 µL del reactivo FRAP. Se esperó 30 min a 20±2 °C y se realizó la lectura a 593 nm. El blanco correspondió a una medición en donde se introdujo agua miliQ.

Para ambos métodos los resultados se expresaron como mg equivalente trolox (ET) por gramo de peso fresco (mg ET·g PF).

### **Determinación de enzimas de estrés oxidativo**

**Catalasa (CAT).** Para la extracción de esta enzima se pesó 1 g de piel de uva en tubos Falcon de 50 mL, luego se añadieron 0,2 g de Polivinilpirrolidona (Sigma-Aldrich, EE.UU.) y 5 mL de buffer de extracción compuesto por tampón fosfato potásico (TPK) 50 mM pH 7,8 con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) (Merck, Chile) 0,1 mM, L-cisteína (Sigma-Aldrich) 5 mM, Triton X-100 (Calbiochem,USA) 0,2% y 10  $\mu$ L de fenil sulfonil floruro por cada mL de buffer de extracción. Posteriormente se mezclaron los reactivos con la piel utilizando un homogenizador, manteniendo en todo momento los tubos en baño de hielo para evitar el calentamiento de la muestra. Entre una muestra y otra se limpió el dispersor con agua destilada y luego con el buffer de extracción.

Para la medición se prepararon 50 mL de buffer de reacción tampón potásico 50 mM pH 7 con  $H_2O_2$  10,6 mM. Luego en una placa de cuarzo se añadieron 50  $\mu$ L del extracto enzimático y 1450  $\mu$ L de buffer de reacción. La absorbancia se midió a 240 nm durante 5 min en un espectrofotómetro (UV-vis, T70, PG Instruments Limited, Reino Unido) tomándose como valor el incremento de la absorbancia de la parte lineal.

La actividad enzimática se expresó por unidades de actividad (UA) por mg de proteína.

**Ascorbato peroxidasa (APX).** El extracto que se utilizó para la medición de la actividad de esta enzima fue el mismo que se empleó para CAT.

Para la medición de APX se prepararon 50 mL de buffer de reacción TPK 50 mM pH 7,0 con EDTA 0,1 mM, ácido ascórbico 0,5 mM y  $H_2O_2$  1,54 mM (Merck, Chile). Luego en una placa de cuarzo se añadieron 505  $\mu$ L de extracto enzimático más 960  $\mu$ L de buffer de reacción. El blanco correspondió a una placa con agua miliQ en vez de con extracto enzimático.

Las muestras se midieron a 290 nm cada 30 s en el espectrofotómetro (UV-vis, T70) hasta que la absorbancia se mantuvo constante. Los cálculos se realizaron teniendo en cuenta el descenso en la absorbancia. La actividad enzimática se expresó por unidades de actividad (UA) por mg de proteína.

**Super oxido dismutasa (SOD).** Para la extracción de la enzima se pesaron 2,5 g de piel de uva en tubos Falcon de 50 mL, luego se añadieron 5 mL de buffer de extracción Tris-HCL pH 7,5, con  $MgCl_2$  3 mM (Merck, Chile) y EDTA 1 mM. Posteriormente la muestra se homogenizó durante 1 min y se centrifugó a 10.000  $g_n$  durante 20 min a 4°C. Finalmente el sobrenadante se transfirió a tubos limpios protegidos de la luz.

Para la medición se preparó 100 mL de buffer de reacción, el cual contenía tampón fosfato 50 mM pH 7,8, metionina 13 mM (Merck, Chile), NBT 75 mM (Merck, Chile), riboflavina 2  $\mu$ M (Merck, Chile) y EDTA 0,1 M. A continuación se prepararon 2 placas



idénticas y en cada pocillo se colocaron 6  $\mu\text{L}$  de extracto enzimático y se añadieron 351  $\mu\text{L}$  del mix de reacción. Una de las placas se empleó como control y se mantuvo 15 min en oscuridad. Para el blanco también se emplearon 2 placas, las cuales sólo contenían buffer de reacción en su interior, dejando una placa expuesta a la luz y otra en oscuridad. Para lograr la fotoreducción del NBT, las placas que debían estar expuestas a la luz se colocaron bajo 2 lámparas de 15 W a una distancia de 30 cm y se mantuvieron en esas condiciones durante 15 min. Transcurrido el tiempo la absorbancia se midió a 560 nm en el espectrofotómetro. La actividad enzimática se expresó por unidades de actividad (UA) por mg de proteína.

**Determinación de la concentración de proteínas en las muestras.** En una placa de 96 pocillos se colocaron 5  $\mu\text{L}$  de extracto y se añadieron 250  $\mu\text{L}$  de reactivo de Bradford. Esta mezcla se dejó reaccionar durante 30 min posteriormente se midió la absorbancia a 595 nm.

Para determinar la concentración de la proteína se realizó una curva estándar para cada enzima con albumina de suero bovino (Winkles Ltda., Chile) disuelta en cada buffer de extracción.

**Análisis estadístico**

Los datos obtenidos se evaluaron en cada salida de frío mediante un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia del 5%. En los casos donde existieron diferencias significativas entre los tratamientos, las medias se separaron con la prueba de comparaciones múltiple de Tukey al 5%, utilizando el programa estadístico Minitab Release 16.1 (Addlink Software Científico, S.L., Barcelona, España).

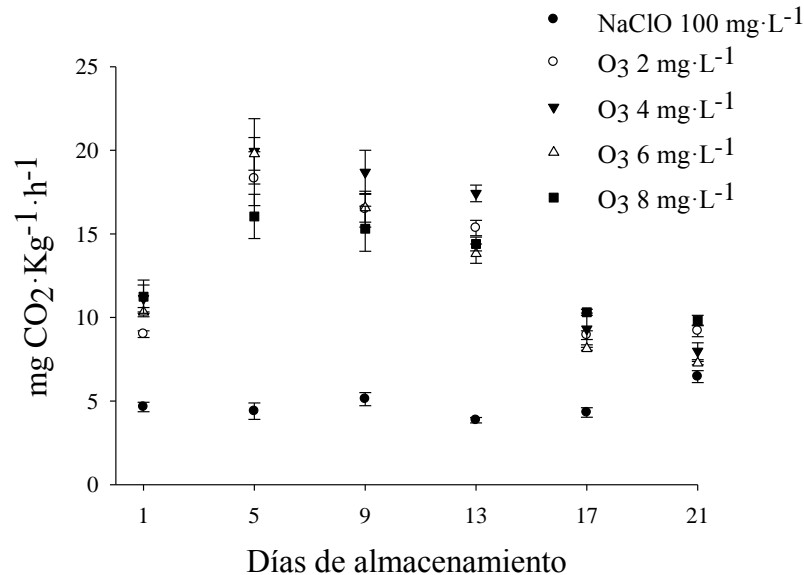
## RESULTADOS

### Caracterización de la materia prima

Las bayas ‘Thompson Seedless’ (TS) y ‘Black Seedless’ (BS) tuvieron respectivamente en promedio 18 y 17 mm de diámetro ecuatorial y 25,1 y 22 mm de diámetro polar. En el color de la piel, las bayas TS obtuvieron valores de 50,1 para luminosidad, 96,5 ° para tono y 19,9 para saturación, mientras que en las bayas de BS presentó valores de 34 para luminosidad, 198,2° para tono y 6,6 para saturación. La firmeza fue en promedio de 4,6 N para TS y de 3,2 N para BS y la relación de SST/AT fue de 31,6 y 55,5 para TS y BS, respectivamente.

### Tasa respiratoria

Los días 1, 5, 9 la tasa respiratoria de los tratamientos con O<sub>3</sub> fueron significativamente mayor que el testigo. El día 13 el tratamiento de 4 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> obtuvo el mayor valor 17,4 mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, mientras que el testigo el menor con 3,9 mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>. El día 17 el tratamiento con mayor dosis de O<sub>3</sub> obtuvo el mayor valor de 10,3 mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>. El día 21 los valores variaron entre 6,4 y 9,8 mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> (Figura 2).

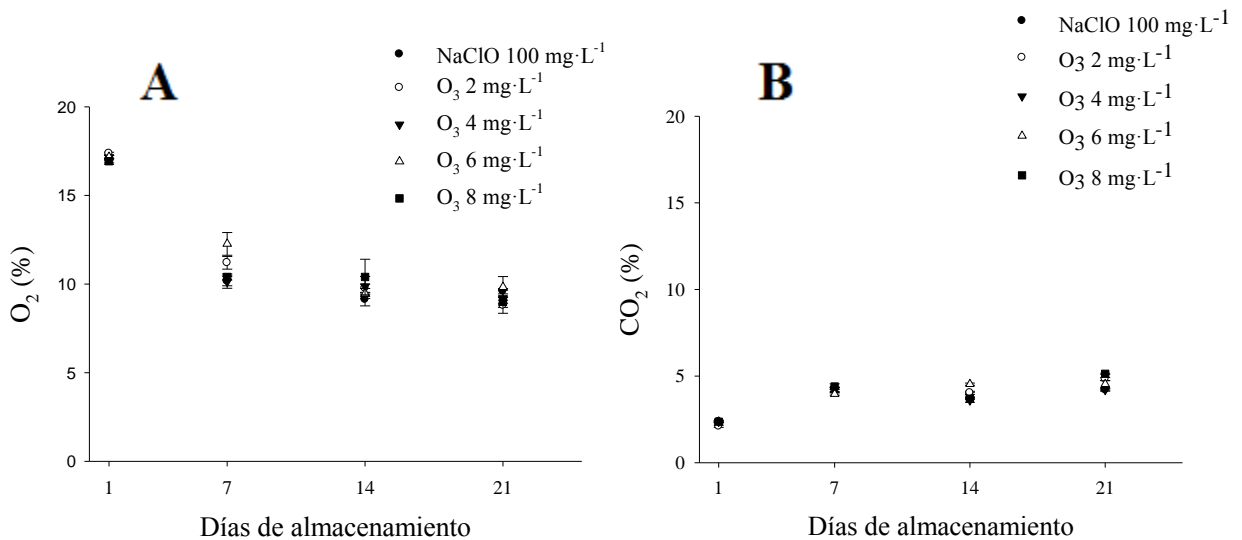


**Figura 2.** Tasa respiratoria (mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas por 21 días a 5 °C. Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=3).

### Concentración de gases al interior de la bolsa

En la Figura 3A se puede observar la evolución al interior de los envases. Las concentraciones de O<sub>2</sub> registraron diferencias significativas el día 7. Los valores más altos de 11,2 y 12,3 % se obtuvieron con 2 y 4 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub>, respectivamente. En los otros días de evaluación, los valores fluctuaron entre 16,9 y 17,4 % el día 1, entre 9,1 y 10,4 % el día 14 y entre 8,8 y 9,8 % el día 21.

La concentración de CO<sub>2</sub> fue similar para todos los tratamientos, sin diferencias significativas entre los tratamientos. Los valores fluctuaron entre 2,1 y 2,4 % el día 1, entre 4 y 4,4 % el día 7, entre 3,6 y 4,2 % el día 14 y entre 4,2 y 5,1 % el día 21 (Figura 3B).



**Figura 3.** Concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> (%) en bolsas con bayas ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C. Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=3).

### Determinaciones físicas

#### Porcentaje de pérdida de peso

No se detectaron diferencias significativas de pérdida de peso entre los tratamientos en ninguna de las fechas evaluadas. Los valores durante todo el almacenamiento variaron entre 0 y 0,2%.

### Color de piel de las bayas

**Luminosidad (L).** En las bayas TS no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguno de los días de evaluación.

En cuanto al comportamiento de la bayas BS, solo se encontraron diferencias significativas el primer día de evaluación, donde el tratamiento con  $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$  obtuvo el menor valor correspondiente a 30,1. El resto de los días, los tratamientos presentaron valores similares, cuyos rangos fueron entre 32,3 y 35,9 el día 7, entre 32 y 33,4 el día 14 y entre 32,2 y 33,2 el día 21 (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Luminosidad de las bayas ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Luminosidad			
	‘Thompson Seedless’			
	día 1	día 7	día 14	día 21
<b>NaClO 100</b>	$45,7 \pm 0,6^1 \text{ NS}^2$	$44,1 \pm 1,3 \text{ NS}$	$45,6 \pm 0,9 \text{ NS}$	$44,3 \pm 0,9 \text{ NS}$
<b>Ozono 2</b>	$46,5 \pm 1,1$	$45,5 \pm 1,1$	$45,4 \pm 0,6$	$45,5 \pm 1,1$
<b>Ozono 4</b>	$46,8 \pm 0,7$	$46,1 \pm 1,0$	$46,2 \pm 0,4$	$45,8 \pm 0,7$
<b>Ozono 6</b>	$47,6 \pm 1,1$	$45,3 \pm 1,1$	$46,4 \pm 0,7$	$46,3 \pm 0,6$
<b>Ozono 8</b>	$48,2 \pm 1,2$	$45,8 \pm 0,8$	$46,5 \pm 0,7$	$45,2 \pm 1,1$
‘Black Seedless’				
	día 1	día 7	día 14	día 21
<b>NaClO 100</b>	$34,4 \pm 0,9 \text{ b}^3$	$34,5 \pm 1,0 \text{ NS}$	$32,8 \pm 0,6 \text{ NS}$	$32,8 \pm 1,0 \text{ NS}$
<b>Ozono 2</b>	$32,4 \pm 1,3 \text{ ab}$	$32,9 \pm 0,6$	$33,2 \pm 1,1$	$32,7 \pm 0,3$
<b>Ozono 4</b>	$33,8 \pm 0,7 \text{ ab}$	$35,9 \pm 1,1$	$32,3 \pm 0,8$	$33,2 \pm 1,0$
<b>Ozono 6</b>	$32,5 \pm 0,7 \text{ ab}$	$32,6 \pm 0,3$	$33,4 \pm 1,0$	$32,2 \pm 0,6$
<b>Ozono 8</b>	$30,1 \pm 0,9 \text{ a}$	$32,3 \pm 0,8$	$32 \pm 0,6$	$33,1 \pm 1,2$

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio  $\pm$  desviación estándar (n=9).

<sup>2</sup>/No Significativo  $p \geq 0,05$ .

<sup>3</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tono (H<sub>ab</sub>).** Las bayas TS presentaron diferencias significativas solamente el día 7, en donde el tratamiento con 6 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> presentó el valor más alto, con 91,4 (Cuadro 4). El resto de los días, los valores variaron entre 98,4 y 103,8 el día 1, entre 85,1 y 90,4 el día 14 y entre 80,9 y 88,5 el día 21.

Los valores en las bayas de BS oscilaron entre 227,9 y 235,6 el día 1, entre 197,7 y 209,6 el día 7, entre 193,4 y 202,7 el día 14 y entre 197,3 y 203,3 el día 21 no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos en ninguno de los días de evaluación.

**Cuadro 4.** Tono de las bayas ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Desinfectante (mg·L <sup>-1</sup> )		Tono			
		‘Thompson Seedless’			
		día 1	día 7	día 14	día 21
<b>NaClO</b>	<b>100</b>	98,4 ± 2,8 <sup>1</sup> NS <sup>2</sup>	81,1 ± 2,4 b <sup>3</sup>	88,4 ± 2,4 NS	86,4 ± 3,0 NS
<b>Ozono</b>	<b>2</b>	99,0 ± 3,3	89,7 ± 2,6 ab	89,9 ± 3,1	88,5 ± 0,9
<b>Ozono</b>	<b>4</b>	100,2 ± 3,3	83,8 ± 2,0 ab	90,4 ± 3,5	87,2 ± 2,5
<b>Ozono</b>	<b>6</b>	100,5 ± 2,2	91,4 ± 3,7 a	90,3 ± 2,1	84,3 ± 0,8
<b>Ozono</b>	<b>8</b>	103,8 ± 2,5	81,6 ± 3,1 b	85,1 ± 3,1	80,9 ± 3,5
		‘Black Seedless’			
		día 1	día 7	día 14	día 21
<b>NaClO</b>	<b>100</b>	227,9 ± 5,2 NS	209,6 ± 4,8 NS	193,4 ± 5,4 NS	198,1 ± 5,7 NS
<b>Ozono</b>	<b>2</b>	235,6 ± 6,1	200,2 ± 5,3	196,7 ± 6,2	202,1 ± 4,8
<b>Ozono</b>	<b>4</b>	230,3 ± 5,0	207,3 ± 5,2	194,4 ± 5,2	197,3 ± 5,4
<b>Ozono</b>	<b>6</b>	233,1 ± 4,4	208,1 ± 4,3	202,7 ± 3,8	203,3 ± 5,7
<b>Ozono</b>	<b>8</b>	230,8 ± 4,3	197,7 ± 3,2	198,5 ± 5,9	199,2 ± 6,0

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=9).

<sup>2</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

<sup>3</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

**Saturación (C\*).** Las bayas TS no presentaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos durante los 3 primeros días de evaluación (Cuadro 5). Sin embargo, el último día de evaluación, el valor más bajo fue obtenido por el tratamiento con  $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$ , quien presentó 11,2.

Las bayas BS presentaron diferencias significativas solamente en los 2 primeros días de evaluación, el primer día el menor valor lo obtuvo el tratamiento de  $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$  con 4,3, mientras que el segundo día el menor valor fue observado en tratamiento de  $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$  con 5,1 (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Saturación de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a  $5^\circ\text{C}$ .

Desinfectante ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Saturación				
	‘Thompson Seedless’				
	día 1	día 7	día 14	día 21	
<b>NaClO 100</b>	$15,8 \pm 0,9^1$ NS <sup>2</sup>	$14,6 \pm 0,9$ NS	$13,1 \pm 1,0$ NS	$13,8 \pm 0,8$	ab <sup>3</sup>
<b>Ozono 2</b>	$17,3 \pm 0,9$	$15,1 \pm 1,1$	$14,2 \pm 1,1$	$13,8 \pm 1,1$	ab
<b>Ozono 4</b>	$18,2 \pm 0,9$	$13,2 \pm 0,6$	$11,0 \pm 0,8$	$11,2 \pm 1,4$	b
<b>Ozono 6</b>	$18,3 \pm 1,1$	$13,7 \pm 0,9$	$14,3 \pm 1,2$	$15,6 \pm 0,6$	a
<b>Ozono 8</b>	$18,8 \pm 1,3$	$15,5 \pm 1,2$	$13,5 \pm 1,2$	$14,8 \pm 1,0$	a
‘Black Seedless’					
	día 1	día 7	día 14	día 21	
<b>NaClO 100</b>	$8,2 \pm 0,6$ a	$7,7 \pm 0,9$ a	$5,7 \pm 0,5$ NS	$7,1 \pm 0,9$ NS	
<b>Ozono 2</b>	$5,4 \pm 0,9$ ab	$5,1 \pm 0,5$ b	$5,2 \pm 0,5$	$6,6 \pm 0,6$	
<b>Ozono 4</b>	$6,4 \pm 0,8$ ab	$6,0 \pm 0,4$ ab	$5,8 \pm 0,4$	$6,2 \pm 0,5$	
<b>Ozono 6</b>	$5,3 \pm 0,6$ ab	$6,2 \pm 0,3$ ab	$5,7 \pm 0,3$	$6,3 \pm 0,5$	
<b>Ozono 8</b>	$4,3 \pm 0,5$ b	$6,4 \pm 0,6$ ab	$5,8 \pm 0,4$	$6,7 \pm 0,7$	

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio  $\pm$  desviación estándar (n=9).

<sup>2</sup>/No Significativo  $p \geq 0,05$ .

<sup>3</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## Firmeza

Las bayas TS presentaron diferencias significativas solamente en los 2 últimos días de evaluación. En el día 14, el tratamiento que no se trató con O<sub>3</sub> presentó el valor más alto, siendo este 4,1 N. El día 21, los valores de firmeza variaron entre 3,1 y 4,1 N, siendo el tratamiento con 4 mg·L<sup>-1</sup> el menor valor y el tratamiento con 2 mg·L<sup>-1</sup> el mayor valor.

En las bayas BS, el comportamiento fue similar entre los diferentes tratamientos en todos los días de evaluación, no presentando diferencias significativas entre ninguno de ellos. Los valores obtenidos fluctuaron entre 2,4 y 3,1 N el día 1, entre 2,6 y 4,1 N el día 7, entre 2,3 y 2,6 N el día 14 y entre 2,4 y 2,9 N el día 21 (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Firmeza (N) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Desinfectante (mg·L <sup>-1</sup> )	Firmeza (N)			
	‘Thompson Seedless’			
	día 1	día 7	día 14	día 21
<b>NaClO 100</b>	3,8 ± 0,3 <sup>1</sup> NS <sup>2</sup>	4,3 ± 0,3 NS	4,1 ± 0,4 a <sup>3</sup>	3,7 ± 0,2 ab
<b>Ozono 2</b>	4,6 ± 0,2	4,3 ± 0,2	3,8 ± 0,1 ab	4,1 ± 0,2 a
<b>Ozono 4</b>	3,6 ± 0,2	3,3 ± 0,1	3,1 ± 0,1 b	3,1 ± 0,1 b
<b>Ozono 6</b>	3,5 ± 0,2	4,0 ± 0,2	3,4 ± 0,1 ab	3,7 ± 0,1 ab
<b>Ozono 8</b>	3,7 ± 0,2	3,6 ± 0,1	3,4 ± 0,1 ab	3,5 ± 0,1 ab
‘Black Seedless’				
	día 1	día 7	día 14	día 21
<b>NaClO 100</b>	2,6 ± 0,2 NS	4,1 ± 0,2 NS	2,4 ± 0,1 NS	2,4 ± 0,1 NS
<b>Ozono 2</b>	2,4 ± 0,2	2,9 ± 0,1	2,6 ± 0,1	2,7 ± 0,1
<b>Ozono 4</b>	2,9 ± 0,2	2,9 ± 0,1	2,6 ± 0,1	2,8 ± 0,1
<b>Ozono 6</b>	2,4 ± 0,2	2,6 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,9 ± 0,1
<b>Ozono 8</b>	3,1 ± 0,2	2,9 ± 0,2	2,4 ± 0,1	2,5 ± 0,1

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=9).

<sup>2</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

<sup>3</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).



### Determinaciones químicas

**Sólidos solubles totales (SST).** En las bayas TS el día 1, 7 y 14 el tratamiento que no se le aplicó O<sub>3</sub> presentó el valor de SST más alto, con 17,8 % (día 1), 17,7 % (día 7) y 17 % (día 14) respectivamente. El último día de evaluación no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Cuadro 7).

Las bayas BS no presentaron diferencias significativas en los días 1 y 14, sin embargo en los días 7 y 21 sí hubo diferencias significativas. En el día 7 y 21 el valor más alto fue observado en el tratamiento con 6 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub>, con 24,9 % (día 7) y 24,4 % (día 21).

**Cuadro 7.** Sólidos solubles totales (%) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Desinfectante (mg·L <sup>-1</sup> )		SST (%)			
		‘Thompson Seedless’			
		día 1	día 7	día 14	día 21
NaClO	100	17,8 ± 1 <sup>1</sup> a <sup>2</sup>	17,7 ± 1,0 a	17,0 ± 0,2 a	18,1 ± 1,0 NS <sup>3</sup>
Ozono	2	15,2 ± 1 abc	16,7 ± 1,0 ab	13,9 ± 1,0 b	17,4 ± 1,1
Ozono	4	13,5 ± 1 c	13,7 ± 0,1 c	13,5 ± 1,0 b	17,2 ± 1,0
Ozono	6	16,6 ± 1 ab	16,6 ± 0,2 ab	16,6 ± 1,0 b	17,2 ± 0,2
Ozono	8	14,6 ± 1 bc	15,1 ± 0,1 bc	13,3 ± 0,7 b	15,8 ± 0,1
		‘Black Seedless’			
		día 1	día 7	día 14	día 21
NaClO	100	22,5 ± 0,2 NS	21,7 ± 0,4 b	22,2 ± 1,0 NS	22,0 ± 0,1 ab
Ozono	2	24,2 ± 0,4	20,6 ± 1,0 b	21,9 ± 1,0	20,7 ± 1,0 b
Ozono	4	23,7 ± 1,0	22,6 ± 1,0 ab	23,0 ± 1,0	22,4 ± 1,0 ab
Ozono	6	22,1 ± 1,0	24,9 ± 0,3 a	22,2 ± 0,1	24,4 ± 0,6 a
Ozono	8	23,5 ± 1,0	22,3 ± 1,0 b	21,0 ± 1,4	22,7 ± 0,8 ab

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>3</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

**Acidez titulable.** Los % de AT en las bayas TS variaron entre 0,47 y 0,58 % el día 1, entre 0,54 y 0,55 % el día 7, entre 0,47 y 0,61 % el día 14 y entre 0,49 y 0,59 % el día 21.

En las bayas BS variaron entre 0,36 y 0,43 % el día 1, entre 0,34 y 0,39 % entre el día 7, entre 0,34 y 0,36 % el día 14 y entre 0,34 y 4 % el día 21.

No se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos ni el día 7 en las bayas TS ni el día 14 en las bayas BS (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Acidez titulable de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Desinfectante (mg·L <sup>-1</sup> )		Acidez titulable (% ácido tartárico)			
		Thompson Seedless			
		día 1	día 7	día 14	día 21
NaClO	100	0,54 ± 0,0 <sup>1</sup> ab <sup>2</sup>	0,55 ± 0,0 NS <sup>3</sup>	0,47 ± 0,0 ab	0,53 ± 0,0 ab
Ozono	2	0,55 ± 0,0 a	0,54 ± 0,0	0,55 ± 0,0 ab	0,51 ± 0,0 b
Ozono	4	0,58 ± 0,1 a	0,54 ± 0,0	0,59 ± 0,0 ab	0,56 ± 0,0 ab
Ozono	6	0,47 ± 0,1 b	0,55 ± 0,0	0,50 ± 0,0 b	0,49 ± 0,0 b
Ozono	8	0,55 ± 0,0 ab	0,54 ± 0,0	0,61 ± 0,0 a	0,59 ± 0,0 a
		Black Seedless			
		día 1	día 7	día 14	día 21
NaClO	100	0,38 ± 0,0 ab	0,36 ± 0,0 ab	0,34 ± 0,0 NS	0,36 ± 0,0 b
Ozono	2	0,38 ± 0,0 ab	0,39 ± 0,0 a	0,35 ± 0,0	0,40 ± 0,0 a
Ozono	4	0,36 ± 0,0 b	0,34 ± 0,0 b	0,36 ± 0,0	0,35 ± 0,0 b
Ozono	6	0,37 ± 0,0 a	0,34 ± 0,0 b	0,34 ± 0,0	0,34 ± 0,0 b
Ozono	8	0,43 ± 0,0 a	0,34 ± 0,0 b	0,36 ± 0,0	0,34 ± 0,0 b

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>3</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

### **Recuentos microbiológicos**

**Recuento de aerobios mesófilos (RAM).** Los días 1 y 7 los recuentos fueron menores a  $1 \log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$ . El resto de los días de evaluación, a pesar de existir crecimiento de microorganismos no se observaron diferencias significativas entre ellos (Cuadro 9).

**Psicrófilos.** Durante los 21 días de almacenamiento, los recuentos Psicrófilos fueron menores a  $1 \log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$  en todos los tratamientos (Cuadro 9).

**Enterobacterias.** Los días 1 y 7 los recuentos fueron menores a  $1 \log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$ . El resto de los días de evaluación, a pesar de existir colonias, estas no fueron estadísticamente diferentes entre sí. Los valores en los 2 últimos días de evaluación permanecieron entre los valores  $0,33$  y  $1,33 \log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$  el día 14 y entre  $0,8$  y  $1,56 \log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$  el día 21 (Cuadro 9).

**Hongos y levaduras.** En el Cuadro 9 se pueden observar los recuentos de hongos y levaduras en los distintos días de evaluación. A pesar de existir recuentos los días 1 y 7, estos no presentaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos. El día 14, los valores variaron entre  $0,86$  y  $2,23 \log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$  y el día 21 entre  $0,2$  y  $2,2 \log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$ .

**Cuadro 9.** Recuentos microbiológicos ( $\log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Tratamientos ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )		Recuentos microbiológicos ( $\log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$ )			
		RAM			
		Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
<b>NaClO</b>	<b>100</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$2,08 \pm 0,16$ NS	$\leq 1$ NS
<b>Ozono</b>	<b>2</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,72 \pm 0,02$	$1,20 \pm 0,10$
<b>Ozono</b>	<b>4</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,00 \pm 0,51$	$\leq 1$
<b>Ozono</b>	<b>6</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,80 \pm 0,05$	$1,71 \pm 0,07$
<b>Ozono</b>	<b>8</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,02 \pm 0,51$	$\leq 1$
		Psicrófilos			
<b>NaClO</b>	<b>100</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$
<b>Ozono</b>	<b>2</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$
<b>Ozono</b>	<b>4</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$
<b>Ozono</b>	<b>6</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$
<b>Ozono</b>	<b>8</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$
		Enterobacterias			
<b>NaClO</b>	<b>100</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,04 \pm 0,50$ NS
<b>Ozono</b>	<b>2</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,33 \pm 0,30$	$\leq 1$
<b>Ozono</b>	<b>4</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,39 \pm 0,20$
<b>Ozono</b>	<b>6</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,08 \pm 0,50$
<b>Ozono</b>	<b>8</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,56 \pm 0,10$
		Hongos y levaduras			
<b>NaClO</b>	<b>100</b>	$1,51 \pm 0,11$ NS	$\leq 1$ NS	$2,01 \pm 0,06$ NS	$1,05 \pm 0,53$ NS
<b>Ozono</b>	<b>2</b>	$1,59 \pm 0,15$	$1,43 \pm 0,21$	$1,72 \pm 0,07$	$2,22 \pm 0,04$
<b>Ozono</b>	<b>4</b>	$1,69 \pm 0,05$	$1,04 \pm 0,54$	$1,58 \pm 0,29$	$1,59 \pm 0,06$
<b>Ozono</b>	<b>6</b>	$1,63 \pm 0,17$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$
<b>Ozono</b>	<b>8</b>	$1,76 \pm 0,08$	$1,56 \pm 0,28$	$2,23 \pm 0,07$	$2,20 \pm 0,12$

1/Los valores indican el promedio  $\pm$  desviación estándar (n=3).

2/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

3/No Significativo  $p \geq 0,05$ .

### Determinación de calidad sensorial

**Apariencia.** En los días 1 y 7 no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. El día 14, el tratamiento con  $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ O}_3$  presentó el valor de apariencia más alto, con 9,9. El día 21 el tratamiento con  $4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ O}_3$  obtuvo una puntuación de 4,1, significativamente menor en comparación a los otros tratamientos (Cuadro 10).

**Textura.** Los valores de textura fueron similares entre todos los tratamientos en cada uno de los días de evaluación, no encontrándose diferencias significativas entre ellos (Cuadro 10).

La aplicación de agua ozonizada en concentraciones de 2, 4, 6 y 8 mg·L<sup>-1</sup> no generó ningún tipo de sabor extraño en ambas variedades de uva de mesa.

**Cuadro 10.** Calidad sensorial (apariencia y textura) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Desinfectante (mg·L <sup>-1</sup> )	Calidad sensorial				
	Apariencia				
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21	
<b>NaClO 100</b>	10,6 ± 0,9 <sup>1</sup> NS <sup>2</sup>	10,6 ± 0,7 NS	5,9 ± 0,9 b <sup>3</sup>	5,2 ± 1,0 a	
<b>Ozono 2</b>	10,9 ± 1,2	9,8 ± 0,8	9,9 ± 0,9 a	5,9 ± 1,2 a	
<b>Ozono 4</b>	8,6 ± 1,3	11,9 ± 0,8	8,2 ± 0,9 ab	4,1 ± 1,1 b	
<b>Ozono 6</b>	11,4 ± 1,1	12,0 ± 0,6	9,1 ± 0,9 ab	5,9 ± 0,9 a	
<b>Ozono 8</b>	10,3 ± 1,0	10,1 ± 1,0	8,0 ± 1,1 ab	6,3 ± 1,1 a	

Textura					
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21	
<b>NaClO 100</b>	7,1 ± 0,8 NS	8,4 ± 1,1 NS	7,9 ± 0,7 NS	6,2 ± 1,0 NS	
<b>Ozono 2</b>	9,1 ± 1,3	10,4 ± 0,4	10,2 ± 0,8	7,7 ± 0,9	
<b>Ozono 4</b>	8,7 ± 0,8	10,2 ± 0,8	9,9 ± 0,8	6,5 ± 0,9	
<b>Ozono 6</b>	10,0 ± 1,2	10,1 ± 0,7	9,4 ± 0,9	7,9 ± 0,9	
<b>Ozono 8</b>	8,7 ± 1,0	9,4 ± 0,6	9,4 ± 0,8	7,3 ± 1,1	

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

<sup>3</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

### Determinación de compuestos funcionales

**Fenoles totales.** En las bayas TS, el primer día de evaluación, los tratamientos con mayor dosis de O<sub>3</sub> (6 y 8 mg·L<sup>-1</sup>) obtuvieron los valores más altos. El resto de los días, el mayor contenido de fenoles fue observado en el tratamiento con 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> (Cuadro 11).

En las bayas BS sólo se encontraron diferencias significativas el día 14, en donde los tratamientos con O<sub>3</sub> alcanzaron los valores 21,8, 20,8, 22,1 mg EAG · g<sup>-1</sup> PF y 22,2 mg EAG·g<sup>-1</sup> PF para las dosis de 2, 6 y 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> respectivamente, siendo éstos significativamente mayores que el testigo, el cual obtuvo 17,7 mg EAG·g<sup>-1</sup> PF (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Fenoles totales (mg EAG·g<sup>-1</sup> PF) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Desinfectante (mg·L <sup>-1</sup> )		Fenoles totales (mg EAG·g <sup>-1</sup> PF)			
		‘Thompson Seedless’			
		día 1	día 7	día 14	día 21
NaClO	100	2,7 ± 0,1 <sup>1</sup> c <sup>2</sup>	2,3 ± 0,2 c	2,2 ± 0,1 c	2,6 ± 0,1 c
Ozono	2	3,3 ± 0,1 bc	3,1 ± 0,1 b	3,1 ± 0,1 bc	2,8 ± 0,1 c
Ozono	4	3,4 ± 0,1 b	3,1 ± 0,2 b	2,1 ± 0,1 c	2,9 ± 0,0 bc
Ozono	6	4,0 ± 0,1 a	3,8 ± 0,1 ab	3,7 ± 0,2 ab	3,3 ± 0,1 ab
Ozono	8	4,2 ± 0,1 a	4,1 ± 0,0 a	3,8 ± 0,1 a	3,6 ± 0,1a
		‘Black Seedless’			
		día 1	día 7	día 14	día 21
NaClO	100	18,1 ± 0,4 NS <sup>3</sup>	17,8 ± 2,2 NS	17,7 ± 0,5 b	16,4 ± 0,7 NS
Ozono	2	22,1 ± 1,2	21,6 ± 0,4	21,8 ± 0,6 a	20,3 ± 1,3
Ozono	4	22,0 ± 2,4	21,7 ± 2,5	20,8 ± 1,1 ab	19,3 ± 0,8
Ozono	6	23,4 ± 0,9	23,1 ± 1,7	22,1 ± 0,8 a	21,5 ± 2,2
Ozono	8	23,8 ± 0,9	22,8 ± 0,2	22,7 ± 0,7 a	21,7 ± 0,9

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>3</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

**Actividad antioxidante.** En las bayas TS los tratamientos con 6 y 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> alcanzaron los valores significativamente más altos durante los días 1 y 7. El día 14 y 21 el tratamiento con NaClO presentó el menor valor con 6,1 y 5,8, respectivamente (Cuadro 12).

Las bayas BS presentaron diferencias significativas solamente los días 7 y 14. El día 7, los tratamientos con 6 y 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> presentaron valores significativamente más altos que el testigo, el cual sólo alcanzó 37,2 mg ET·g<sup>-1</sup> PF. El día 14 el mayor valor lo obtuvo el tratamiento con 8 mg·L<sup>-1</sup> que presentó 52,3 mg ET·g<sup>-1</sup> PF.

**Cuadro 12.** Actividad antioxidante (DPPH) de las bayas ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Desinfectante (mg·L <sup>-1</sup> )	Actividad antioxidante (DPPH)			
	‘Thompson Seedless’			
	día 1	día 7	día 14	día 21
<b>NaClO 100</b>	5,8 ± 0,2 <sup>1</sup> c <sup>2</sup>	5,7 ± 0,2 c	6,1 ± 0,6 b	5,8 ± 0,3 b
<b>Ozono 2</b>	8,9 ± 0,5 b	7,8 ± 0,2 c	8,4 ± 0,9 ab	8,4 ± 0,7 ab
<b>Ozono 4</b>	9,1 ± 0,4 b	8,3 ± 0,9 b	8,4 ± 0,3 ab	7,6 ± 0,2 a
<b>Ozono 6</b>	11,3 ± 0,2 a	10,7 ± 0,3 a	8,9 ± 0,9 ab	8,4 ± 0,2 a
<b>Ozono 8</b>	12,0 ± 0,4 a	12,0 ± 0,1 a	10,6 ± 0,2 a	9,1 ± 0,3 a
	‘Black Seedless’			
	día 1	día 7	día 14	día 21
<b>NaClO 100</b>	40,0 ± 1,2 NS <sup>3</sup>	37,2 ± 3,2 b	42,9 ± 0,3 c	42,1 ± 2,8 NS
<b>Ozono 2</b>	46,5 ± 4,8	46,8 ± 2,2 ab	45,8 ± 0,6 bc	47,1 ± 4,1
<b>Ozono 4</b>	46,2 ± 2,2	47,5 ± 1,4 ab	46,9 ± 0,7 abc	47,2 ± 0,8
<b>Ozono 6</b>	53,1 ± 4,8	52,1 ± 3,1 a	51,0 ± 1,1 ab	50,6 ± 3,0
<b>Ozono 8</b>	54,3 ± 1,6	52,3 ± 0,2 a	53,0 ± 2,4 a	51,4 ± 2,1

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>3</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

En el Cuadro 13 se puede observar la AA de las bayas, medida por el método de FRAP, en las bayas TS el tratamiento con 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> presentó los mayores valores en los 3 primeros días de evaluación. El día 21 los valores más altos fueron alcanzados por los tratamientos con 4, 6 y 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub>.

En las bayas BS sólo se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en los 3 primeros días de evaluación, donde el tratamiento con 100 mg·L<sup>-1</sup> NaClO presentó el valor más bajo.

**Cuadro 13.** Actividad antioxidante (FRAP) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Desinfectante (mg·L <sup>-1</sup> )	Actividad antioxidante (DPPH)			
	‘Thompson Seedless’			
	día 1	día 7	día 14	día 21
<b>NaClO 100</b>	3,3 ± 0,1 c	2,8 ± 0,1 d	2,7 ± 0,1 c	2,8 ± 0,0 b
<b>Ozono 2</b>	4,4 ± 0,1 b	3,5 ± 0,1 cd	3,5 ± 0,3 ab	3,1 ± 0,1 b
<b>Ozono 4</b>	4,4 ± 0,1 b	4,1 ± 0,3 bc	3,4 ± 0,1 c	3,8 ± 0,1 a
<b>Ozono 6</b>	5,0 ± 0,1 ab	4,7 ± 0,1 ab	4,3 ± 0,1 ab	4,3 ± 0,1 a
<b>Ozono 8</b>	5,3 ± 0,1 a	5,1 ± 0,1 a	4,8 ± 0,1 a	4,7 ± 0,3 a
‘Black Seedless’				
	día 1	día 7	día 14	día 21
<b>NaClO 100</b>	12,1 ± 0,6 b	11,3 ± 1,0 b	11,1 ± 0,2 b	10,4 ± 0,5 NS
<b>Ozono 2</b>	14,6 ± 1,2 ab	13,2 ± 0,4 ab	13,1 ± 0,1 a	12,7 ± 1,3
<b>Ozono 4</b>	14,6 ± 0,5 ab	14,1 ± 0,6 ab	13,5 ± 0,4 a	12,9 ± 0,5
<b>Ozono 6</b>	16,1 ± 1,0 ab	15,0 ± 0,8 a	13,9 ± 0,3 a	12,1 ± 0,4
<b>Ozono 8</b>	16,6 ± 0,7 a	15,0 ± 0,6 a	14,0 ± 0,4 a	12,2 ± 0,6

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

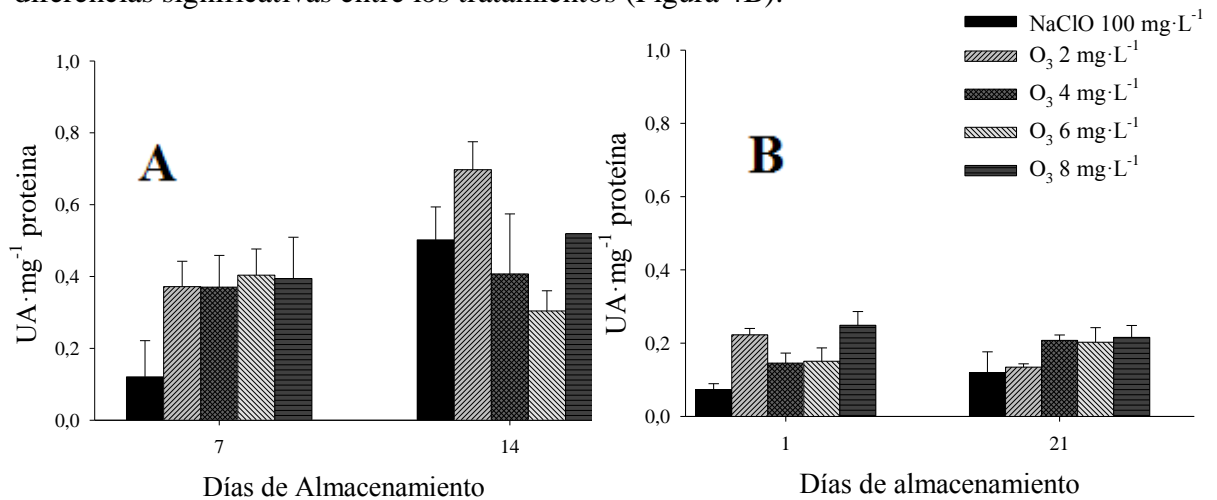
<sup>3</sup>/No Significativo  $p \geq 0,05$ .



### Determinación de enzimas de estrés oxidativo

**Catalasa (CAT).** Las bayas TS presentaron diferencias entre los tratamientos los días 7 y 14. El día 7 el tratamiento testigo obtuvo el menor valor siendo éste  $0,120 \text{ UA}\cdot\text{mg}^{-1}$  de proteína. El día 14 la actividad de esta enzima varió entre  $0,304$  y  $0,501 \text{ UA}\cdot\text{mg}^{-1}$  de proteína (Figura 4A).

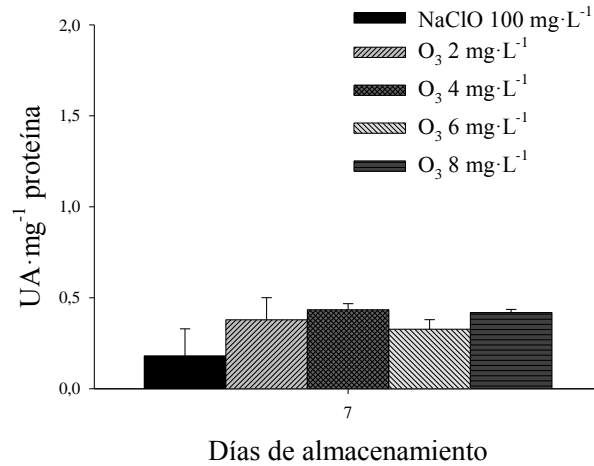
En las bayas BS el primer día de evaluación los valores mas altos fueron alcanzados por los tratamientos con  $2$  y  $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{O}_3$  cuyos valores fueron  $0,222$  y  $0,248 \text{ UA}\cdot\text{mg}^{-1}$  de proteína respectivamente. El día 21 los tratamientos con  $\text{O}_3$  alcanzaron  $0,207 \text{ UA}\cdot\text{mg}^{-1}$  de proteína ( $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{O}_3$ ),  $0,202 \text{ UA}\cdot\text{mg}^{-1}$  ( $6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{O}_3$ ) y  $0,215 \text{ UA}\cdot\text{mg}^{-1}$  ( $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{O}_3$ ), siendo estos los valores más altos. El resto de los días evaluados, no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 4B).



**Figura 4.** Actividad de CAT de las bayas ‘Thompson Seedless’ (A) y ‘Black Seedless’ (B) conservadas a 21 días a  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Las barras verticales representan el error estándar de la media ( $n=3$ ).

**Ascorbato peroxidasa.** La actividad de esta enzima en las bayas TS fue similar entre los diferentes tratamientos en los 4 momentos de evaluación, no registrándose diferencias significativas entre ellos. Los valores oscilaron entre  $0,46$  y  $0,56 \text{ UA}\cdot\text{mg}^{-1}$  de proteína el día 1, entre  $0,381$  y  $0,714 \text{ UA}\cdot\text{mg}^{-1}$  de proteína el día 7, entre  $0,499$  y  $0,853 \text{ UA}\cdot\text{mg}^{-1}$  de proteína entre 14 y entre  $0,554$  y  $0,684 \text{ UA}\cdot\text{mg}^{-1}$  de proteína el día 21 (Figura 5).

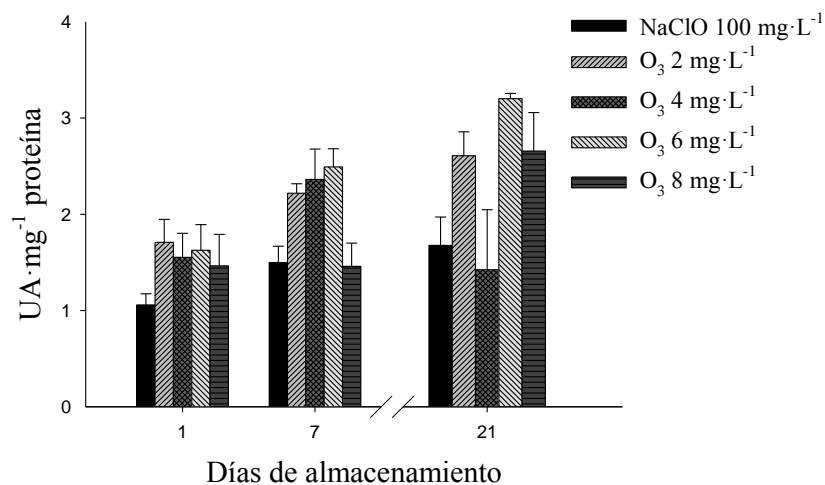
En la Figura 5 se puede observar la actividad de esta enzima en las bayas BS en el día 7, debido a que solo en este día se registraron diferencias significativas entre los tratamientos, donde los tratamientos con  $\text{O}_3$  alcanzaron una mayor actividad respecto al testigo que presentó  $0,18 \text{ UA}\cdot\text{mg}^{-1}$  de proteína.



**Figura 5.** Actividad de APX de las bayas ‘Black Seedless’ conservadas a 21 días a 5 °C. Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=3).

**Superóxido dismutasa.** La actividad de esta enzima en las bayas TS sólo presentó diferencias significativas al final del ensayo, en donde los tratamientos con 2 y 6 mg·L<sup>-1</sup> alcanzaron 2 y 2,51 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína, respectivamente, siendo éstos los más altos, mientras que los más bajos se observaron en los tratamiento testigo, 4 y 8 mg·L<sup>-1</sup> de O<sub>3</sub>, con 1,55, 0,68 y 1,26 y UA·mg<sup>-1</sup> de proteína, respectivamente.

En las bayas BS, el día 1, se puede observar una relación entre las bayas desinfectadas con ozono y el testigo, la cual muestra que al aplicar O<sub>3</sub> la actividad de la SOD tiende a aumentar. El día 7 los mayores valores fueron obtenidos por los tratamientos con 2, 4 y 6 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub>, los que presentaron una actividad de 2,21; 2,36 y 2,49 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína, respectivamente. Finalmente el día 21, los tratamientos desinfectados con 2, 6 y 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> presentaron una mayor actividad, con 2,6; 3,2 y 2,65 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína, respectivamente (Figura 6).



**Figura 6.** Actividad de SOD de las bayas ‘Black Seedless’ conservadas a 21 días a 5 °C. Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=3).

## DISCUSIÓN

En esta investigación se pudo establecer que al tratar ambas variedades que componen la ensalada de uva de mesa MP, existe un efecto en la producción de CO<sub>2</sub>, en donde el producto aumenta su tasa respiratoria, en hasta 4 veces su valor, cuando se ve expuesto a dosis de O<sub>3</sub> comprendidas entre 2 y 8 mg·L<sup>-1</sup>. Este comportamiento se puede deber al estrés que estas dosis de O<sub>3</sub> generan en las frutas y hortalizas, las cuales junto con el estrés producido por el desgrane, desencadenarían diversas rutas metabólicas que lograrían finalmente incrementar la producción de CO<sub>2</sub> (Aguayo *et al.*, 2006). Resultados similares a los obtenidos en este estudio observaron Aguayo *et al.* (2006), en donde al lavar tomates ‘Thomas’ MP por 1, 3 y 5 min se observó un incremento en la tasa respiratoria de casi el doble con respecto al testigo. Por otra parte Beltrán *et al.* (2003) también observaron un incremento de este parámetro en zanahoria MP, donde lavados con 3,7 mg·L<sup>-1</sup> incrementaron en un 40% la tasa respiratoria con respecto al testigo. Es necesario destacar que este comportamiento no es universal y depende del tipo de producto a desinfectar y la dosis utilizada, es así como que diversos autores han encontrado, por el contrario, una reducción en la tasa respiratoria (Zhang *et al.*, 2005; Beltrán *et al.*, 2005).

La pérdida de peso observada en las bolsas fue mínima (0-0,2 %). Esto se logró debido a la capacidad de la película plástica utilizada, la cual tiene la capacidad de regular la atmósfera que rodea al producto a lo largo del periodo de conservación y mantener la humedad relativa alta, disminuyendo de esta manera la pérdida de peso generada por la deshidratación (Tano *et al.*, 2007).

Con respecto a la atmósfera que se generó al interior, éste cambio se atribuye a la interacción entre la respiración del producto, la permeabilidad de la película plástica y la temperatura de almacenamiento, que en este caso fue a 5±1 °C (Meneses *et al.*, 2008), a pesar que la tasa respiratoria de los distintos tratamientos con el testigo fue diferente, este comportamiento no se vio reflejado en la composición de las atmósferas de las distintas bolsas evaluadas. La tendencia de la disminución del oxígeno (O<sub>2</sub>) junto con el aumento de CO<sub>2</sub> que se observó en esta investigación, contribuiría de manera positiva a la calidad final del producto, debido a que bajas concentraciones de O<sub>2</sub> y elevadas de CO<sub>2</sub> extienden la vida útil de los productos MP (Rico *et al.*, 2007; Sandhya, 2010).

El color es uno de los atributos que más inciden en la decisión de compra de los productos MP. La luminosidad (L) no se vio afectada por la aplicación de agua ozonizada presentando valores similares que el testigo. Esto no coincide con lo que señalan Aday y Caner (2014), que afirman que uno de los efectos del O<sub>3</sub> sobre los productos es producir blanqueamiento,

lo que elevaría los valores de L. Los valores de tono ( $H_{ab}$ ) y saturación en ambas variedades no se vieron mayormente afectados tras la aplicación de agua ozonizada, por lo que este desinfectante no afectaría la presentación del producto inicial frente al consumidor. Esto concuerda con lo señalado por Fan *et al.* (2012) que tras aplicar  $O_3$  en tomates no observaron efectos ni en los parámetros de color ni firmeza.

La firmeza representa el parámetro de calidad asociado a la frescura del producto (Rico *et al.*, 2007). Su modificación a lo largo del periodo de almacenamiento se debe a los cambios naturales asociados al proceso de maduración que presenta la pared celular debido a la acción de enzimas específicas que la degradan (Femenia *et al.*, 2009). Este parámetro no afectó a las bayas tras la aplicación de 2 a 8  $mg \cdot L^{-1}$  de  $O_3$ , ya que presentaron valores similares al testigo, tal como lo señalan Baur *et al.* (2004) quienes tras aplicar 1  $mg \cdot L^{-1}$  de  $O_3$  en lechuga no observaron cambios en la firmeza.

Con respecto a la AT, si bien los resultados mostraron variaciones significativas, estas no permiten generar conclusiones debido a que estas variaciones no se mantienen durante el almacenamiento. Sin embargo, es necesario señalar que la AT debería haberse visto afectada por el incremento de la respiración observado en esta investigación, debido al consumo de ácidos orgánicos necesarios para este proceso, aunque Aguayo *et al.* (2006) afirmaron que la aplicación de  $O_3$  en tomate MP no afecta los valores de AT.

En cuanto a los SST en las bayas TS, el  $O_3$  disminuyó levemente el porcentaje de SST. Sin embargo este comportamiento no fue similar en las bayas BS, en donde los días 7 y 14, los valores más altos y bajos fueron conseguidos por las distintas dosis de  $O_3$ . El resto de los días de evaluación no se detectaron diferencias significativas entre los tratados con  $O_3$  y el testigo. Un comportamiento similar observó Zhang *et al.* (2005) en apio, donde no detectaron diferencias significativas sobre el porcentaje de SST en los tratamientos lavados con  $O_3$ , concluyendo que independiente de la dosis (0,03; 0,08 o 0,18  $mg \cdot L^{-1}$ ) el efecto del  $O_3$  sobre los SST fue casi imperceptible.

Sensorialmente, el efecto de los lavados con  $O_3$  afectó de manera positiva a las bayas de TS y BS. El día 1 y 7 las puntuaciones estuvieron por sobre 8,4 en una escala de 1 a 15, concordando con lo señalado por diversos investigadores. Es así como Chauhan *et al.* (2011), luego de tratar bastones de zanahoria afirmaron que la aplicación de  $O_3$  mantuvo la calidad sensorial durante 30 días a  $6 \pm 1$  °C. Además, Beltrán *et al.* (2005) señalan que las aplicaciones de  $O_3$  junto con retrasar el pardeamiento de papas MP, sensorialmente mantienen el aroma y la textura. Por otra parte, Zhang *et al.* (2005) concluyeron que las características sensoriales de apio lavado con agua ozonizada fueron significativamente mejores que los sin  $O_3$ .

En cuanto a los compuestos funcionales, los valores que se presentan en esta investigación en ambas variedades indican que la aplicación  $O_3$  en un rango de 6 a 8  $mg \cdot L^{-1}$  aumentarían los compuestos fenólicos de uva de mesa MP en comparación con el testigo desinfectado con agua clorada, probablemente debido al estrés generado no sólo por la propiedad oxidante del  $O_3$ , sino también por los radicales generados en la descomposición de éste, los cuales son estabilizados por los compuestos fenólicos del producto desinfectado (Gill y Tuteja, 2010). Este efecto se explicaría también debido al efecto que el  $O_3$  genera en la ruta de activación de la enzima fenil amonio liasa (PAL), enzima clave en la síntesis de compuestos fenólicos (Allothman *et al.* 2010). Debido a la significativa correlación que existe entre los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante (AA) es de esperarse un comportamiento similar en este parámetro en el producto tratado (Ali *et al.*, 2014), tal como ocurrió en esta investigación.

La AA en las frutas se debe a la presencia y cantidad de compuestos como polifenoles, carotenos, vitaminas C y E, entre otros (Escorza *et al.*, 2009). La AA en este estudio fue medida mediante los métodos de FRAP y DPPH. Los resultados muestran que los tratamientos con 6 y 8  $mg \cdot L^{-1}$  de  $O_3$  presentaron valores más altos que el testigo. Este comportamiento concuerda con los obtenidos por Alí *et al.* (2014), quienes al igual que en este estudio midieron mediante estos 2 métodos el efecto de la pre-exposición de  $O_3$  en papaya y concluyeron que la actividad antioxidante fue significativamente mayor en los tratamientos expuestos a este oxidante. Resultados similares fueron obtenidos por Allothman *et al.* (2010) al tratar bananas y piñas con  $O_3$  en durante 10, 20 y 30 min. Silveira *et al.* (2010) también observaron un aumento en la AA de los tratamientos de melón 'Galia' tratados con  $O_3$  y conservados durante 10 días a 5 °C.

La actividad de la SOD en los tratamientos con  $O_3$  en las bayas BS fue significativamente mayor que el testigo solamente el primer día de evaluación donde alcanzan 1,708  $UA \cdot mg^{-1}$  de proteína frente a 1,05  $UA \cdot mg^{-1}$  de proteína obtenido por el testigo. Esto se pudo deber al efecto de la exposición de  $O_3$  en la célula vegetal especies, generando especies reactivas de oxígeno (ROS) como superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ), hidroxilo ( $OH^{\cdot}$ ) y peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) las cuales, deben ser eliminada por las enzimas de estrés oxidativo: superóxido dismutasa (SOD), ascorbato peroxidasa (APX) y catalasa (CAT) (Gill y Tuteja, 2010). Los estudios que demuestran el efecto que producen los lavados con  $O_3$  sobre estas enzimas son limitados. An *et al.* (2007) tras aplicar 1  $mg \cdot L^{-1}$  en espárragos y almacenarlos en atmósfera modificada (AM) observó mayores valores de la actividad de SOD con respecto a los tratamientos de AM y  $O_3$  por separados y el testigo, concluyendo que existe un efecto sinérgico entre la AM y el agua ozonizada sobre la función antioxidante de esta enzima. Un comportamiento similar fue apreciado por Boorkorn *et al.* (2012) tras aplicar  $O_3$  gaseoso en mandarinas.

El aumento de la actividad de CAT en las bayas TS, fue perceptible sólo al inicio de esta investigación donde todas las bayas tratadas con O<sub>3</sub> presentaron mayores valores que el testigo. En las bayas BS, el comportamiento fue similar, aunque el aumento fue más notorio el día 7, lo que podría sugerir un efecto positivo del O<sub>3</sub> sobre la actividad de esta enzima, tal como lo observaron Tomas-Callejas *et al.* (2011), en donde tras la aplicación con NEW (agente oxidante) en hojas de mizuna MP observaron el aumento de la actividad de la CAT con respecto al testigo. An *et al.* (2007) también observaron una actividad mayor de esta enzima cuando se aplicó O<sub>3</sub> con AM con respecto al resto de los tratamientos.

La actividad de APX de los tratamientos con O<sub>3</sub> fue significativamente mayor, solamente el día 7, donde alcanzaron 0,43 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína, mientras que el testigo presentó 0,18 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína. Un comportamiento similar observaron Lemoine *et al.* (2010) en brócoli, quienes registraron una mayor actividad de esta enzima en los tratamientos expuestos a luz UV-C con respecto al testigo. Sin embargo, es necesario señalar que el comportamiento de esta enzima no presenta una tendencia clara. Es así como Nuñez (2014) tras aplicar agua electrolizada, que genera estrés oxidativo, sobre brócoli MP, no observó diferencias en la actividad de ésta enzima con respecto al testigo desinfectado con agua clorada.

Tras analizar el comportamiento de estas 3 enzimas, se puede concluir que efectivamente el efecto del O<sub>3</sub> sobre ellas se traduce en un incremento su actividad, la cual se puede atribuir al estrés oxidativo generado en el producto.

La principal razón por la que se aplican lavados con agua ozonizada sobre productos MP, es debido a la acción que este agente oxidante provoca en los microorganismos. Sobre este parámetro existen numerosos estudios que ratifican su efecto positivo en la reducción de diferentes patógenos, en estos estudios el O<sub>3</sub> a pesar de no conseguir una eliminación total de los microorganismos, se logra un descenso en sus niveles (Ketteringham *et al.*, 2006; Adday y Caner, 2014; Selma *et al.*, 2008; López-Gálvez *et al.*, 2009; Beltrán *et al.*, 2005; Chauhan *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2005).

En esta investigación el recuentos de RAM se mantuvo por debajo de lo establecido por el Reglamento Sanitario de los Alimentos durante todo el almacenamiento (5,7 log ufc·g<sup>-1</sup>), no encontrándose diferencias significativas entre las diferentes dosis y el testigo, por lo que se puede inferir que ambos desinfectantes aseguran valores bajos de RAM. La reducción de estos microorganismos asociada a la aplicación de O<sub>3</sub> fue observada por Crowe *et al.* (2012), quienes tras aplicar 1 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> en arándanos lograron una disminución de 1,77 log ufc·g<sup>-1</sup> en comparación con el testigo no tratado. Por otra parte, tras la aplicación de 2 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> en pimentón rojo se redujo en 2,3 log ufc·g<sup>-1</sup> el RAM en comparación con el control lavado solo con agua (Alexandre *et al.*, 2011). Al igual que los resultados mencionados anteriormente, pero a nivel industrial, se lograron reducir en un 20 y 30% los

RAM tras la aplicación de  $O_3$  ( $1,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) mediante lavados en una planta procesadora de ajos, frente al testigo con  $\text{NaClO}$   $100\text{-}125 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  (Ballater-Venta, 2010).

Con respecto a los recuentos de hongos y levaduras tampoco superaron el límite establecido por el Reglamento Sanitario de los Alimentos manteniéndose por debajo de  $2,2 \text{ log ufc}\cdot\text{g}^{-1}$  durante 21 días a  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Un efecto similar obtuvieron Restuccia *et al.* (2014), quienes lograron reducir en  $1,11 \text{ log ufc}\cdot\text{g}^{-1}$  los hongos y levaduras tras la aplicación de  $0,1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} O_3$  en alcachofas. Así mismo Crowe *et al.* (2012) observaron una reducción de  $1,57 \text{ log ufc}\cdot\text{g}^{-1}$  en arándanos tras la aplicación de  $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} O_3$ . El recuento de enterobacterias en las 2 primeras salidas de frío, presentaron un valor inferior a  $1 \text{ log ufc}\cdot\text{g}^{-1}$ , el resto de los días de evaluación los valores se mantuvieron bajos, alcanzando como máximo  $1,56 \text{ log ufc}\cdot\text{g}^{-1}$ , no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos desinfectados con  $O_3$  y el testigo.

Finalmente es necesario señalar que no se observó crecimiento en los recuentos de microorganismos psicrófilos a lo largo de toda la investigación. La inexistencia o bajo recuento de microorganismos tras aplicar  $O_3$  en concentraciones de  $2$  a  $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  en uva de mesa MP, se puede explicar debido a la inmediata inmersión en agua luego del desgrane manual, y a los posteriores lavados los cuales ayudaron a bajar la carga microbiana inicial del producto.

El efecto producido por los lavados con agua ozonizada sobre la carga microbiana en los productos MP dependerá principalmente del tipo de corte, estado de madurez del producto, la carga microbiana inicial, la temperatura del agua, la concentración y dosis aplicada de  $O_3$ , (Olmez y Kretzschmar, 2009). Si bien, como se comentó anteriormente, los lavados con agua ozonizada reducen los recuentos microbianos, cuando se comparan con las reducciones generadas usualmente por el agua clorada ( $\text{NaClO}$ ), se puede establecer que éstas son muy similares, ya que las generadas por el  $O_3$  variaron entre  $0,8$  y  $1,8$  unidades  $\text{log}$  y las típicas reducciones del cloro por lo general son menores a  $2$  unidades (Goodburn y Wallace, 2013).

Finalmente y debido a los compuestos residuales generados por el uso de agua clorada, es necesario investigar el efecto tanto como del  $O_3$  como otras técnicas de desinfección sobre otros productos MP, las cuales aseguren no sólo reducir la carga microbiana sino también no generar compuestos que pudiesen generar un daño en la población.

## CONCLUSIONES

La desinfección de una ensalada bicolor de uva de mesa MP con agua ozonizada ( $2-8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) logra mantener los niveles de la carga microbiana por muy debajo del máximo permitido por el Ministerio de Salud.

Los lavados con agua ozonizada no alteran de manera significativa los parámetros de color (L, C\* y H<sub>ab</sub>), SST, pH y AT en una ensalada bicolor de uva de mesa MP.

Los niveles de los compuestos funcionales de una ensalada bicolor de uva de mesa MP aumentan hasta casi el doble tras los lavados con agua ozonizada en concentraciones de  $2-8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

La actividad de las enzimas de estrés oxidativo en una ensalada de uva de mesa MP incrementa hasta en un 150 % al ser sometida a lavados con agua ozonizada ( $2-8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

La firmeza de las bayas de una ensalada de uva de mesa MP, no se ve afectada por la desinfección con agua ozonizada ( $2-8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

La calidad sensorial de la ensalada de mesa MP, en parámetros de apariencia y textura, percibida por el panel sensorial, no se ve alterada tras los lavados con agua ozonizada.

Luego de la comparación de la aplicación de O<sub>3</sub> como desinfectante frente a la aplicación de NaClO (convencionalmente usado por la industria MP) se puede observar que en la mayoría de los parámetros de calidad, mencionados anteriormente, los efectos sobre una ensalada de uva de mesa MP son similares, por lo que se puede establecer que lavados con agua ozonizada son efectivamente una alternativa a la desinfección con agua clorada (NaClO) en una ensalada bicolor de uva de mesa, presentando además la ventaja de elevar los componentes funcionales de ésta.



**BIBLIOGRAFÍA**

Aday M.S and C. Caner. 2014. Individual and combined effect of ultrasound, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life. *Food and science and technology* 57: 344-351.

Aguayo, E., V. Escalona and F. Artés. 2006. Effect of the cyclic exposure to ozone gas on phytochemical, sensorial and microbial quality in whole and sliced tomatoes. *Postharvest Biology and Technology* 39: 166-177.

Alexandre, E., D.M. Santos-Pedro, T. Brandão y C. Silva. 2011. Influence of aqueous ozone, blanching and combined treatments on microbial load of red bell peppers, strawberries and watercress. *Journal of Food Engineering* 105: 277-282.

Ali A., M.K. Ong and C. Forney. 2014. Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage. *Food Chemistry* 142: 19-26.

Allothman, M., B. Kaur, A. Fazilah, R. Bhat and A. Karim. 2010. Ozone-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11: 666-671.

An J., M. Zhang and Q. Lu. 2007. Changes in some quality indexes in fresh-cut green asparagus pretreated with aqueous ozone and subsequent modified atmosphere packaging. *Journal of Food Engineering* 78: 340-344.

Bataller-Venta, M., S. Santa Cruz-Broche y M. García-Pérez. 2010. El ozono: una alternativa sustentable en el tratamiento poscosecha de frutas y hortalizas. *Ciencias Biológicas* 9: 155-164.

Baur, S., R. Klaiber, W. P. Hammes and R. Carle. 2004. Sensory and microbiological quality of fresh-cut iceberg lettuce as affected by pre-washing procedures with chlorinated and ozonated water. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 5: 45-55.

Beltrán, D., M.V. Selma, J.A. Tudela and M.I. Gil. 2005. Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging. *Postharvest Biology and Technology* 37: 37-46.

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

Beltrán, D., P.M. Periago y M.I. Gil. 2003. El ozono como higienizante de productos vegetales frescos cortados. II Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología en los Alimentos. Junio 769-722.

Beltrán, D., M. Sekma, J.A. Tudela and M.I. Gil. 2005. Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging. *Postharvest Biology and Technology* 37: 37-46.

Boonkorn, P., H. Gemma, S. Sugaya, S. Seta, J. Uthaibutra and K. Whangchaia. 2012. Impact of high-dose, short periods of ozone exposure on green mold and antioxidant enzyme activity of tangerine fruit. *Postharvest Biology and Technology* 67: 25-28.

Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytic Biochemistry* 72: 248-254.

Castro, N. y A. Quispe. 2010. Efecto del ozono en los sistemas de higienización de frutas y hortalizas de los laboratorios especializados de la FIIA-UNASAM. *Aporte Santiaguino* 3: 47-52.

Chauhan, O. P., P. S. Raju, N. Ravi, A. Singh and A.S. Bawa. 2011. Effectiveness of ozone in combination with controlled atmosphere on quality characteristics including lignification of carrot sticks. *Journal of Food Engineering* 102: 43-48.

Crowe, K, A. Bushway and K. Davis-Dentici. 2012. Impact of postharvest treatments, chlorine and ozone, coupled with low-temperature frozen storage on the antimicrobial quality of lowbush blueberries (*Vaccinium angustifolium*). *Food Science and Technology* 47: 213-215.

Fan. X., K. Sokorai, J. Engemann, J. Gurtler and Y. Liu. 2012. Inactivation of *Listeria innocua*, *Salmonella typhimurium* and *Escherichia coli* O157:H7 on surface and stem scar areas of tomatoes using in-package ozonation. *Journal of Food Protection* 75: 1611-1618.

Femenia, A., G. Sastre, S. Simal, M. Garau, V. Eim and C. Rossello. 2009. Effects of air-drying temperature on the cell walls of kiwifruit processed at different stages of ripening. *Food Science and Technology* 42: 106-112.

Gamazo, C., I. López-Góñiz y R. Díaz. 2005. Manual práctico de microbiología. Editorial Mansson. Barcelona, España. 227p.

Gil, M. I., M. Selma, L. López-Gálvez. and A. Allende. 2009. Review: Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: Problems and solutions. *International Journal of Food Microbiology* 134: 37-45.

- Gill, S. and N. Tuteja. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 48: 909-930.
- Goodburn, C and C. A. Wallace. 2013. The microbiological efficacy of decontamination methodologies for fresh produce: A review. *Food Control* 32: 418-427.
- Kader, A. 2007. Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. 3° ed. Universidad de California. Estados Unidos. 580p.
- Ketteringham, L., R. Gausseres, S. J. James and C. James. 2006. Application of aqueous ozone for treating pre-cut green peppers (*Capsicum annuum L.*). *Journal of Food Engineering* 76: 104-111.
- Lemoine, M.L., Chaves, A.R, and Martínez, G.A. 2010. Influence of combined hot air and UV-C treatment on the antioxidant system of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea L. var. italica*). *Food Science and Technology* 43: 1313-1319.
- López-Gálvez, F., A. Allende, M. A. Selma and M. I. Gil. 2009. Prevention of *Escherichia coli* cross-contamination by different commercial sanitizers during washing of fresh-cut lettuce. *International Journal of Food Microbiology* 133: 167-171.
- Meneses O., M.Silvia, C. Valenzuela and J. Régulo. 2008. La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación* 5: 112-123.
- Ministerio de Salud, Chile. 1997. Reglamento sanitario de los alimentos. Diario oficial 13 de mayo de 1997. Actualizado mayo 2008. Santiago. 150 p.
- Miranda-Ham, L, y Castro-Concha, L. 2009. El estrés oxidativo en plantas. In: Benavides-Mendoza (Ed) Temas modernos de nutrición vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Saltillo, Coah. México. 208 p.
- Núñez, M. A. 2012. Efecto del agua electrolizada sobre el sistema antioxidante y la enzima mirosinasa en brócoli mínimamente procesado. Tesis de magister. Escuela Técnica Superior De Ingeniería Agronómica. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España. 52 p.
- Olmez, H. and U. Kretschmar. 2009. Review: Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. *Food Science and Technology* 42: 686-693.
- Plaza, P., H. Bobillo, C. Costa y J. Usall. 2007. Eficacia del ozono en la desinfección de agua en centrales hortofrutícolas. *Horticultura Internacional* 59: 34-40.

Restuccia C., S. Lombardo, G. Pandino, F. Licciardello, G. Muratore and G. Mauromicale. 2014. An innovative combined water ozonisation/O<sub>3</sub>-atmosphere storage for preserving the overall quality of two globe artichoke cultivars. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 21: 82-89.

Rico, D., A. B. Martín-Diana, J. M. Barat and C. Barry-Ryan, 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: A review. *Food Science and Technology* 18: 373-386.

Sala, J.M. and M.T. LaFuente. 2004. Antioxidant enzymes activities and rindstaining in 'Navelina' oranges as affected by storage relative humidity and ethylene conditioning. *Postharvest Biology and Technology* 31: 277-285.

Sandhya, 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *Food Science and Technology* 43: 381-392.

Selma, M. V., A. M. Ibañez, M. Cantwell and T. Suslow. 2008. Reduction by gaseous ozone of Salmonella and microbial flora associated with fresh-cut cantaloupe. *Food Microbiology* 25: 558- 565.

Silveira, A. C., E. Aguayo, Chisari M. and F. Artés. 2010. Calcium salts and heat treatment for quality retention os fresh-cut 'Galia' melón. *Postharvest Biology and Technology* 62: 77-84.

Tomás-Callejas, A., G.B. Martínez-Hernández, F. Artés and F. Artés-Herández. 2011. Neutral and acidic electrolyzed water as emergent sanitizers for fresh-cut Minuza baby leaves. *Postharvest Biology and Technology* 59: 298-306.

Tano K, M. Oul'é, G. Doyon, R. Lencki and J. Arul. 2007. Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage. *Postharvest Biology and Technology* 46: 212-221.

Ueda, Y., N. Uehara, H. Sasaki, K. Kobayashi and T. Yamakawa. 2013. Impacts of acute ozone stress on superoxide dismutase (SOD) expression and reactive oxygen species (ROS) formation in rice leaves. *Plant Physiology and Biochemistry* 70: 396-402.

Zhang, L., Z. Lu, Z. Yu and X. Gao. 2005. Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. *Food Control* 16: 279-283.

## ANEXO

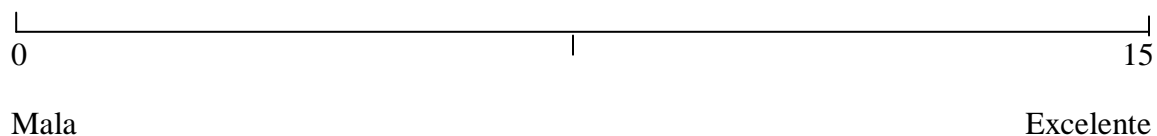
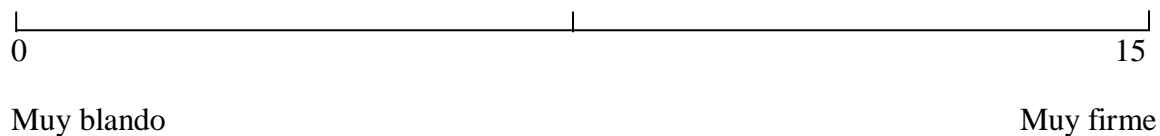
**Evaluación sensorial de calidad, panel no entrenado.**

Nombre:.....Fecha:.....

Instrucciones:

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

Muestra N° \_\_\_\_

**Apariencia (Color, deshidratación)****Textura**

**Marque con una X la presencia o ausencia de sabores extraños (fermentación, rancidez, sin sabor típico a uva)**

Presentes \_\_\_\_

Ausentes \_\_\_\_

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

### **CAPITULO III: APLICACIÓN DE DIFERENTES ATMÓSFERAS A UNA ENSALADA BICOLOR DE UVA DE MESA DE LAS VARIETADES THOMPSON SEEDLESS Y BLACK SEEDLESS.**

#### **RESUMEN**

La modificación de la atmósfera que rodea al producto busca reducir la tasa respiratoria y prolongar su vida útil. El objetivo de esta investigación fue determinar cómo la modificación de la atmósfera con gases convencionales ( $O_2$  y  $CO_2$ ) y no convencionales ( $O_3$ ) afecta la calidad físico-química, sensorial, microbiológica y funcional de bayas 'Thompson Seedless' y 'Black Seedless'. Las bayas se procesaron y envasaron en bolsas de polietileno en atmósfera modificada con combinaciones gaseosas de 5%  $O_2$ -5%  $CO_2$ , 21%  $O_2$ -0%  $CO_2$ , 80%  $O_2$ -5%  $CO_2$  y 8-16  $mg \cdot L^{-1}$   $O_3$  almacenándose a 5 °C por 21 días. En general, todos los tratamientos causaron un efecto positivo sobre la calidad de las bayas, observándose bajos recuentos microbianos con una mejora en la apariencia y retención de la firmeza respecto al testigo. En los tratamientos con alto  $O_2$  y  $O_3$  se incrementó la actividad de las enzimas de estrés oxidativo y el contenido de fenoles totales. Estos resultados muestran que la modificación de la atmósfera en bayas 'Thompson Seedless' y 'Black Seedless' es una herramienta útil para mantener la calidad sensorial y microbiológica de la fruta, incrementando además el contenido de compuestos funcionales en los tratamientos alto  $O_2$  y  $O_3$ .

**Palabras claves:** Alto oxígeno, mínimamente procesado, atmósfera modificada, ozono.

### **CAPITULO III: APPLICATION OF DIFERENT ATMOSPHERES TO THOMPSON SEEDLESS AND BLACK SEEDLESS BICOLOUR TABLE GRAPE SALAD**

#### **ABSTRACT**

The purpose of the modified atmosphere technology is to reduce the respiratory rate and to prolong the shelf life of the product. Therefore, the objective of this research was to determine the effect of atmosphere modification with conventional ( $O_2$  and  $CO_2$ ) and non-conventional ( $O_3$ ) gases on the physicochemical, sensory, microbiological and functional quality of 'Thompson Seedless' and 'Black Seedless' berries. The berries were processed and packed in polyethylene bags under modified atmosphere with different gaseous combinations (5%  $O_2$ -5%  $CO_2$ , 21%  $O_2$ -0%  $CO_2$ , 80%  $O_2$ -5%  $CO_2$  and 8-16  $mg \cdot L^{-1}$   $O_3$ ) and stored at 5 ° C for 21 days. In general, all treatments caused a positive effect on the quality of the berries, with low microbial counts, improvement in the appearance and firmness retention compared to the control. The high  $O_2$  and  $O_3$  treatments increased the total phenolic content and the activity of oxidative stress enzymes. These results show that the modification of the atmosphere in the varieties 'Thompson Seedless' and 'Black Seedless' is a useful tool to keep the sensory and microbiological quality of the fruit, while increasing the content of functional compounds in high  $O_2$  and  $O_3$  treatments.

**Keywords:** High oxygen, minimally processed, modified atmosphere, ozone.

## INTRODUCCIÓN

El envasado en atmósfera modificada (AM), comúnmente utilizado para la conservación de los productos MP, implica el uso de películas plásticas con permeabilidades selectivas al O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) y al vapor de agua (Sandhya, 2010). En el interior del envase se generan variaciones en el contenido de los gases antes citados como resultado de la interacción entre la tasa respiratoria del producto, la capacidad de transferencia de los gases de la película plástica y la temperatura de almacenamiento (Costa *et al.*, 2011; Kader, 2007).

Dentro de los efectos atribuidos a la utilización de AM se puede mencionar la reducción de la pérdida de agua, el mantenimiento de la firmeza y los atributos sensoriales del producto (Rico *et al.*, 2007). Este método de envasado puede ser activo o pasivo. En AM pasiva (AMp) la atmósfera es generada por la respiración de los productos hasta llegar a una concentración de equilibrio, sin embargo, durante este período de transición, el producto se continúa deteriorando, en cambio, en AM activa (AMa) la atmósfera se logra inyectando la concentración de gases deseada al principio del almacenamiento, minimizando así el período de transición que ocurre en AMp y evitando el deterioro de la calidad del producto (Horev *et al.*, 2012).

Usualmente, la composición de la atmósfera dentro del envase de AM es baja en O<sub>2</sub> y alta en CO<sub>2</sub>, lo que genera una disminución de la tasa respiratoria, prolongando la vida útil del producto (Allende *et al.*, 2004). Sin embargo, recientemente se han sugerido atmósferas con altas concentraciones de O<sub>2</sub> (sobre 70 %) y con O<sub>3</sub>, el cual se descompone luego de unos minutos en O<sub>2</sub>, como una innovación en este tipo de envasado en los productos MP (Artés-Hernández *et al.*, 2009). Según Oms-Oliu *et al.* (2008b) las aplicaciones de atmósferas ricas en O<sub>2</sub> (sobre 70%) en frutas MP son particularmente efectivas para reducir el pardeamiento enzimático y la carga microbiana. Este tipo de atmósferas pueden ser utilizadas como alternativa a la atmósfera baja en O<sub>2</sub>, debido a que controlaría la presencia de microorganismos en las frutas MP susceptibles a las pudriciones, como la uva. El efecto antimicrobiano del O<sub>3</sub> gaseoso y de las altas concentraciones de O<sub>2</sub> estaría vinculado a la generación intracelular de especies reactivas de este gas, las cuales reducen la viabilidad de los microorganismos (Ayala-Zavala *et al.*, 2007). También atmósferas ricas en O<sub>2</sub> podrían tener un efecto sobre el metabolismo secundario de las frutas aumentando la síntesis de los compuestos funcionales (Yeoh *et al.*, 2014; Alothman *et al.*, 2010).



## **HIPOTESIS**

El uso de atmósferas modificadas innovadoras ( $O_3$  y alto  $O_2$ ) en el envasado de ensalada de uva de mesa 'Thompson Seedless' y 'Black Seedless' MP conservan la calidad y prolongan la vida útil del producto con respecto al almacenamiento atmósferas convencionales.

## **OBJETIVOS**

Determinar cómo afecta la modificación de la atmósfera circundante a la calidad físico-química, sensorial, microbiológica y funcional de una ensalada de uva de mesa 'Thompson Seedless' y 'Black Seedless' MP.

Determinar el efecto de aplicar  $O_3$  gaseoso y atmósferas ricas en  $O_2$  sobre los parámetros funcionales de una ensalada de uva de mesa 'Thompson Seedless' y 'Black Seedless' MP.

Evaluar el efecto de aplicar NaClO en conjunto con atmósferas no convencionales como  $O_3$  gaseoso y atmósferas ricas en  $O_2$  en ensalada de uva de mesa 'Thompson Seedless' y 'Black Seedless' MP.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de estudio

Esta investigación se realizó en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile (Santiago, Chile), con financiamiento del Proyecto FIC 33-03-216 Atacama Uva de Mesa.

### Material vegetal

Este correspondió a uva de mesa de las variedades Thompson Seedless y Black Seedless cultivadas mediante un sistema parronal en el fundo Los Loros (Tierra Amarilla, Copiapó). Ésta a su vez, fue seleccionada y embalada por la exportadora Agrofruta Ltda. (Copiapó) e inmediatamente trasladada, durante 10 horas a 12 °C, en un camión cerrado hacia el CEPOC.

La fruta, una vez llegada a las instalaciones del CEPOC, se conservó en una cámara de almacenamiento a 0 °C con 90-95% de humedad relativa (HR), hasta el día de su procesamiento (7 días).

### Tratamientos y diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) con 5 tratamientos (Cuadro 14). La unidad experimental correspondió a 120 g de bayas de uva de mesa contenidos en una bolsa de polietileno de baja densidad, de 10 x 15 cm, teniendo 3 repeticiones por tratamiento. Para la medición de tasa respiratoria, la unidad experimental correspondió a 1 frasco de vidrio con 120 g de bayas en su interior, teniendo 3 repeticiones por tratamiento.

**Cuadro 14.** Atmósferas aplicadas a las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Concentración gaseosa			NaClO (mg L <sup>-1</sup> )
	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub> (mg·L <sup>-1</sup> )	
T1 <sup>1</sup>	21	0	-	100
T2	5	5	-	100
T3 <sup>2</sup>	21	0	-	100
T4	80	5	-	0
T5	80	5	-	100
T6	-	-	8	0
T7	-	-	8	100
T8	-	-	16	0
T9	-	-	16	100

<sup>1</sup>/Tratamiento testigo (aire).

<sup>2</sup>/Atmósfera modificada pasiva

## Manejo del experimento

### Caracterización de la materia prima

Para conocer el estado inicial de la materia prima, se seleccionaron 30 bayas de cada variedad seleccionadas al azar de un total de 3 cajas (8,2 kg) por variedad. Las bayas se obtuvieron de distintas secciones de los racimos. Se evaluaron parámetros físicos (peso, tamaño, color de la piel, firmeza) y químicos (sólidos solubles totales y acidez titulable).

**Peso y tamaño individual de las bayas.** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los valores se expresaron en mm.

**Color de la piel y de pulpa.** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron en términos de L, C\* (saturación) y H<sub>ab</sub> (tono), donde C\* =  $(a^2 + b^2)^{1/2}$  y H<sub>ab</sub> =  $\tan^{-1}(b/a)$ .

**Firmeza.** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron en N.

**Sólidos solubles totales (SST).** Se determinó a partir de una muestra de jugo filtrada de 6 bayas, mediante un refractómetro digital compensado por temperatura (ATC-1E 0-32%, Atago, Japón) a 20 °C. Los resultados se expresaron en % de SST.

**Acidez titulable (AT).** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron como % de ácido tartárico.

### **Mínimo procesamiento en fresco (MPF)**

Desde la cámara de almacenamiento a 0 °C, la fruta se trasladó a la sala de manipulación acondicionada a una temperatura de 7-8 °C, en donde la superficie de trabajo fue previamente desinfectada asegurando la limpieza e higiene tanto del material de trabajo como de las instalaciones y equipos.

**Desgrane.** Luego de pesar los racimos, se procedió a desgranar manualmente. Inmediatamente después de remover la baya del pedúnculo, estas se sumergieron en agua fría (5 °C), para disminuir el contacto con el aire.

**Lavado y desinfección.** Las bayas se sumergieron en una solución desinfectante (NaClO, 100 mg·L<sup>-1</sup>) a 5 °C durante 4 min (excepto en los tratamientos 5, 7 y 9). El pH de la solución se ajustó con ácido cítrico (AC) 0,2 N obteniendo un pH final de 6,78.

**Inmersión en cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>) y ácido cítrico (AC).** Las bayas se sumergieron en soluciones de CaCl<sub>2</sub> (Winkles Ltda., Chile) y AC (RZBC Group, China) durante 3 min a una temperatura de 5 °C, utilizándose recipientes de acero inoxidable de 50 L. La concentración empleada fue de 5 g·L<sup>-1</sup> para ambas soluciones.

**Ecurrido.** Las bayas de ambas variedades se dispusieron sobre mallas de acero inoxidable durante 5 min para drenar el exceso de agua.

**Envasado.** Se pesaron 120 g de bayas de ambas variedades y se envasaron en bolsas de polietileno de baja densidad de 10 x 15 cm, las cuales se sellaron por calor con una máquina selladora (FR400, Plastic Film Sealer, China), dejando un espacio para la posterior inyección de los gases

**Inyección de gases.** Para lograr las atmósferas (Cuadro 14), a las bolsas se les aplicó distintos gases (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>), mediante una inyección a través de una manguera de plástico,

proveniente de un panel mezclador de gases. Para los tratamientos con O<sub>3</sub> gaseoso, la manguera de plástico provino del generador de ozono gaseoso (Magnum 25-160, Atlas, Canadá). Finalmente, con el objetivo de corroborar el contenido gaseoso se utilizó un analizador de gases portátil (PBI Dansensor, Check Point, Ringsted, Dinamarca).

**Almacenamiento.** El producto terminado se almacenó bandejas en una cámara a  $5 \pm 1$  °C por 21 días, simulando un período de almacenamiento y comercialización.

## Evaluaciones

Para determinar la calidad de la uva de mesa desgranada, se realizaron análisis los días 1, 7, 14 y 21 después del procesamiento, en donde se evaluaron los parámetros descritos a continuación, a excepción de la tasa respiratoria, la cual se evaluó los días 1, 5, 9, 13, 17 y 21.

### Tasa respiratoria.

Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Para la obtención de resultados en  $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  se utilizó un factor de conversión de  $1,9 \text{ mg mL}^{-1} \text{ CO}_2$  para una temperatura de 5 °C (Kader, 2007).

### Concentración de gases al interior de la bolsa

Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron en %.

### Determinaciones físicas

**Pérdida de peso.** Se determinó mediante una balanza electrónica de precisión (EMB 3000-1, Kern, Alemania). Los resultados se expresaron en % pérdida de peso (diferencia entre el peso inicial y el peso del día de evaluación).

**Color.** El color se evaluó en la zona de desgrane, siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron en términos de L, C\* y H<sub>ab</sub>

**Firmeza.** La medición se realizó en la zona ecuatorial de la baya siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron en N.

### **Determinaciones químicas**

Se preparó una muestra de jugo filtrada, obtenida a partir de 3 bayas por variedad y se determinaron los siguientes parámetros:

**Sólidos solubles totales (SST).** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron en % de SST.

**Acidez titulable (AT).** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido tartárico (%).

### **Recuentos microbiológicos.**

Para evaluar este parámetro se siguió la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron como el logaritmo de las unidades formadoras de colonias por g ( $\log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$ ).

La determinación de recuentos microbiológicos, para el recuento de aerobios mesófilos (RAM) y enterobacterias, se realizó en base a la legislación chilena del Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA, Ministerio de Salud, 2008) para frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados listos para el consumo.

### **Determinación de la calidad sensorial**

Se utilizó el método descrito en el capítulo 2, se evaluaron los parámetros de apariencia (color y deshidratación) y textura.

Las mediciones se realizaron en una habitación a temperatura ambiente y con luz blanca, las muestras se colocaron de forma aleatoria para eliminar el efecto de la posición sobre los resultados.

### **Determinación de compuestos funcionales**

**Fenoles totales.** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron como mg equivalente ácido gálico por gramo de peso fresco ( $\text{mg EAG} \cdot \text{g}^{-1}$  PF), de acuerdo con una curva de calibración realizada con ácido gálico.

**Actividad antioxidante.** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron como mg equivalente trolox (ET) por gramo de peso fresco ( $\text{mg ET} \cdot \text{g}^{-1}$  PF).

### **Determinación de enzimas de estrés oxidativo**

**Catalasa.** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. La actividad de la enzima se expresó como unidades de actividad enzimática (UA) por mg de proteína ( $\text{UA} \cdot \text{mg}^{-1}$ ).

**Ascorbato peroxidasa (APX).** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. La actividad de la enzima se expresó como unidades de actividad enzimática (UA) por mg de proteína ( $\text{UA} \cdot \text{mg}^{-1}$ ).

**Super oxido dismutasa (SOD).** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. La actividad de la enzima se expresó como unidades de actividad enzimática (UA) por mg de proteína ( $\text{UA} \cdot \text{mg}^{-1}$ ).

### **Determinación de la concentración de proteínas en las muestras**

Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2.

**Análisis estadístico**

Los datos obtenidos se evaluaron en cada salida de frío mediante un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia del 5%. En los casos donde existieron diferencias significativas entre los tratamientos, las medias se separaron con la prueba de comparaciones múltiple de Tukey al 5%, utilizando el programa estadístico Minitab Release 16.1 (Addlink Software Científico, S.L., Barcelona, España).



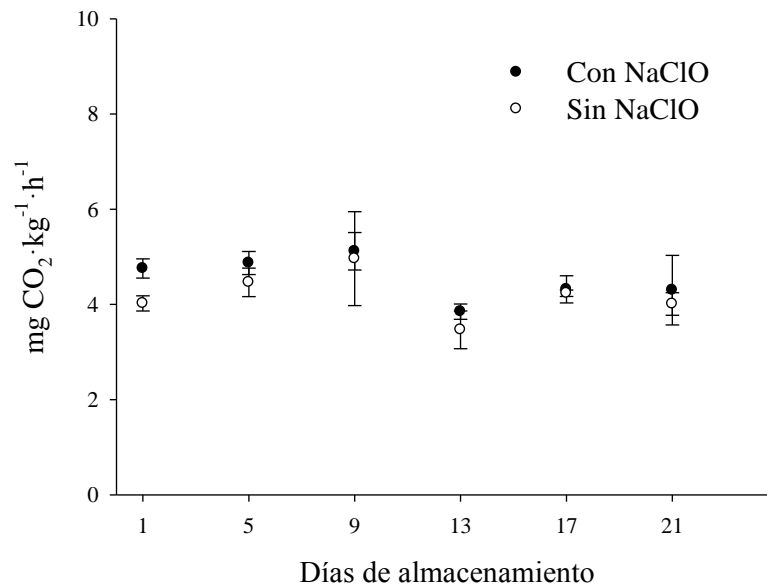
## RESULTADOS

### Caracterización de la materia prima

Las bayas ‘Thompson Seedless’ (TS) y ‘Black Seedless’ (BS) pesaron respectivamente 5,0 y 4,5 g, mientras que su diámetro ecuatorial y polar fue de 16,7 y 25,1 mm en TS y 17,2 y 21,6 mm en BS. En el color de piel, los valores de luminosidad fueron 50,9 y 34,03, los de tono fueron 96,8 ° y 198,9 ° y los de saturación fueron 18,9 y 6,2 tanto para TS y BS, respectivamente. La firmeza presentó valores de 4,6 N para TS y 3,2 N para BS y la relación de SST/AT de 31,7 y 55 para TS y BS, respectivamente.

### Tasa respiratoria

Como se observa en la figura 7, al principio de esta investigación, las bayas que se trataron con NaClO presentaron una tasa respiratoria levemente mayor con respecto a las que solo se sumergieron en agua. Durante todos los días de evaluación ambos presentaron valores cercanos a  $4 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ .

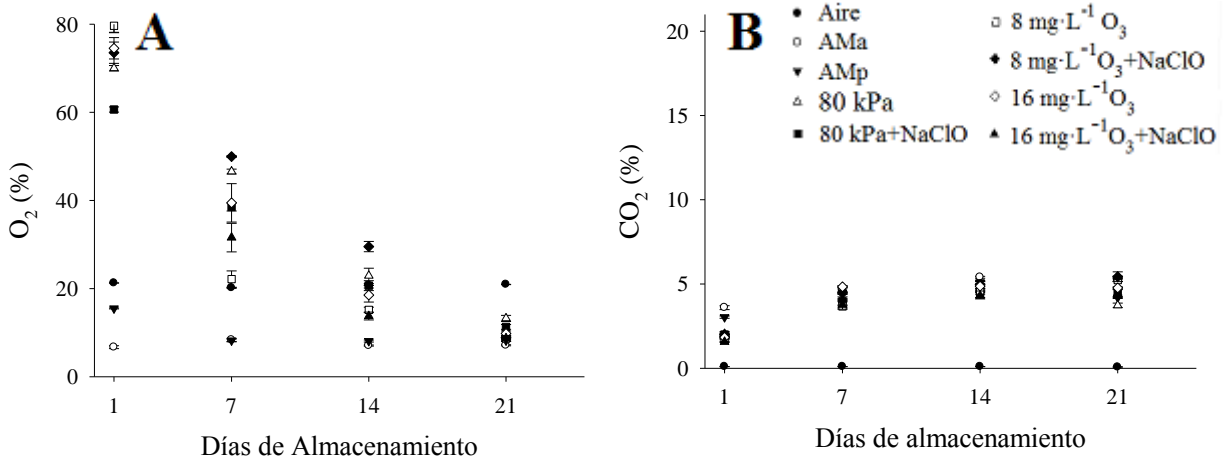


**Figura 7.** Tasa respiratoria ( $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C. Las barras verticales representan el error estándar de la media ( $n=3$ ).

### Concentración de gases al interior de la bolsa

Los días 1 y 7 la concentración de O<sub>2</sub> en los tratamientos que se aplicó O<sub>3</sub> gaseoso y alto O<sub>2</sub> fue mayor que en los demás, presentando valores cercanos a 70 %. El día 14, esta diferencia entre los tratamientos empieza disminuir, para el día 21 ser casi mínima, donde todos los tratamientos presentaron valores cercanos a 10 %, a excepción del tratamiento almacenado en aire, quién durante todo el almacenamiento presentó valores cercanos a 21 % (Figura 8A).

La concentración de CO<sub>2</sub>, para todos los tratamientos, a excepción del almacenado en aire, presentó valores cercanos a 5 % durante los 4 días de evaluación. El tratamiento almacenado en aire, tal como se esperaba, mantuvo los valores de CO<sub>2</sub> cercanos a 0 %.



**Figura 8.** Concentración de O<sub>2</sub> (A) y CO<sub>2</sub> (B) (%) en bolsas con bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservada durante 21 días a 5 °C. Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=3).

### Determinaciones físicas

#### Porcentaje de pérdida de peso

No se detectaron diferencias significativas de pérdida de peso entre los distintos tratamientos en ninguno de los días de evaluación. Los % de pérdida de peso durante almacenamiento variaron entre 0 y 0,3%.

#### Color de piel de las bayas

**Luminosidad (L).** El primer día de evaluación, en las bayas TS, el valor más alto de luminosidad fue alcanzado por el tratamiento almacenado en aire (49,1), mientras que el más bajo lo obtuvo el tratamiento expuesto a 80 % O<sub>2</sub> + NaClO (45,3). Este mismo tratamiento, el segundo día de evaluación, presentó nuevamente el valor más bajo (44,6),

mientras que el tratamiento almacenado en AMp fue quien presentó el valor más alto (47,9). El tercer día de evaluación, el expuesto a  $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3 + \text{NaClO}$  presentó el mayor valor de luminosidad, siendo este 48,9. El último día de evaluación, el tratamiento expuesto a  $16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3 +$  obtuvo 47,3, siendo este el mayor valor (Cuadro 15).

Con respecto a las bayas BS, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos durante los 2 primeros días de evaluación, el tercer día de evaluación, el tratamiento expuesto a  $80 \% \text{ O}_2 + \text{NaClO}$  presentó el valor más alto (37,3). Sin embargo este comportamiento no se mantuvo el último día de evaluación, donde el mayor valor fue alcanzado por el tratamiento almacenado en aire (35,8).

**Cuadro 15.** Luminosidad de las bayas de ‘Thompson y Black Seedless’ conservadas durante 21 días a  $5^\circ\text{C}$ .

Tratamiento	Luminosidad (L)			
	‘Thompson Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	$49,1 \pm 0,8^1 a^2$	$46,1 \pm 0,6 ab$	$44,8 \pm 0,6 b$	$44,2 \pm 0,5 b$
AMa	$46,8 \pm 0,6 abc$	$47 \pm 0,7 ab$	$45,7 \pm 0,6 b$	$45,2 \pm 0,3 ab$
AMp	$48,6 \pm 0,6 ab$	$47,9 \pm 0,4 a$	$45,1 \pm 0,3 b$	$46,1 \pm 0,6 ab$
80 % $\text{O}_2$	$46,7 \pm 0,8 abc$	$47,1 \pm 0,4 ab$	$45,8 \pm 0,4 b$	$45,5 \pm 0,5 ab$
<sup>4</sup> 80 % $\text{O}_2$	$45,3 \pm 0,6 c$	$44,6 \pm 0,7 b$	$45,3 \pm 0,6 b$	$46,4 \pm 0,5 ab$
$8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$48,3 \pm 0,9 abc$	$46,7 \pm 0,7 ab$	$46,5 \pm 0,5 ab$	$46,6 \pm 0,7 ab$
<sup>4</sup> $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$45,6 \pm 0,6 bc$	$45,5 \pm 0,4 ab$	$48,9 \pm 0,5 a$	$46,3 \pm 0,6 ab$
$16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$47,7 \pm 0,5 abc$	$45,8 \pm 0,7 ab$	$46,1 \pm 0,4 ab$	$47,3 \pm 0,6 a$
<sup>4</sup> $16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$47,4 \pm 0,6 abc$	$46,9 \pm 0,2 ab$	$46,1 \pm 0,6 ab$	$46,4 \pm 0,5 ab$
	‘Black Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	$32,2 \pm 0,7 \text{ NS}^3$	$33,2 \pm 0,8 \text{ NS}$	$31,8 \pm 0,4 b$	$35,8 \pm 0,8 a$
AMa	$33,7 \pm 0,7$	$31,2 \pm 0,8$	$31,3 \pm 0,6 b$	$32,8 \pm 0,8 ab$
AMp	$32,4 \pm 0,5$	$32,0 \pm 0,5$	$32,7 \pm 1,1 b$	$31,1 \pm 0,5 b$
80 % $\text{O}_2$	$34,3 \pm 0,5$	$31,0 \pm 0,6$	$32,5 \pm 0,5 b$	$32,9 \pm 0,6 ab$
<sup>4</sup> 80 % $\text{O}_2$	$35,4 \pm 0,7$	$32,4 \pm 0,6$	$37,3 \pm 1,1 a$	$31,4 \pm 0,7 b$
$8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$32,2 \pm 0,8$	$31,5 \pm 0,6$	$32,4 \pm 0,7 b$	$31,6 \pm 0,9 b$
<sup>4</sup> $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$32,8 \pm 1,1$	$32,7 \pm 0,4$	$32,4 \pm 0,7 b$	$30,1 \pm 0,6 b$
$16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$33,6 \pm 1,0$	$32 \pm 0,7$	$33,3 \pm 0,7 ab$	$32,9 \pm 0,7 ab$
<sup>4</sup> $16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$32,8 \pm 0,7$	$32,3 \pm 0,5$	$32,7 \pm 0,6 b$	$32,3 \pm 0,7 b$

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio  $\pm$  desviación estándar (n=9).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>3</sup>/No Significativo  $p \geq 0,05$ .

<sup>4</sup>/Tratamiento desinfectado con NaClO.

**Tono ( $H_{ab}$ ).** Las bayas TS, solo presentaron diferencias entre los tratamientos los 2 primeros días de evaluación (Cuadro 16). El primer día, los valores más altos fueron obtenidos por los tratamientos de aire, AMp, 8 y 16 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub>, quienes presentaron 89,1; 89,3; 88,6 y 89,1 °, respectivamente, mientras que el tratamiento expuesto a 80 % O<sub>2</sub> + NaClO presentó el menor valor (80,1°). El día 7 los valores más altos fueron 95,7 (AMa) y 96,1 ° (16 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub>), mientras que el más bajo 83,4 ° (8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub>).

En las bayas BS, el día 1 los tratamientos AMp y 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> presentaron los valores más altos, mientras que el menor valor fue el expuesto a 80 % O<sub>2</sub>, quien sólo obtuvo 9,8 °. El día 21, el tratamiento almacenado en aire presentó el valor más alto (33,1°), mientras que los más bajos fueron obtenidos por los tratamientos AMp (9,4 °) y 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> (8,9 °).

**Cuadro 16.** Tono de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Tono ( $H_{ab}$ )			
	‘Thompson Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	89,1 ± 1,8 <sup>1</sup> a <sup>2</sup>	85,9 ± 2,6 bc	81,2 ± 1,2 NS <sup>3</sup>	85,7 ± 2,2 NS
AMa	85,3 ± 1,1 ab	95,7 ± 0,8 a	81 ± 1,4	82,1 ± 1,7
AMp	89,3 ± 2,2 a	92,2 ± 1,6abc	85,5 ± 1,6	82,6 ± 2,4
80 % O <sub>2</sub>	85,5 ± 1,3 ab	91,4 ± 2,4abc	83,1 ± 1,5	85,3 ± 1,9
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	80,1 ± 1,1 b	94,1 ± 1,1 ab	80,1 ± 1,2	82,6 ± 1,2
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	88,6 ± 0,9 a	83,4 ± 4,2 c	83,6 ± 1,8	84,6 ± 2,7
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	87,1 ± 2,3 ab	94,9 ± 1,3 ab	87,2 ± 1,1	85,1 ± 1,9
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	89,1 ± 2,2 a	96,1 ± 1,4 a	84,1 ± 1,1	82,8 ± 1,3
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	84,4 ± 2,1 ab	93,7 ± 1,5 ab	81,1 ± 1,4	82,7 ± 1,4
‘Black Seedless’				
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	16,6 ± 0,7 ab	20,1 ± 2,7 c	19,2 ± 2,6 NS	33,1 ± 4,1 a
AMa	17,0 ± 1,8 ab	49,7 ± 2,7 a	19,4 ± 2,8	20,7 ± 3,9abc
AMp	21,8 ± 2,3 a	22,8 ± 2,2 c	22,6 ± 2,7	9,4 ± 2,1 c
80 % O <sub>2</sub>	9,8 ± 1,6 b	19,4 ± 2,8 c	16,7 ± 2,5	13,6 ± 1,8 bc
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	15,4 ± 1,6 ab	44,2 ± 2,6 ab	19,6 ± 1,8	17,9 ± 3,9 bc
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	19,5 ± 1,7 a	22,1 ± 2,9 c	21,4 ± 2,3	8,9 ± 1,6 c
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	17,5 ± 1,8 ab	36,4 ± 2,6 b	16,4 ± 2,2	27,2 ± 3,7 ab
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	17,0 ± 1,3 ab	41,1 ± 2,6 ab	15,0 ± 1,8	20,0 ± 2,3abc
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	15,1 ± 1,9 ab	36,2 ± 2,8 b	18,4 ± 2,0	19,2 ± 2,3 bc

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=9).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>3</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

<sup>4</sup>/Tratamiento desinfectado con NaClO.

**Saturación.** Las bayas TS, presentaron diferencias estadísticamente significativas solamente los 2 primeros días de evaluación. El día 1, el tratamiento de aire presentó el mayor valor (17,7), mientras que el tratamiento con  $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3 + \text{NaClO}$  obtuvo el menor valor (13,1). El día 7, se pudo establecer diferencias significativas entre los tratamientos expuestos a 80 %  $\text{O}_2$  y a  $16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3 + \text{NaClO}$ , donde este último presentó el valor más alto (19,1) y el expuesto a 80 %  $\text{O}_2$  el más bajo (13,5).

Los valores obtenidos en el tono por los distintos tratamientos de las bayas BS, no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellos (Cuadro 17).

**Cuadro 17.** Saturación de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Saturación (C*)			
	‘Thompson Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día14	Día 21
Aire	$17,7 \pm 0,6^1 a^2$	$15,1 \pm 0,8 \text{ bc}$	$13,7 \pm 0,8 \text{ NS}^3$	$12,9 \pm 1,0 \text{ NS}$
AMa	$16,3 \pm 0,9 \text{ ab}$	$18,1 \pm 0,9 \text{ ab}$	$15,5 \pm 0,5$	$14,1 \pm 0,9$
AMp	$16,6 \pm 1,0 \text{ ab}$	$15,4 \pm 0,6 \text{ abc}$	$14,1 \pm 0,4$	$13,4 \pm 0,8$
80 % $\text{O}_2$	$15,6 \pm 0,7 \text{ ab}$	$13,5 \pm 0,7 \text{ c}$	$13,1 \pm 0,7$	$12,5 \pm 0,6$
<sup>4</sup> 80 % $\text{O}_2$	$15,1 \pm 0,9 \text{ ab}$	$17,2 \pm 0,7 \text{ abc}$	$15,1 \pm 0,9$	$14,6 \pm 0,8$
$8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$15,3 \pm 0,8 \text{ ab}$	$15,2 \pm 0,9 \text{ bc}$	$15,4 \pm 0,8$	$12,8 \pm 1,1$
<sup>4</sup> $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$13,1 \pm 1,0 \text{ b}$	$18,5 \pm 0,9 \text{ ab}$	$14,8 \pm 0,8$	$13,3 \pm 0,9$
$16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$14,6 \pm 0,6 \text{ ab}$	$17,3 \pm 0,8 \text{ ab}$	$13,9 \pm 0,3$	$15,2 \pm 0,7$
<sup>4</sup> $16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$15,1 \pm 1,1 \text{ ab}$	$19,1 \pm 0,6 \text{ a}$	$16,3 \pm 0,7$	$15,4 \pm 0,7$
	‘Black Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	$6,3 \pm 0,4 \text{ NS}$	$5,2 \pm 0,3 \text{ NS}$	$5,4 \pm 0,3 \text{ NS}$	$4,7 \pm 0,4 \text{ NS}$
AMa	$6,2 \pm 0,6$	$4,6 \pm 0,7$	$6,1 \pm 0,5$	$6,0 \pm 0,4$
AMp	$7,5 \pm 0,6$	$4,3 \pm 0,4$	$4,8 \pm 0,5$	$4,1 \pm 0,4$
80 % $\text{O}_2$	$6,0 \pm 0,6$	$5,1 \pm 0,5$	$4,3 \pm 0,1$	$4,6 \pm 0,4$
<sup>4</sup> 80 % $\text{O}_2$	$6,6 \pm 0,5$	$5,2 \pm 0,8$	$6,8 \pm 0,4$	$4,8 \pm 0,4$
$8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$5,9 \pm 0,6$	$5,3 \pm 0,7$	$5,1 \pm 0,5$	$3,9 \pm 0,4$
<sup>4</sup> $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$6,5 \pm 0,6$	$6,4 \pm 0,4$	$6,9 \pm 0,8$	$5,1 \pm 0,3$
$16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$7,0 \pm 0,8$	$4,7 \pm 0,4$	$5,4 \pm 0,6$	$5,7 \pm 0,5$
<sup>4</sup> $16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$7,3 \pm 0,4$	$5,2 \pm 0,3$	$6,2 \pm 0,6$	$5,1 \pm 0,4$

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio  $\pm$  desviación estándar (n=9).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>3</sup>/No Significativo  $p \geq 0,05$ .

<sup>4</sup>/Tratamiento desinfectado con NaClO.

**Firmeza.** En las bayas TS, se detectaron diferencias estadísticamente significativas el primer y el último día de evaluación. El día 1 el valor más alto fue obtenido por el tratamiento con  $16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3 + \text{NaClO}$  (5,1 N), mientras que los con  $80 \% \text{ O}_2 + \text{NaClO}$  y  $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3 + \text{NaClO}$ , presentaron el valor más bajo (ambos 3,8 N). El día 21, el valor más alto fue alcanzado por el tratamiento de AMa, quién obtuvo una firmeza de 4,7 N, mientras que el tratamiento almacenado en aire presentó el valor más bajo, con 3,3 N (Cuadro 18).

En las bayas BS sólo se pudo establecer diferencias significativas los 2 primeros días de evaluación. El día 1, los tratamientos expuestos a  $80 \% \text{ O}_2$  y a  $16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$  presentaron los valores de firmeza más altos, siendo estos 3,6 y 3,5 N. El día 7 este comportamiento no se mantuvo, pues el mayor valor fue alcanzado por el tratamiento almacenado en AMa (3,2 N), mientras que los menores valores fueron observados tanto como en el tratamiento almacenado en aire (2,5 N), como en el expuesto a  $80 \% \text{ O}_2$  (2,4 N).

**Cuadro 18.** Firmeza (N) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a  $5^\circ\text{C}$ .

Tratamiento	Firmeza (N)			
	‘Thompson Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	$4,3 \pm 0,2^1 \text{ ab}^2$	$3,4 \pm 0,2 \text{ NS}^3$	$3,8 \pm 0,1 \text{ NS}$	$3,3 \pm 0,1 \text{ b}$
AMa	$4,1 \pm 0,2 \text{ ab}$	$4,1 \pm 0,2$	$4,2 \pm 0,2$	$4,7 \pm 0,4 \text{ a}$
AMp	$4,0 \pm 0,1 \text{ ab}$	$3,8 \pm 0,3$	$4,2 \pm 0,3$	$4,4 \pm 0,1 \text{ ab}$
$80 \% \text{ O}_2$	$4,6 \pm 0,1 \text{ ab}$	$3,7 \pm 0,2$	$4,2 \pm 0,2$	$3,6 \pm 0,1 \text{ ab}$
<sup>4</sup> $80 \% \text{ O}_2$	$3,8 \pm 0,3 \text{ b}$	$4,1 \pm 0,3$	$3,8 \pm 0,3$	$4,3 \pm 0,3 \text{ ab}$
$8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$4,1 \pm 0,2 \text{ ab}$	$3,9 \pm 0,2$	$3,9 \pm 0,1$	$3,8 \pm 0,3 \text{ ab}$
<sup>4</sup> $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$3,8 \pm 0,1 \text{ b}$	$3,9 \pm 0,2$	$3,4 \pm 0,2$	$3,5 \pm 0,1 \text{ ab}$
$16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$3,9 \pm 0,1 \text{ ab}$	$4,1 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0,1$	$3,9 \pm 0,2 \text{ ab}$
<sup>4</sup> $16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$5,1 \pm 0,3 \text{ a}$	$4,2 \pm 0,3$	$3,9 \pm 0,1$	$3,8 \pm 0,2 \text{ ab}$
	‘Black Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	$2,3 \pm 0,1 \text{ b}$	$2,5 \pm 0,1 \text{ b}$	$2,5 \pm 0,2 \text{ NS}$	$2,8 \pm 0,2 \text{ NS}$
AMa	$2,8 \pm 0,3 \text{ ab}$	$3,2 \pm 0,2 \text{ a}$	$2,6 \pm 0,1$	$2,7 \pm 0,1$
AMp	$2,6 \pm 0,2 \text{ b}$	$2,6 \pm 0,1 \text{ ab}$	$2,5 \pm 0,1$	$2,8 \pm 0,2$
$80 \% \text{ O}_2$	$3,6 \pm 0,1 \text{ a}$	$2,4 \pm 0,1 \text{ b}$	$2,8 \pm 0,1$	$2,9 \pm 0,1$
<sup>4</sup> $80 \% \text{ O}_2$	$3,1 \pm 0,2 \text{ ab}$	$2,6 \pm 0,1 \text{ ab}$	$2,3 \pm 0,1$	$2,8 \pm 0,1$
$8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$2,6 \pm 0,1 \text{ b}$	$2,6 \pm 0,1 \text{ ab}$	$2,4 \pm 0,1$	$2,5 \pm 0,1$
<sup>4</sup> $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$2,7 \pm 0,1 \text{ ab}$	$2,9 \pm 0,1 \text{ ab}$	$2,7 \pm 0,1$	$2,7 \pm 0,1$
$16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$3,5 \pm 0,2 \text{ a}$	$2,8 \pm 0,1 \text{ ab}$	$2,9 \pm 0,1$	$2,9 \pm 0,1$
<sup>4</sup> $16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$	$2,9 \pm 1,8 \text{ ab}$	$2,7 \pm 0,1 \text{ ab}$	$2,4 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,1$

1/Los valores indican el promedio  $\pm$  desviación estándar (n=9).

2/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

3/No Significativo  $p \geq 0,05$ .

4/Tratamiento desinfectado con NaClO.

### Determinaciones Químicas

**SST.** En las bayas TS se observaron diferencias significativas los días 1 y 14 día. El día 1, el valor más alto fue obtenido por el expuesto a 80 % O<sub>2</sub> + NaClO (17,7 %), mientras que el valor más bajo lo obtuvo aquel que se almacenó en AMp (15,7 %). El día 14, los mayores valores lo presentaron los tratamientos de aire (18 %) y en AMa (17,9%), mientras que el menor valor lo obtuvo el tratamiento 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub>, con 16,2 % (Cuadro 19).

En las bayas BS, el día 1 los tratamientos 80 % O<sub>2</sub> + NaClO y a 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> + NaClO, presentaron los valores más altos, con 22,1 y 22,2 %, respectivamente, mientras que el expuesto a 16 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub>, obtuvo el menor valor (20,3 %). El día 21, los tratamientos AMa y AMp presentaron los valores más bajos, con 20,3 y 20,1 %, mientras que los más altos fueron 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> + NaClO, 16 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> y 16 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> + NaClO, con 22, 22,1 y 21,8 %.

**Cuadro 19.** Sólidos solubles totales SST (%) de las bayas ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Tratamientos	SST (%)			
	‘Thompson Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	17,5 ± 0,2 <sup>1</sup> ab <sup>2</sup>	17,0 ± 0,2 NS <sup>3</sup>	18,0 ± 0,3 a	16,7 ± 0,3 NS
AMa	17,0 ± 0,3 ab	16,6 ± 0,8	17,9 ± 0,3 a	17,2 ± 0,4
AMp	15,7 ± 0,1 c	16,9 ± 0,2	17,5 ± 0,3 ab	16,7 ± 0,1
80 % O <sub>2</sub>	16,4 ± 0,3 bc	17,1 ± 0,1	17,3 ± 0,4 ab	16,9 ± 0,2
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	17,7 ± 0,2 a	17,0 ± 0,4	17,7 ± 0,3 ab	17,2 ± 0,2
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	16,7 ± 0,1abc	17,2 ± 0,3	16,2 ± 0,2 b	17,1 ± 0,4
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	17,0 ± 0,2 ab	16,7 ± 0,2	17,1 ± 0,1 ab	16,7 ± 0,3
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	16,3 ± 0,2 bc	17,6 ± 0,2	16,7 ± 0,1 ab	16,7 ± 0,3
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	16,7 ± 0,1abc	17,0 ± 0,3	17,4 ± 0,2 ab	17,3 ± 0,2
‘Black Seedless’				
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	20,8 ± 0,3 ab	20,2 ± 0,4 NS	20,5 ± 0,3 NS	21,5 ± 0,3 ab
AMa	21,1 ± 0,1 ab	20,8 ± 0,5	20,6 ± 0,2	20,3 ± 0,1 b
AMp	20,8 ± 0,3 ab	20,6 ± 0,6	20,8 ± 0,2	20,1 ± 0,1 b
80 % O <sub>2</sub>	21,5 ± 0,4 ab	20,3 ± 0,3	21,2 ± 0,1	21 ± 0,3 ab
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	22,1 ± 0,5 a	20,9 ± 0,1	20,7 ± 0,1	21,7 ± 0,1 ab
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	21,1 ± 0,1 ab	20,5 ± 0,5	20,6 ± 0,4	20,8 ± 0,5 ab
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	22,2 ± 0,6 a	20,7 ± 0,7	21,3 ± 0,3	22 ± 0,1 a
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	20,3 ± 0,2 b	20,8 ± 0,5	20,4 ± 0,3	22,1 ± 0,3 a
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	21,6 ± 0,2 ab	20,6 ± 0,2	21,5 ± 0,3	21,8 ± 0,5 a

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>3</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

<sup>4</sup>/Tratamiento desinfectado con NaClO.

**Acidez titulable.** El día 1, en las bayas TS, el valor más bajo lo presentó el tratamiento de AMa (0,51% de ácido tartárico), mientras que el valor más alto fue observado en el expuesto a 16 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> (0,66 %), este comportamiento no se mantuvo los siguientes días de evaluación, donde este mismo tratamiento, los días 7 y 14, presentó el valor más bajo con 0,44 % de ácido tartárico en ambos días. El día 21, los valores más bajos se observaron en los tratamientos 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> + NaClO y 16 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub>, con 0,49 y 0,50 % de ácido tartárico respectivamente, mientras que el valor más alto fue alcanzado por el tratamiento de aire con 0,65 % de ácido tartárico (cuadro 20).

Las bayas BS, sólo presentaron diferencias estadísticamente significativas el tercer día de evaluación, en donde el valor más alto fue alcanzado por el expuesto a 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub>, quien presentó 0,38 % de ácido tartárico, mientras que los valores más bajos los presentaron los tratamientos almacenados en AMa (0,34 %), 80 % O<sub>2</sub> (0,34 %) y 16 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> (0,33 %).

**Cuadro 20.** Acidez titulable AT (% ácido tartárico) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	AT (% ácido tartárico)			
	‘Thompson Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	0,59 ± 0,01 <sup>1</sup> b <sup>2</sup>	0,49 ± 0,02ab	0,49 ± 0,02 ab	0,65 ± 0,01 a
AMa	0,51 ± 0,01 e	0,50 ± 0,01ab	0,50 ± 0,01 ab	0,51 ± 0,01 bc
AMp	0,57 ± 0,01 bcd	0,51 ± 0,01ab	0,51 ± 0,01 ab	0,60 ± 0,03 ab
80 % O <sub>2</sub>	0,54 ± 0,01cde	0,51 ± 0,01ab	0,52 ± 0,01 a	0,58 ± 0,03 abc
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	0,57 ± 0,01 bc	0,52 ± 0,01 a	0,52 ± 0,01 a	0,53 ± 0,01 bc
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,55 ± 0,01cde	0,51 ± 0,01ab	0,51 ± 0,01 ab	0,53 ± 0,01 bc
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,53 ± 0,01 de	0,54 ± 0,01 a	0,54 ± 0,01 a	0,49 ± 0,01 c
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,66 ± 0,01 a	0,44 ± 0,01 b	0,44 ± 0,01 b	0,50 ± 0,02 c
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,53 ± 0,01 de	0,52 ± 0,01 a	0,52 ± 0,01 a	0,51 ± 0,01 bc
	‘Black Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	0,38 ± 0,0 NS <sup>3</sup>	0,34 ± 0,0 NS	0,35 ± 0,01 ab	0,36 ± 0,0 NS
AMa	0,38 ± 0,0	0,37 ± 0,0	0,34 ± 0,01b	0,36 ± 0,0
AMp	0,39 ± 0,0	0,35 ± 0,0	0,36 ± 0,01 ab	0,35 ± 0,0
80 % O <sub>2</sub>	0,38 ± 0,0	0,36 ± 0,0	0,34 ± 0,01 b	0,34 ± 0,0
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	0,36 ± 0,0	0,36 ± 0,0	0,36 ± 0,01 ab	0,36 ± 0,0
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,41 ± 0,0	0,36 ± 0,0	0,38 ± 0,01 a	0,38 ± 0,0
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,40 ± 0,0	0,35 ± 0,0	0,35 ± 0,01 ab	0,36 ± 0,0
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,38 ± 0,0	0,35 ± 0,0	0,33 ± 0,01 b	0,36 ± 0,0
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,37 ± 0,0	0,36 ± 0,0	0,36 ± 0,01 ab	0,36 ± 0,0

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>3</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

<sup>4</sup>/Tratamiento desinfectado con NaClO.



## Recuentos microbiológicos

**Recuento de aerobios mesófilos (RAM).** Los 2 primeros días la mayoría de los recuentos fueron inferiores a  $1 \log \text{ufc}\cdot\text{g}^{-1}$ . El día 14, el tratamiento almacenado en aire presentó el mayor recuento alcanzando  $2,21 \log \text{ufc}\cdot\text{g}^{-1}$ , mientras que los demás alcanzaron como máximo  $1,56 \log \text{ufc}\cdot\text{g}^{-1}$ . El día 21, a pesar de que los tratamientos de aire, AMa y AMp presentaron los mayores recuentos, estos no presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto a los demás (Cuadro 21).

**Psicrofilos.** En esta investigación los recuentos de estos microorganismos fueron inferiores a  $1 \log \text{ufc}\cdot\text{g}^{-1}$  en todos los tratamientos y a su vez en todas los días de evaluación (Cuadro 21).

**Cuadro 21.** Recuentos microbiológicos de RAM y psicrófilos ( $\log \text{ufc}\cdot\text{g}^{-1}$ ) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a  $5^\circ\text{C}$ .

Tratamientos	Recuentos microbiológicos ( $\log \text{ufc}\cdot\text{g}^{-1}$ )				
	RAM				
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21	
Aire	$\leq 1$	$1,31 \pm 0,15^1$	$2,09 \pm 0,01$ a	$2,43 \pm 0,06$	NS
AMa	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,46 \pm 0,08$ b	$2,25 \pm 0,02$	
AMp	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,36 \pm 0,23$ b	$2,29 \pm 0,03$	
80 % O <sub>2</sub>	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,20 \pm 0,10$ b	$1,57 \pm 0,32$	
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,56 \pm 0,04$ ab	$1,54 \pm 0,77$	
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,20 \pm 0,10$ b	$1,94 \pm 0,04$	
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	$\leq 1$	$1,20 \pm 0,10$	$1,46 \pm 0,09$ b	$1,66 \pm 0,34$	
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,43 \pm 0,22$ b	$1,20 \pm 0,10$	
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,36 \pm 0,06$ b	$1,70 \pm 0,20$	
Psicrófilos					
Aire	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	
AMa	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	
AMp	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	
80 % O <sub>2</sub>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio  $\pm$  desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>3</sup>/No Significativo  $p \geq 0,05$ .

<sup>4</sup>/Tratamiento desinfectado con NaClO.

**Enterobacterias.** El recuento de durante los 3 primeros días de evaluación fue inferior a 1 log ufc·g<sup>-1</sup>. El día 21, el tratamiento almacenado en aire presentó el mayor recuento, con 1,96 log ufc·g<sup>-1</sup> (Cuadro 22).

**Hongos y levaduras.** El día 1, el recuento de todos los tratamientos fue inferior a 1 log ufc·g<sup>-1</sup>. El día 7, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. El día 14, el tratamiento en aire presentó el mayor recuento (2,37 log ufc·g<sup>-1</sup>), mientras que el tratado con 16 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> presentó el menor recuento (1 log ufc·g<sup>-1</sup>). El día 21, los mayores recuentos lo presentaron los tratamientos aire (2,27 log ufc·g<sup>-1</sup>), AMp (2,14 log ufc·g<sup>-1</sup>), 80 % O<sub>2</sub> (2,15 log ufc·g<sup>-1</sup>) y 16 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> + NaClO (2 log ufc·g<sup>-1</sup>), mientras que el de 80 % O<sub>2</sub> + NaClO presentó el menor recuento, con 1,50 log ufc·g<sup>-1</sup> (Cuadro 22).

**Cuadro 22.** Recuentos microbiológicos de enterobacterias y hongos y levaduras (log ufc·g<sup>-1</sup>) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Tratamientos	Recuentos microbiológicos (log ufc·g <sup>-1</sup> )			
	Enterobacterias			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	≤ 1	≤ 1	≤ 1	1,96 ± 0,06 a
AMa	≤ 1	≤ 1	≤ 1	1,70 ± 0,20 ab
AMp	≤ 1	≤ 1	≤ 1	1,77 ± 0,15 ab
80 % O <sub>2</sub>	≤ 1	≤ 1	≤ 1	1,41 ± 0,28 ab
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	≤ 1	≤ 1	≤ 1	1,36 ± 0,05 ab
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	≤ 1	≤ 1	≤ 1	1,10 ± 0,10 bc
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1 d
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1 d
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1 d
	Hongos y levaduras			
Aire	≤ 1	2,07 ± 0,06 NS	2,37 ± 0,20 a	2,27 ± 0,12 a
AMa	≤ 1	1,81 ± 0,11	1,44 ± 0,30 bcd	1,51 ± 0,04 b
AMp	≤ 1	2,04 ± 0,05	2,33 ± 0,16 ab	2,14 ± 0,11 a
80 % O <sub>2</sub>	≤ 1	2,03 ± 0,06	1,83 ± 0,12 abcd	2,15 ± 0,13 a
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	≤ 1	1,98 ± 0,13	1,30 ± 0,17 cd	1,50 ± 0,10 b
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	≤ 1	1,56 ± 0,13	1,99 ± 0,02 abc	1,90 ± 0,07 ab
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	≤ 1	1,87 ± 0,05	1,98 ± 0,25 abc	1,95 ± 0,11 ab
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	≤ 1	1,69 ± 0,05	1,00 ± 0,00 d	1,91 ± 0,04 ab
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	≤ 1	1,63 ± 0,17	2,03 ± 0,13 abc	2,00 ± 0,05 a

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>3</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

<sup>4</sup>/Tratamiento desinfectado con NaClO.

### Determinación de calidad sensorial

**Apariencia.** Se observaron diferencias significativas los días 7 y 21. El día 7, el tratamiento de AMa obtuvo la mejor apariencia con una puntuación de 11,5 de un máximo de 15. Los tratamientos aire y  $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_3$  presentaron los valores más bajos, con 8,7 y 8,8, respectivamente. El día 21, la mejor apariencia la obtuvo nuevamente el tratamiento AMa (9,1), mientras que el tratamiento almacenado en aire presentó el valor más bajo (7,4).

**Textura.** Los tratamientos no presentaron diferencias significativas en ninguno de los días de evaluación (Cuadro 23).

**Cuadro 23.** Calidad sensorial (apariencia y textura) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservada durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Calidad sensorial			
	Apariencia			
	Día 1	Día 7	Día14	Día 21
Aire	11,9 ± 0,7 <sup>1</sup> NS <sup>2</sup>	8,7 ± 0,5 b <sup>3</sup>	8,5 ± 0,5 NS	7,4 ± 0,4 b
AMa	11,3 ± 0,6	11,5 ± 0,5 a	10,7 ± 0,3	9,1 ± 0,4 a
AMp	11,7 ± 0,6	10,4 ± 0,7 ab	9,9 ± 0,4	8,8 ± 0,3 ab
80 % O <sub>2</sub>	11,1 ± 0,8	9,0 ± 0,6 ab	9,2 ± 0,5	7,9 ± 0,4 ab
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	11,3 ± 0,5	9,0 ± 0,2 ab	9,2 ± 0,6	8,0 ± 0,5 ab
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	11,9 ± 0,7	8,8 ± 0,7 b	9,4 ± 0,6	8,3 ± 0,4 ab
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	11,1 ± 0,6	9,1 ± 0,6 ab	9,2 ± 0,6	7,9 ± 0,3 ab
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	11,5 ± 0,7	9,2 ± 0,7 ab	9,5 ± 0,6	8,2 ± 0,4 ab
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	11,0 ± 0,7	8,9 ± 0,6 ab	9,2 ± 0,9	8,0 ± 0,4 ab
	Textura			
	Día 1	Día 7	Día14	Día 21
	Aire	10,6 ± 0,7 NS	9,8 ± 0,5 NS	7,8 ± 0,4 NS
AMa	10,5 ± 0,5	9,7 ± 0,5	8,7 ± 0,3	8,5 ± 0,7
AMp	10,1 ± 0,4	9,1 ± 0,9	8,5 ± 0,2	8,7 ± 0,6
80 % O <sub>2</sub>	9,7 ± 0,6	9,2 ± 0,8	9,0 ± 0,5	8,5 ± 0,6
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	9,8 ± 0,4	10,0 ± 0,6	9,2 ± 0,4	8,8 ± 0,4
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	9,8 ± 0,7	9,6 ± 0,6	9,1 ± 0,4	8,4 ± 0,6
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	10,1 ± 0,6	9,8 ± 0,7	9,3 ± 0,4	8,0 ± 0,4
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	10,6 ± 0,8	9,1 ± 0,6	9,5 ± 0,5	8,3 ± 0,5
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	9,6 ± 0,4	9,0 ± 0,5	9,4 ± 0,4	8,4 ± 0,5

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=12).

<sup>2</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

<sup>3</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>4</sup>/Tratamiento desinfectado con NaClO.

### Determinación de compuestos funcionales

**Fenoles totales.** El primer día de evaluación, en las bayas TS se observó una diferencia entre los tratamientos que se expusieron a O<sub>3</sub> gaseoso y a altas dosis de O<sub>2</sub> frente a los demás, donde los primeros presentaron mayores valores (cerca de 4,5 mg EAG·g<sup>-1</sup> PF). El día 7 el tratamiento aire presentó el menor valor (3,5 mg EAG·g<sup>-1</sup> PF). El día 21, el tratamiento AMp, presentó la menor cantidad de fenoles totales (3,3 mg EAG·g<sup>-1</sup> PF).

El día 1, en las bayas BS, el menor valor fue observado en el tratamiento AMp (15,6 mg EAG·g<sup>-1</sup> PF), mientras que el mayor valor en el expuesto a 80 % O<sub>2</sub> + NaClO (19,3 mg EAG·g<sup>-1</sup> PF). El día 21, este último tratamiento nuevamente presentó el mayor valor junto con 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub>, mientras que los valores más bajos fueron observados en los tratamientos aire y AMa. (Cuadro 24)

**Cuadro 24.** Fenoles totales (mg EAG·g<sup>-1</sup> PF) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Fenoles totales			
	‘Thompson Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	2,8 ± 0,1 <sup>1</sup> b <sup>2</sup>	3,5 ± 0,1 c	3,4 ± 0,2 NS <sup>3</sup>	3,4 ± 0,1 cd
AMa	2,9 ± 0,2 b	3,6 ± 0,2 bc	3,4 ± 0,1	3,5 ± 0,1 bcd
AMp	2,8 ± 0,1 b	3,9 ± 0,0 abc	3,7 ± 0,2	3,3 ± 0,0 d
80 % O <sub>2</sub>	4,2 ± 0,1 a	4,2 ± 0,1 ab	4,2 ± 0,1	4,1 ± 0,0 ab
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	4,5 ± 0,1 a	4,3 ± 0,1 a	4,2 ± 0,2	4,2 ± 0,1 a
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	4,2 ± 0,0 a	4,1 ± 0,1 ab	4,1 ± 0,1	4,0 ± 0,0 abc
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	4,4 ± 0,1 a	4,3 ± 0,0 a	3,8 ± 0,2	4,1 ± 0,1 a
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	4,4 ± 0,1 a	4,3 ± 0,1 a	4,1 ± 0,1	4,1 ± 0,1 a
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	4,3 ± 0,1 a	4,3 ± 0,0 a	4,1 ± 0,1	4,2 ± 0,2 a
	‘Black Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
	Aire	16,7 ± 0,3 ab	14,8 ± 0,4 c	15,1 ± 0,4 bc
AMa	16,1 ± 0,4 ab	14,6 ± 0,6 c	15,2 ± 0,6 bc	15,0 ± 0,7 b
AMp	15,6 ± 0,5 b	15,6 ± 0,4 bc	14,4 ± 0,2 c	16,0 ± 0,7 ab
80 % O <sub>2</sub>	17,9 ± 0,3 ab	17,8 ± 0,4 a	16,9 ± 0,2 abc	17,0 ± 0,5 ab
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	19,3 ± 0,9 a	19,3 ± 0,3 a	18,5 ± 0,2 a	18,1 ± 0,1 a
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	18,0 ± 0,9 ab	17,6 ± 0,2 ab	17,1 ± 0,6 abc	17,1 ± 0,8 ab
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	19,1 ± 0,8 ab	18,1 ± 0,2 a	17,4 ± 0,4 ab	19,2 ± 0,3 a
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	18,4 ± 0,3 ab	18,1 ± 0,3 a	17,9 ± 0,8 ab	17,2 ± 0,3 ab
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	18,4 ± 0,3 ab	18,6 ± 0,6 a	16,8 ± 0,9 abc	17,3 ± 0,8 ab

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>3</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

<sup>4</sup>/Tratamiento desinfectado con NaClO.

### Actividad antioxidante (AA)

**DPPH.** En las bayas TS, el primer día de evaluación, los menores valores fueron observados en los tratamientos aire, AMa y AMp, quienes presentaron valores cercanos a 7,8 mg ET·g<sup>-1</sup> PF, mientras que el valor más alto fue observado en el expuesto a 80 % O<sub>2</sub> + NaClO, con 10,3 mg ET·g<sup>-1</sup> PF. Este tratamiento presentó nuevamente el mayor valor en los días 7 y 14 (Cuadro 25).

En las bayas BS, al principio de la investigación los valores de los tratamientos expuestos a O<sub>3</sub> y alto O<sub>2</sub> alcanzaron los mayores valores con respecto a los almacenados en aire, AMa y AMp, sin embargo esta tendencia no se mantuvo durante todo el almacenamiento, pues a partir día 14 los tratamientos presentaron valores similares, no presentándose diferencias significativas entre ellos (Cuadro 25).

**Cuadro 25.** Actividad antioxidante (DPPH) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Actividad antioxidante (DPPH)			
	‘Thompson Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	7,8 ± 0,3 <sup>1</sup> c <sup>2</sup>	8,0 ± 0,1 c	8,4 ± 0,1 b	9,1 ± 0,2 NS <sup>3</sup>
AMa	7,8 ± 0,3 c	8,5 ± 0,2 bc	8,5 ± 0,3 b	8,5 ± 0,2
AMp	7,7 ± 0,1 c	8,0 ± 0,2 c	8,5 ± 0,3 b	8,4 ± 0,0
80 % O <sub>2</sub>	9,0 ± 0,1 b	8,5 ± 0,4 bc	8,5 ± 0,1 b	8,6 ± 0,2
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	10,3 ± 0,0 a	10,2 ± 0,2 a	9,9 ± 0,2 a	9,4 ± 0,4
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	9,1 ± 0,1 b	8,7 ± 0,2 bc	8,6 ± 0,2 ab	8,4 ± 0,3
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	10,0 ± 0,2 ab	9,6 ± 0,3 ab	9,7 ± 0,4 ab	9,5 ± 0,1
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	9,9 ± 0,2 ab	9,6 ± 0,2 ab	9,2 ± 0,0 ab	9,2 ± 0,3
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	10,0 ± 0,1 ab	9,5 ± 0,2 ab	9,2 ± 0,2 ab	9,1 ± 0,2
	‘Black Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
	Aire	45,0 ± 0,6 bc	42,9 ± 0,9 d	48,2 ± 0,5 NS
AMa	42,6 ± 0,6 c	42,6 ± 0,5 d	49,8 ± 0,5	45,9 ± 0,9
AMp	42,5 ± 0,6 c	44,2 ± 0,9 bcd	48,9 ± 0,8	47,1 ± 0,8
80 % O <sub>2</sub>	47,3 ± 0,9 ab	47,9 ± 0,4 ab	47,1 ± 0,9	45,4 ± 0,5
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	50,8 ± 0,8 a	49,7 ± 0,8 a	47,1 ± 0,6	47,0 ± 0,8
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	47,2 ± 0,3 ab	47,4 ± 0,6 abc	48,4 ± 0,7	46,7 ± 0,2
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	49,8 ± 0,4 a	44,0 ± 0,8 cd	47,3 ± 0,9	47,3 ± 0,0
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	49,7 ± 0,9 a	44,4 ± 0,4 bcd	47,8 ± 0,8	46,1 ± 0,8
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	49,8 ± 0,4 a	48,3 ± 0,9 a	49,3 ± 0,3	47,1 ± 0,9

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

<sup>3</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>4</sup>/Tratamiento desinfectado con NaClO.

**FRAP.** En las bayas TS, la AA fue mayor en los tratamientos expuestos a O<sub>3</sub> y a alto O<sub>2</sub> alcanzando, al principio de la investigación, valores cercanos a 4,0 mg ET·g<sup>-1</sup> PF, mientras que los tratamientos almacenados en aire, AMa y AMp presentaron valores cercanos a 3,0 mg ET·g<sup>-1</sup> PF. En el día 14 y 21 los valores de los tratamientos fueron similares entre sí, con valores entre 4,0 y 4,2 µg ET·g<sup>-1</sup> PF aproximadamente (Cuadro 27).

En las bayas BS, los primeros días de evaluación, los valores de los tratamientos expuestos a O<sub>3</sub> y a alto O<sub>2</sub> alcanzaron valores cercanos a 14,6 µg ET·g<sup>-1</sup> PF, mientras que los almacenados en aire, AMa y AMp presentaron valores cercanos a los 10,6 µg ET·g<sup>-1</sup> PF. El último día de evaluación los tratamientos obtuvieron entre 14,0 y 15,7 µg ET·g<sup>-1</sup> PF, no presentando diferencias estadísticamente significativas entre ellos (Cuadro 26).

**Cuadro 26.** Actividad antioxidante (FRAP) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Actividad antioxidante (FRAP)			
	‘Thompson Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	3,1 ± 0,0 <sup>1</sup> b <sup>2</sup>	3,5 ± 0,0 ab	3,8 ± 0,1 NS <sup>3</sup>	4,0 ± 0,1 NS
AMa	2,9 ± 0,1 b	3,5 ± 0,0 ab	4,0 ± 0,1	3,9 ± 0,1
AMp	3,0 ± 0,1 b	3,4 ± 0,1 b	4,3 ± 0,1	4,0 ± 0,1
80 % O <sub>2</sub>	4,1 ± 0,3 a	3,9 ± 0,1 ab	4,0 ± 0,1	4,1 ± 0,1
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	4,0 ± 0,1 a	4,1 ± 0,1 a	4,1 ± 0,2	4,2 ± 0,2
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	4,1 ± 0,0 a	4,1 ± 0,1 a	4,2 ± 0,2	4,2 ± 0,1
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	4,2 ± 0,2 a	4,0 ± 0,2 ab	4,2 ± 0,1	3,9 ± 0,1
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	4,1 ± 0,0 a	4,1 ± 0,1 a	4,1 ± 0,1	4,2 ± 0,2
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	4,0 ± 0,2 a	3,9 ± 0,1 ab	4,0 ± 0,1	4,2 ± 0,1
Tratamiento	‘Black Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
	Aire	10,6 ± 0,5 b	11,6 ± 0,2 b	13,7 ± 0,1 NS
AMa	10,8 ± 0,3 b	12,5 ± 0,6 ab	13,8 ± 0,2	14,1 ± 0,1
AMp	10,8 ± 0,2 b	12,6 ± 0,7 ab	14,1 ± 0,3	14,0 ± 0,9
80 % O <sub>2</sub>	13,5 ± 0,1 a	14,8 ± 0,2 a	14,0 ± 0,2	14,6 ± 0,2
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	14,1 ± 0,5 a	14,1 ± 0,5 ab	14,0 ± 0,2	14,6 ± 0,7
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	13,3 ± 0,4 a	13,3 ± 0,8 ab	14,2 ± 0,7	14,9 ± 0,3
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	13,2 ± 0,6 a	14,2 ± 0,5 ab	14,3 ± 0,4	15,7 ± 0,7
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	14,4 ± 0,7 a	14,2 ± 0,6 ab	14,7 ± 0,3	14,7 ± 0,9
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	14,6 ± 0,1 a	14,3 ± 0,6 ab	14,5 ± 0,7	15,0 ± 0,2

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

<sup>3</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>4</sup>/Tratamiento desinfectado con NaClO.

### Determinación de enzimas de estrés oxidativo

**Catalasa (CAT).** La actividad de esta enzima en los tratamientos expuestos a O<sub>3</sub> y a alto O<sub>2</sub> presentó mayores valores en cada una de las salidas, con respecto al tratamiento testigo (aire). En el día 1 las bayas TS del tratamiento almacenado en aire presentó una menor actividad (0,18 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína) con respecto al tratamiento expuesto a 16 mg·L<sup>-1</sup> de O<sub>3</sub> + NaClO (0,46 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína). Siguiendo con esta tendencia, el último día el tratamiento almacenado en aire nuevamente presentó una menor actividad (0,21 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína) con respecto a los expuestos a O<sub>3</sub> y a alto O<sub>2</sub> (Cuadro 27).

Un comportamiento similar fue observado en las bayas BS, en donde el tratamiento almacenado en aire presento los valores más bajos en cada una de las salidas, alcanzando 0,29; 0,33; 0,31 y 0,36 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína en los días 1, 7, 14 y 21 respectivamente. Los tratamientos expuestos O<sub>3</sub> y a alto O<sub>2</sub>, presentaron los valores por sobre esas cifras.

**Cuadro 27.** Actividad enzimática de catalasa (UA·mg<sup>-1</sup> de proteína) de las bayas ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Catalasa (UA·mg <sup>-1</sup> de proteína)			
	‘Thompson Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	0,18 ± 0,01 <sup>1</sup> d <sup>2</sup>	0,16 ± 0,01 c	0,27 ± 0,01 b	0,21 ± 0,02 b
80 % O <sub>2</sub>	0,40 ± 0,01ab	0,28 ± 0,01 bc	0,54 ± 0,01 a	0,37 ± 0,02 a
<sup>3</sup> 80 % O <sub>2</sub>	0,31 ± 0,01 c	0,30 ± 0,04 bc	0,55 ± 0,01 a	0,40 ± 0,01 a
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,31 ± 0,01 c	0,29 ± 0,01 bc	0,47 ± 0,06 a	0,41 ± 0,02 a
<sup>3</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,38 ± 0,02 b	0,38 ± 0,07 abc	0,41 ± 0,06 ab	0,40 ± 0,01 a
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,36 ± 0,01bc	0,48 ± 0,12 ab	0,52 ± 0,02 ab	0,42 ± 0,03 a
<sup>3</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,46 ± 0,02 a	0,63 ± 0,01 a	0,42 ± 0,02 a	0,44 ± 0,03 a
	‘Black Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
	Aire	0,29 ± 0,01 b	0,33 ± 0,02 b	0,31 ± 0,01 b
80 % O <sub>2</sub>	0,44 ± 0,03 ab	0,47 ± 0,05 ab	0,49 ± 0,02 a	0,52 ± 0,02 a
<sup>3</sup> 80 % O <sub>2</sub>	0,40 ± 0,01 ab	0,45 ± 0,04 ab	0,37 ± 0,05 ab	0,45 ± 0,03 ab
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,49 ± 0,06 a	0,50 ± 0,01 a	0,50 ± 0,03 a	0,41 ± 0,04 ab
<sup>3</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,43 ± 0,01 ab	0,45 ± 0,02 ab	0,43 ± 0,01 ab	0,43 ± 0,04 ab
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,40 ± 0,02 ab	0,51 ± 0,01 a	0,37 ± 0,01 ab	0,44 ± 0,03 ab
<sup>3</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,48 ± 0,02 a	0,44 ± 0,01 ab	0,47 ± 0,03 a	0,44 ± 0,01 ab

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>3</sup>/Tratamiento desinfectado con NaClO.

**Superóxido dismutasa (SOD).** La actividad fue mayor en los tratamientos expuestos a O<sub>3</sub> y a alto O<sub>2</sub>, en comparación al tratamiento almacenado en aire. Es así como en las bayas TS, en el primer día de evaluación el menor valor fue observado en el tratamiento almacenado en aire (1,20 UA·mg<sup>-1</sup> proteína), mientras que los mayores valores en los tratamientos expuestos a 80 % + NaClO, a 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> + NaClO y a 16 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> + NaClO, con 3,42; 3,11 y 3,45 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína respectivamente. El día 21, los tratamientos expuestos a O<sub>3</sub> y a alto O<sub>2</sub> presentaron entre 2,7 y 4,39 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína, mientras que el almacenado en aire presentó el menor valor con 1,83 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína (Cuadro 28).

En las bayas BS, el día 1, el tratamiento almacenado en aire presentó el valor más bajo con respecto al resto, alcanzando una actividad enzimática de 2,45 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína, mientras que el resto presentaron valores por sobre 4,14 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína (Cuadro 28).

**Cuadro 28.** Actividad enzimática de superóxido dismutasa (UA·mg<sup>-1</sup> de proteína) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Superóxido dismutasa (UA·mg <sup>-1</sup> de proteína)			
	‘Thompson Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día14	Día 21
Aire	1,20 ± 0,40 <sup>1</sup> b <sup>2</sup>	1,46 ± 0,25 b	1,79 ± 0,52 b	1,83 ± 0,28 b
80 % O <sub>2</sub>	2,99 ± 0,19 ab	2,78 ± 0,28ab	3,67 ± 0,02 a	3,70 ± 0,33 a
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	3,42 ± 0,56 a	2,92 ± 0,15 a	2,77 ± 0,48ab	2,76 ± 0,08 ab
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	2,83 ± 0,47 ab	2,00 ± 0,41ab	3,63 ± 0,11 a	3,27 ± 0,24 a
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	3,11 ± 0,30 a	3,16 ± 0,14 a	3,41 ± 0,36 a	4,02 ± 0,09 a
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	2,75 ± 0,37 ab	3,36 ± 0,39 a	2,59 ± 0,28ab	3,81 ± 0,23 a
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	3,45 ± 0,11 a	3,17 ± 0,33 a	2,68 ± 0,09ab	3,94 ± 0,42 a
	‘Black Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
	Aire	2,54 ± 0,04 b	3,33 ± 0,06 NS <sup>3</sup>	2,82 ± 0,77 NS
80 % O <sub>2</sub>	4,97 ± 0,29 a	4,46 ± 0,47	3,64 ± 0,04	3,90 ± 0,49
<sup>4</sup> 80 % O <sub>2</sub>	4,89 ± 0,37 a	4,07 ± 0,58	4,09 ± 0,30	2,87 ± 0,07
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	4,59 ± 0,36 a	3,51 ± 0,19	3,70 ± 0,40	3,10 ± 0,38
<sup>4</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	5,31 ± 0,27 a	3,46 ± 0,57	3,76 ± 0,60	3,83 ± 0,45
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	4,14 ± 0,31 a	3,83 ± 0,28	3,25 ± 0,11	4,02 ± 0,35
<sup>4</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	4,87 ± 0,49 a	4,07 ± 0,41	3,19 ± 0,37	3,58 ± 0,40

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

<sup>3</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>4</sup>/Tratamiento desinfectado con NaClO.



**Ascorbato peroxidasa (APX).** Al igual que la actividad de las otras 2 enzimas mencionadas anteriormente, la actividad de la APX en las bayas TS, alcanzó los valores más altos en los tratamientos que fueron expuestos a O<sub>3</sub> y a alto O<sub>2</sub>, en comparación con el tratamiento almacenado en aire.

En las bayas TS, el tratamiento testigo presentó en todos los días de evaluación los menores valores en comparación al resto de los tratamientos, con valores de 0,29; 0,24; 0,50 y 0,414 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína correspondiente a los días 1, 7, 14 y 21 respectivamente. El resto de los tratamientos presentó valores por sobre los 0,57 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína el día 1, los 0,45 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína el día 7, los 0,67 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína el día 14 y los 0,64 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína el día 21 (Cuadro 29).

En las bayas BS el comportamiento fue similar en cada una de los días de evaluación, donde los valores del tratamiento aire, variaron entre 0,32 y 0,44 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína, siendo estos los más bajos, mientras que los tratamientos expuestos a O<sub>3</sub> y a alto O<sub>2</sub> presentaron los valores más altos, cercanos a los 0,50 y 0,60 UA·mg<sup>-1</sup> de proteína, aproximadamente (Cuadro 29).

**Cuadro 29.** Actividad enzimática de ascorbato peroxidasa (UA·mg<sup>-1</sup> de proteína) de las bayas de ‘Thompson Seedless’ y ‘Black Seedless’ conservadas durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Ascorbato peroxidasa (UA·mg <sup>-1</sup> de proteína)			
	‘Thompson Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Aire	0,29 ± 0,01 <sup>1</sup> c <sup>2</sup>	0,24 ± 0,01 b	0,50 ± 0,02 b	0,41 ± 0,05 b
80 % O <sub>2</sub>	0,68 ± 0,06 a	0,49 ± 0,03ab	0,92 ± 0,04 a	0,67 ± 0,03 a
<sup>3</sup> 80 % O <sub>2</sub>	0,57 ± 0,06 ab	0,45 ± 0,06ab	0,89 ± 0,03 a	0,68 ± 0,08 a
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,48 ± 0,01 bc	0,49 ± 0,02ab	0,80 ± 0,12ab	0,64 ± 0,06 ab
<sup>3</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,69 ± 0,02 a	0,60 ± 0,11ab	0,67 ± 0,09ab	0,71 ± 0,02 a
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,58 ± 0,03 ab	0,82 ± 0,21 a	0,88 ± 0,06 a	0,75 ± 0,03 a
<sup>3</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,71 ± 0,02 a	0,93 ± 0,03 a	0,70 ± 0,03ab	0,79 ± 0,06 a
	‘Black Seedless’			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
	Aire	0,36 ± 0,03 b	0,32 ± 0,01 c	0,40 ± 0,03 b
80 % O <sub>2</sub>	0,57 ± 0,03 a	0,44 ± 0,03 bc	0,63 ± 0,02ab	0,64 ± 0,01 a
<sup>3</sup> 80 % O <sub>2</sub>	0,54 ± 0,02 a	0,55 ± 0,03 ab	0,62 ± 0,11ab	0,59 ± 0,03 a
8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,60 ± 0,03 a	0,64 ± 0,06 a	0,68 ± 0,05 a	0,64 ± 0,01 a
<sup>3</sup> 8 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,68 ± 0,02 a	0,66 ± 0,01 a	0,65 ± 0,03ab	0,58 ± 0,04 a
16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,58 ± 0,02 a	0,62 ± 0,02 ab	0,60 ± 0,03ab	0,59 ± 0,02 a
<sup>3</sup> 16 mg·L <sup>-1</sup> O <sub>3</sub>	0,62 ± 0,01 a	0,64 ± 0,04 a	0,62 ± 0,02ab	0,62 ± 0,02 a

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>3</sup>/Tratamiento desinfectado con NaClO.

## DISCUSIÓN

En esta investigación, la tasa respiratoria de las bayas desinfectadas con NaClO presentó un leve aumento con respecto a las que se lavaron solamente con agua, probablemente este comportamiento se debió al efecto oxidante de los compuestos derivados del cloro, quienes pueden generar, dependiendo de su concentración, un estrés en el producto. Este estrés se puede traducir en un aumento de los procesos metabólicos, como la tasa respiratoria, la cual en esta investigación se elevó ligeramente en comparación al no tratado con NaClO. Este aumento se observó en los primeros días de evaluación, puesto que al final de la investigación, ambos tratamientos presentaron valores muy similares. Es necesario señalar que ambos tratamientos durante todo el periodo de almacenamiento presentaron valores de emisión de CO<sub>2</sub> cercanos a 5 mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, concordando con lo señalado por Kader (2007) para uva de mesa.

La pérdida de peso observada en todos los tratamientos fue menor a 0,3 %, esta mínima deshidratación se puede deber a que las películas plásticas, independiente de su permeabilidad, ayuda a mantener altos los valores de la humedad relativa que rodea al producto, evitando la deshidratación o pérdida de peso fresco (Tano *et al.*, 2007).

El efecto de los distintos tratamientos sobre el color de uva de mesa MP, se puede apreciar mediante los cambios de luminosidad, saturación y tono de las bayas generados por los distintos tratamientos. En esta investigación, a pesar de existir diferencias entre los tratamientos en los distintos días de evaluación, los tratamientos no se comportan de la misma manera en todas las salidas. Las bayas TS presentan una disminución en los valores de luminosidad tras aplicar 80 % O<sub>2</sub> + NaClO solamente durante los 2 primeros días de evaluación, concordando con lo observado por Ayala-Zavala *et al.* (2007) y por Oms-Oliu *et al.* (2008) tras aplicar 70 % O<sub>2</sub> en arándanos y en peras, respectivamente. Este efecto se encuentra asociado a la actividad oxidante del O<sub>2</sub> sobre las frutas cuando es aplicado en altas concentraciones (Zhang *et al.*, 2013). Por otra parte, durante este mismo período, no se observó un efecto de la luminosidad en las bayas BS, tras la exposición de O<sub>3</sub> gaseoso o altos niveles de O<sub>2</sub>, tal como lo observado por Horvitz y Cantalejo (2012) quienes aplicaron O<sub>3</sub> gaseoso en pimentón MP. Con respecto al tono, al principio de esta investigación los tratamientos expuestos a 80 % O<sub>2</sub> + NaClO en TS y a 80 % O<sub>2</sub> en BS presentaron los valores más bajos, concordando con lo señalado por Oms-Oliu *et al.* (2008) quienes observaron una disminución del tono tras almacenar peras con altos niveles O<sub>2</sub> (70 %). El efecto en la saturación también se pudo observar al principio de esta investigación en donde el tratamiento expuesto a 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> + NaClO presentó el menor valor con respecto a los demás tratamientos, tal como lo observado por Ali *et al.* (2014) quienes tras la aplicar O<sub>3</sub>

gaseoso en papayas notaron una disminución en la intensidad del color en estos tratamientos con respecto al testigo almacenado en aire. Sin embargo este comportamiento no fue similar en las bayas BS, quienes no se vieron afectadas en este parámetro, concordando con lo señalado por Aguayo *et al.* (2006) tras la aplicación de O<sub>3</sub> gaseoso en tomates MP.

Con respecto a la firmeza, las bayas TS expuestas a 80 % O<sub>2</sub> + NaClO y a 8 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> + NaClO presentaron los valores más bajos de firmeza al principio de esta investigación. Este comportamiento se podría atribuir a una posible alteración en los tejidos superficiales de las bayas, causada por la gran capacidad oxidante de altas dosis de O<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> gaseoso, que generarían una pérdida en la turgencia del tejido (Rocculi *et al.*, 2005). Sin embargo, el efecto de estos gases sobre la firmeza de frutas y hortalizas es variable. Es así como Horvitz y Cantalejo (2012) y Tzortzakis *et al.* (2007) observaron que tras aplicar O<sub>3</sub> gaseoso en pimentón y tomate la firmeza no se ve afectada. Por otra parte, Ali *et al.* (2014) observaron que tras exponer papayas a O<sub>3</sub> gaseoso estas presentaban una firmeza mayor que las almacenadas en aire, así mismo Oms-Oliu *et al.* (2008 y 2008b) también observaron mayores valores iniciales de firmeza en pera y melón MP expuestos a altos niveles de O<sub>2</sub>, en comparación con el testigo almacenado en aire. Por el contrario, Selma *et al.* (2008) observaron una disminución de este parámetro tras aplicar O<sub>3</sub> gaseoso en melón MP.

En cuanto a los parámetros químicos los SST y la AT no se vieron significativamente afectados tras el almacenamiento en las distintas atmósferas, similar a lo observado por Gomes *et al.* (2012) y Montero-Calderón *et al.* (2008), quienes no registraron efectos de la aplicación de altos niveles de O<sub>2</sub> sobre estos parámetros ni en pera MP ni en piña MP. Así mismo, Selma *et al.* (2008) tras aplicar O<sub>3</sub> gaseoso en melón MP tampoco observaron diferencias significativas en el contenido de SST. Sin embargo, es necesario señalar que este comportamiento no es similar en todos los productos, ya que Ali *et al.* (2014) observaron un aumento de los SST tras la aplicación de O<sub>3</sub> gaseoso en papayas, similar a lo señalado por Oms-Oliu *et al.* (2008b) quienes además de observar un aumento de los SST observaron un aumento en la acidez titulable de melón MP tras ser expuesto a altos niveles de O<sub>2</sub>. La variabilidad observada durante esta investigación en los parámetros químicos puede ser atribuida a los numerosos factores que inciden tanto en los SST y AT, como el tipo de cultivar utilizado, la maduración de las bayas, e incluso la posición de las bayas y los racimos en la parra.

La composición gaseosa, de los distintos tratamientos fue variando a lo largo del período de almacenamiento debido a la permeabilidad de la película plástica y a la misma respiración del producto expuesto a 5 °C. Los tratamientos que fueron expuestos a 8 y 16 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> gaseoso y a 80 % O<sub>2</sub> presentaron valores entre los 70 y 80 % O<sub>2</sub> al principio de esta investigación, estos valores fueron decreciendo en forma gradual para finalmente terminar en valores entre 7 y 11 % O<sub>2</sub>. Esta disminución gradual del contenido de O<sub>2</sub> se

puede atribuir a la respiración del producto y a la permeabilidad de la película plástica utilizada. Un comportamiento similar observaron diversos autores, los cuales expusieron a productos como, peras MP, frutillas MP, espinacas babys y melón MP a altas concentraciones de O<sub>2</sub> (Oms-Oliu *et al.*, 2008; Odriozola-Serrano *et al.*, 2010; Allende *et al.*, 2004 y Oms-Oliu *et al.*, 2008b). Para el caso de los tratamientos almacenados en AMa y AMp ambos finalizaron el período de almacenamiento con una concentración de O<sub>2</sub> cercana a 7 %, concordando con lo obtenido por Costa *et al.* (2011), quienes tras envasar uva de mesa MP en AMa alcanzaron valores entre 4 y 7 % al final de su investigación, así mismo Del Nobile *et al.* (2009) alcanzó valores cercanos a 10 % O<sub>2</sub> tras envasar uva de mesa en AMp. Con respecto al contenido de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, los valores a partir del día 7 fueron similares para todos los tratamientos (4-5 % de CO<sub>2</sub>), a excepción del tratamiento almacenado en aire, el cual, como se esperaba, mantuvo estos valores cercanos a 0 % CO<sub>2</sub>.

El uso de O<sub>3</sub> gaseoso y altos niveles de O<sub>2</sub> ha sido sugerido como alternativa para reducir los microorganismos presentes en los productos MP, debido al efecto oxidante de ambos gases sobre los componentes celulares de los microorganismos (Gil *et al.*, 2009). En esta investigación se planteó el uso de estos gases de manera singular y en conjunto a la desinfección con NaClO. Los resultados sugieren que se consigue un efecto similar al aplicar O<sub>3</sub> y 70 % O<sub>2</sub> + NaClO que al aplicar estos mismos gases sin NaClO. En ambos casos, estos tratamientos lograron mantener los recuentos de los microorganismos bajo los límites establecidos por el Reglamento Sanitario de los Alimentos.

Los RAM durante los 2 primeros días de evaluación no superaron 1 log ufc·g<sup>-1</sup> en ninguno de los tratamientos. El día 21, los tratamientos expuestos a O<sub>3</sub> y a 80 % O<sub>2</sub> presentaron valores bajo 2 log ufc·g<sup>-1</sup>, siendo el expuesto a 16 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> quien obtuvo el menor valor, siendo este 1,2 log ufc·g<sup>-1</sup>, valores similares de RAM observaron Horvitz y Cantalejo (2012) tras aplicar O<sub>3</sub> gaseoso en pimentón MP. En el caso de los microorganismos psicrófilos, estos no superaron 1 log ufc·g<sup>-1</sup> durante todo el período de almacenamiento en ninguno de los tratamientos aplicados. Por otra parte, las enterobacterias tampoco superaron 1 log ufc·g<sup>-1</sup> durante los primeros 3 días de evaluación, el día 21 el mayor recuento fue observado en el tratamiento almacenado en aire, mientras que en los tratamientos expuestos a 16 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> y a 16 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> + NaClO no se observó ningún crecimiento de este microorganismo. Diversos autores señalan el positivo efecto de aplicar estos gases para disminuir los recuentos de hongos y levaduras en productos MP como melón, tomate y pera (Selma *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2013; Aguayo *et al.*, 2006 y Oms-Oliu *et al.*, 2008). En esta investigación los tratamientos que mantuvieron más bajos los recuentos de hongos y levaduras fueron los expuestos a 80 % O<sub>2</sub> + NaClO, a 16 mg·L<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> y el almacenado en AMa, presentando recuentos cercanos a 1-1,5 log ufc·g<sup>-1</sup>. El efecto antimicrobiano conseguido tras envasar un producto en atmósfera con alto O<sub>2</sub> o con O<sub>3</sub>

gaseoso es un proceso complejo dado que estos gases afectan a un gran número de constituyentes celulares de los microorganismos: proteínas, lípidos insaturados y enzimas respiratorias en las membranas celulares, péptidoglicanos en envolturas celulares, enzimas y ácidos del citoplasma. Los bajos recuentos de microorganismos obtenidos en esta investigación se podrían deber a la inmediata inmersión en agua a la cual fueron expuestas las bayas tras el desgrane manual, proceso que probablemente contribuyó a la reducción de la carga microbiana inicial de este producto.

Las diversas modificaciones de la atmósfera que se lograron en cada uno de los tratamientos no afectaron mayormente la calidad sensorial del producto. Diversos autores señalan que productos expuestos a O<sub>3</sub> gaseoso o a altas dosis de O<sub>2</sub>, presentarían altos valores en apariencia en comparación a otros tratamientos (Allende *et al.*, 2004; Costa *et al.*, 2011; Ayala-Zavala *et al.*, 2007; Aguayo *et al.*, 2006). Sin embargo, durante esta investigación, la apariencia registró diferencias significativas en solo 2 días de evaluación, en los cuales el tratamiento almacenado en aire mostró los menores puntajes en comparación con los demás tratamientos. En cuanto a la textura, no se observaron diferencias entre los distintos tratamientos en ninguno de los días evaluados, concordando con lo observado por Horvitz y Cantalejo (2012) quienes no detectaron diferencias sensoriales entre pimentones tratados con O<sub>3</sub> gaseoso y el testigo no tratado. Junto con lo señalado anteriormente, Del Nobile *et al.* (2009) tampoco detectaron presencia de sabores extraños tras almacenar uva de mesa MP en AMp.

El contenido de fenoles totales registrados durante esta investigación presentó un comportamiento similar en ambas variedades donde los mayores valores fueron observados en los tratamientos expuestos a O<sub>3</sub> y a alto O<sub>2</sub>. En las bayas TS los valores de estos tratamientos alcanzaron valores por sobre los 4,0 mg EAG·g PF<sup>-1</sup>, mientras que en las bayas BS los valores fueron superiores a los 15,6 mg EAG·g PF<sup>-1</sup>. Este incremento en los fenoles totales se podría atribuir a la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) por el O<sub>3</sub> gaseoso y por las altas concentraciones de O<sub>2</sub>, las cuales generan un aumento en los niveles de compuestos fenólicos en uva. Resultados similares observaron Ayala-Zavala *et al.* (2007), quienes al aplicar entre 80 y 100 % O<sub>2</sub> observaron un incremento de los compuestos fenólicos en frutilla, concluyendo que existe una correlación entre los altos niveles de O<sub>2</sub> y el aumento de los niveles de los compuestos fenólicos. Un comportamiento similar observaron Alí *et al.* (2014) y Yeoh *et al.* (2014) quienes concluyeron que al aplicar O<sub>3</sub> gaseoso en papaya, esta incrementa significativamente su contenido de compuestos fenólicos en comparación con papayas almacenadas en aire. Así mismo, Alothman *et al.* (2010) tras aplicar O<sub>3</sub> gaseoso en piña y banana observaron un incremento en el contenido de polifenoles, el cual atribuyeron a una posible activación de la enzima fenilamonioliasa (PAL) por parte del O<sub>3</sub>, la cual está íntimamente ligada a la síntesis de este tipo de compuestos.

La actividad antioxidante siguió una tendencia similar a la observada en el contenido de fenoles totales, en donde los tratamientos expuestos a  $O_3$  (8 y 16  $mg \cdot L^{-1}$ ) y a alto  $O_2$  presentaron los niveles de actividad más altos. Este comportamiento fue similar en ambas variedades y se reflejó tanto en el método de reducción férrica (FRAP), como en el de captura del radical libre DPPH. Este aumento podría deberse al aumento de los compuestos fenólicos que se mencionaron anteriormente. El incremento de la actividad antioxidante en productos expuestos a diferentes dosis de  $O_3$  gaseoso ha sido observado por diversos autores, en productos como papaya, banana y piña (Yeoh *et al.*, 2014; Alí *et al.*, 2014; Alothman *et al.*, 2010). Por otra parte, Ayala-Zavala *et al.* (2007) tras aplicar altas dosis de  $O_2$  (80 y 100 %) también registraron un significativo aumento de la actividad antioxidante, concluyendo que el efecto de altas concentraciones de  $O_2$  sobre la actividad antioxidante y los compuestos fenólicos varía dependiendo del producto, la concentración de  $O_2$  utilizada, del tiempo de almacenamiento en esas condiciones y la temperatura de almacenamiento de dicho producto.

En las bayas TS, la actividad de la SOD en estos tratamientos fue mayor a la del testigo, que alcanzó como máximo valores de 1,833  $UA \cdot mg^{-1}$  de proteína, muy por debajo que el alcanzado por el tratamiento expuesto a 8  $mg \cdot L^{-1}$   $O_3$  (4,029  $UA \cdot mg^{-1}$  de proteína). El aumento de SOD observado en esta investigación concuerda con lo mencionado por Boonkorn *et al.* (2012), quienes al aplicar  $O_3$  gaseoso en mandarina observaron un rápido aumento en la actividad de esta enzima.

La actividad de la CAT, también registró un aumento significativo en los tratamientos expuestos a  $O_3$  gaseoso y a altas concentraciones de  $O_2$ . Este aumento se observó durante todo el almacenamiento, similar a lo observado por Maghoumi *et al.* (2013) quienes luego de aplicar alto  $O_2$  en arilos de granada, observaron un incremento en la actividad de la CAT el cual se mantuvo durante 14 días. Por otra parte, la actividad de la APX fue similar a las otras dos enzimas mencionadas anteriormente, en donde en ambas variedades, la actividad de esta enzima fue superior al testigo almacenado en aire.

Es así como, tratamientos de  $O_3$  gaseoso (8 y 16  $mg \cdot L^{-1}$ ) y altas dosis de  $O_2$  (80 %) al poseer una elevada actividad oxidante que probablemente generarían ROS y contrarrestar estos radicales libres la uva aumentaría la actividad de enzimas antioxidantes.

## CONCLUSIONES

La tasa respiratoria de las bayas pertenecientes a una ensalada de uva de mesa MP se ve levemente incrementada tras la desinfección con NaClO.

Los parámetros asociados al color no se ven mayormente afectados al aplicar atmósferas de conservación convencionales y no convencionales, como O<sub>3</sub> y alto O<sub>2</sub> en uva de mesa 'Thompson Seedless' y 'Black Seedless' MP conservada durante 21 días a 5 °C.

La aplicación de O<sub>3</sub> gaseoso y alto O<sub>2</sub> incrementan en hasta un 30 % los valores de compuestos funcionales y a la vez la actividad antioxidante de uva de mesa 'Thompson Seedless' y 'Black Seedless' MP conservada durante 21 días a 5 °C.

La modificación de la atmósfera no afecta de manera significativa los parámetros químicos (SST y AT) de uva de mesa 'Thompson Seedless' y 'Black Seedless' MP conservada durante 21 días a 5 °C.

La calidad sensorial de uva de mesa 'Thompson Seedless' y 'Black Seedless' MP, con respecto a la apariencia, se ve aumentada tras la modificación de la atmósfera, mientras que con respecto a la firmeza no se ve mayoritariamente afectada.

La actividad de las enzimas de estrés oxidativo (SOD, CAT y APX) incrementan significativamente al someter uva de mesa 'Thompson Seedless' y 'Black Seedless' MP a atmósferas con O<sub>3</sub> gaseoso (8 y 16 mg·L<sup>-1</sup>) y alto O<sub>2</sub> (80 %). Si junto con estos gases se aplica NaClO, los valores aumentan, por lo que existiría un efecto sinérgico de ambos oxidantes frente a este parámetro.

La modificación de la atmósfera circundante de uva de mesa 'Thompson Seedless' y 'Black Seedless' MP, mantienen la carga microbiana por muy debajo del máximo permitido por el Ministerio de Salud, siendo las atmósferas de O<sub>3</sub> gaseoso y alto O<sub>2</sub> las que logran un menor recuento de microorganismos.

Tras analizar los resultados expuestos en esta investigación, se puede concluir que el uso de NaClO en atmósferas no convencionales (O<sub>3</sub> y alto O<sub>2</sub>) en uva de mesa 'Thompson Seedless' y 'Black Seedless' MP, no es necesario debido a que los efectos conseguidos con o sin NaClO, son similares. Por lo que se recomienda la utilización de estos gases sin la aplicación de NaClO disminuyendo así la generación de residuos clorados.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Aguayo, E., V. Escalona and F. Artés. 2006. Effect of the cyclic exposure to ozone gas on phytochemical, sensorial and microbial quality in whole and sliced tomatoes. *Postharvest Biology and Technology* 39: 166-177.
- Allende, A., Y. Luob, J. McEvoy, F. Artés and C. Wang. 2004. Microbial and quality changes in minimally processed baby spinach leaves stored under super atmospheric oxygen and modified atmosphere conditions. *Postharvest Biology and Technology* 33: 51-59.
- Ali A., M.K. Ong and C. Forney. 2014. Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage. *Food Chemistry* 142: 19-26.
- Alothman, M., B. Kaur, A. Fazilah, R. Bhat and A. Karim. 2010. Ozone-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11: 666-671.
- Artés-Hernández, F., E. Aguayo., P. Gómez. y F. Artés. 2009. Productos vegetales mínimamente procesados o de la cuarta gama. *Horticultura Internacional* 69: 52-57.
- Ayala-Zavala, J., S. Wang, C. Wang and G. González-Aguilar. 2007. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. *Food Technology and Biotechnology* 45 (2): 166-173.
- Boonkorn, P., H. Gemma, S. Sugaya, S. Seta, J. Uthaibutra and K. Whangchaia. 2012. Impact of high-dose, short periods of ozone exposure on green mold and antioxidant enzyme activity of tangerine fruit. *Postharvest Biology and Technology* 67: 25-28.
- Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytic Biochemistry* 72: 248-254.
- Costa, C., A. Lucera, A. Conte, M. Mastromatteo, B. Speranza, A. Antonacci and M. Del Nobile. 2011. Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on ready-to-eat table grape. *Journal of Food Engineering* 102: 115-121.



- Del Nobile, M. A., A. Conte, C. Scrocco, I. Brescia, B. Speranza, M. Sinigaglia, R. Perniola and D. Antonacci. 2009. A study on quality loss of minimally processed grapes as affected by film packaging. *Postharvest Biology and Technology* 51: 21-26.
- Gamazo, C., I. López-Góñiz y R. Díaz. 2005. Manual práctico de microbiología. Editorial Mansson. Barcelona, España. 227p.
- Gil, M. I., M. Selma, L. López-Gálvez. and A. Allende. 2009. Review: Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: Problems and solutions. *International Journal of Food Microbiology* 134: 37-45.
- Gomes, M. H., J. F. Fundo, M. F. Poças and D. P. Almeida. 2012. Quality changes in fresh-cut 'Rocha' pear as affected by oxygen levels in modified atmosphere packaging and the pH of antibrowning additive. *Postharvest Biology and Technology* 74: 62-70.
- Horev, B., S. Sela, Y. Vinokur, E. Gorbatshevich, R. Pinto and V. Rodov. 2012. The effects of active and passive modified atmosphere packaging on the survival of *Salmonella Enterica* serotype *Typhimurium* on washed romaine lettuce leaves. *Food Research International* 45: 1129-1132.
- Horvitz, S. and M.J. Cantalejo, 2012. Effects of ozone and chlorine postharvest treatments on quality of fresh-cut red bell peppers. *International Journal of Food Science and Technology* 47: 1935-1943.
- Kader, A. 2007. Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. 3° ed. Universidad de California. Estados Unidos. 580p.
- Maghoumi, M., P.A. Gómez, Y. Mostofi, Z. Zamani, F. Artés-Hernández, F. Artés. 2013. Combined effect of heat treatment, UV-C and superatmospheric oxygen packing on phenolics and browning related enzymes of fresh-cut pomegranate arils. *Food Science and Technology* 54: 389-396.
- Ministerio de Salud, Chile. 1997. Reglamento sanitario de los alimentos. Diario oficial 13 de mayo de 1997. Actualizado mayo 2008. Santiago. 150p.
- Montero-Calderón M., M. A. Rojas-Graü and O. Martín-Belloso. 2008. Effect of packaging conditions on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *Postharvest Biology and Technology* 50: 182-189.
- Odriozola-Serrano, I., R. Soliva-Fortuny and O. Martín-Belloso. 2010. Changes in bioactive composition of fresh-cut strawberries stored under superatmospheric oxygen, low-oxygen or passive atmospheres. *Journal of Food Composition and Analysis* 23: 37-43.

- Oms-Oliu, G., I. Odriozola-Serrano, R. Soliva-Fortuny and O. Martín-Belloso. 2008a. Modeling changes of headspaces gas concentrations to describe the respiration of fresh-cut melon under low or superatmospheric oxygen atmospheres. *Journal of Food Engineering* 85: 401-409.
- Oms-Oliu, G., R. Soliva-Fortuny and O. Martín-Belloso. 2008b. Physiological and microbiological changes in fresh-cut pears stored in high oxygen active packages compared with low oxygen active and passive modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology* 48: 295-301.
- Rico, D., A. B. Martín-Diana, J. M. Barat and C. Barry-Ryan, 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: A review. *Food Science and Technology* 18: 373-386.
- Rocculi, P., S. Romani, M. D. Rosa, P. Tonutti, A. Bacci and P. Tonutti. 2005. Influence of ozonated water on the structure and some quality parameters of whole strawberries in modified atmosphere packaging (MAP). *Acta Horticulturae* (682) 1781-1787.
- Sandhya, 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *Food Science and Technology* 43: 381-392.
- Selma, M. V., A. M. Ibañez, M. Cantwell and T. Suslow. 2008. Reduction by gaseous ozone of Salmonella and microbial flora associated with fresh-cut cantaloupe. *Food Microbiology* 25: 558- 565.
- Tano K., M. Oulé, G. Doyon, R. Lencki and J. Arul. 2007. Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage *Postharvest Biology and Technology* 46: 212-221.
- Tzortzakis, N., I. Singleton and J. Barnes. 2008. Impact of low-level atmospheric ozone-enrichment on black spot and anthracnose rot of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 47: 1-9.
- Yeoh, W. K., A. Alia and C. F. Forney. 2014. Effects of ozone on major antioxidants and microbial populations of fresh-cut papaya. *Postharvest Biology and Technology* 89: 56-58.
- Zhang, B., S. Samapundoa, V. Pothakos, G. Sürengil and F. Devlieghere. 2013. Effect of high oxygen and high carbon dioxide atmosphere packaging on the microbial spoilage and shelf-life of fresh-cut honeydew melon. *International Journal of Food Microbiology* 166: 378-390.

## **CAPITULO IV: APLICACIÓN DE SALES DE CALCIO A BAYAS DE BLACK SEEDLESS MÍNIMAMENTE PROCESADAS**

### **RESUMEN**

La pérdida de firmeza está asociada al contenido de calcio en los tejidos de las frutas, por lo tanto, la aplicación de sales cálcicas durante la línea de proceso podría retrasar este problema. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de sales cálcicas sobre la firmeza de las bayas 'Black Seedless'. Tras el desgrane manual, las bayas fueron sumergidas en soluciones de lactato de calcio (LC), cloruro de calcio (CC), propionato de calcio (PC) y ascorbato de calcio (AC) durante 1 min a 60 °C. Las bayas se envasaron en bolsas de polietileno almacenándose a 5 °C por 21 días. Luego de 1, 7, 14 y 21 días se determinó el efecto sobre la calidad físico-química, sensorial y contenido de calcio presente en las bayas 'Black Seedless'. Tras las evaluaciones se observó que las sales aplicadas no afectan la calidad sensorial y logran mantener los valores de firmeza por sobre la del testigo por al menos 17 días, llegando a valores de 2,71 N. Estos resultados se atribuyen al aumento del contenido de calcio, tanto libre como fijado producto de la aplicación de estas sales.

**Palabras claves:** Ascorbato de calcio, cloruro de calcio, lactato de calcio, propionato de calcio.

## **CAPITULO IV: APPLICATION OF CALCIUM SALT TO MINIMALLY PROCESSED 'BLACK SEEDLESS' TABLE GRAPE**

### **ABSTRACT**

The firmness losses are associated to the calcium content in the fruit tissue. Therefore, the application of calcium salts during processing may delay this problem. The objective of this study was to determine the effect of calcium salts on the firmness of 'Black Seedless' berries. After manual husking, berries were immersed in solutions of calcium lactate (LC), calcium chloride (CC), calcium propionate (CP) and calcium ascorbate (AC) for 1 min at 60 °C. The berries were packed in polyethylene bags and stored for 21 days at 5 °C. The effect of calcium salts on physicochemical, sensory and calcium content in the 'Black Seedless' berries was determined after 1, 7, 14 and 21 days. The application of calcium salts did not affect the sensory quality and fruit firmness was kept at least for 17 days, reaching values of 2.71 N. These results were attributed to the increased content of calcium, both free and fixed due to the application of these salts.

**Keywords:** Calcium ascorbate, calcium chloride, calcium lactate, calcium propionate

## INTRODUCCIÓN

La firmeza es considerada por los consumidores de frutas como uno de los principales parámetros de calidad, debido a la asociación de éste con un producto fresco (Rico *et al.*, 2007b). La pérdida de firmeza, durante el período de almacenamiento, es un proceso natural debido a los procesos metabólicos desencadenados por la senescencia y se ve altamente incrementada por las operaciones realizadas durante el proceso de elaboración (Parzanese, 2006). Esta pérdida de firmeza o ablandamiento está asociada al contenido de calcio dentro de los tejidos, es por esta razón que aplicaciones de sales cálcicas, durante la línea de proceso de frutas MP, podrían retrasar este problema (Martín-Diana *et al.*, 2007; Rico *et al.*, 2007a).

El efecto del calcio sobre los tejidos está asociado a su capacidad para officiar de puente entre las sustancias pécticas, tanto de la pared celular como de la lámina media, formando pectato cálcico el cual aportaría estructura al tejido evitando la pérdida de firmeza (Alandes *et al.*, 2009; Casas y Cáez, 2011). Existen diversos estudios asociados a las aplicaciones de sales cálcicas, como cloruro de calcio (CC), lactato de calcio (LC), propionato de calcio (PC) y ascorbato de calcio (AC) en productos MP como manzana (Aguayo *et al.*, 2010), pera (Alandes *et al.*, 2009), melón (Silveira *et al.*, 2011), zanahoria (Rico *et al.*, 2007) y cerezas (Wang *et al.*, 2014), en donde se consiguió disminuir esta pérdida de firmeza, no alterando de manera significativa el resto de los parámetros de calidad. Sin embargo, el efecto dependerá del tipo de sal, la concentración ocupada y la temperatura del agua en donde se apliquen estas sales (Manganaris *et al.*, 2007).

Por otra parte, el uso de altas temperaturas (40-70 °C) contribuiría a aumentar la difusión del calcio y además a activar a la enzima PME (Rico *et al.*, 2007b), responsable de liberar grupos metilos de las sustancias pécticas formando ácidos pécticos libres, los cuales se pueden unir al calcio formando los pectatos de calcio mencionados anteriormente (Martín-Diana *et al.*, 2007). Al aplicar sales de calcio a temperatura entre 40 y 70 °C se lograría además una expansión de los espacios intercelulares permitiendo de esta forma la infiltración de estas soluciones de calcio al tejido del producto (Rico *et al.*, 2007b).

Además de contribuir en la reducción de la pérdida de firmeza, las sales de calcio favorecerían también la reducción de los niveles de microorganismos en el producto (Oms-Oliu *et al.*, 2010). Esta actividad antimicrobiana se debe a la capacidad que poseen algunas de estas sales, como el LC o el PC, de transformarse, en medio acuoso, en ácidos como el ácido láctico o propiónico (Aguayo *et al.*, 2008).

A pesar de que existen investigaciones acerca los efectos de las sales cálcicas sobre productos MP, no hay evidencia sobre el efecto que estas sales puedan tener sobre uva de mesa MP, por lo que es necesario realizar diversos experimentos para responder esta interrogante.

## **HIPOTESIS**

Aplicaciones de sales cálcicas en conjunto con un tratamiento térmico leve disminuyen la pérdida de firmeza en uva de mesa 'Black Seedless' MP envasada en atmósfera modificada (AM).

## **OBJETIVOS**

Determinar el efecto de sales cálcicas en conjunto con un tratamiento térmico leve sobre el mantenimiento de la firmeza en uva de mesa 'Black Seedless' MP envasada en AM.

Evaluar el efecto de aplicar diferentes sales cálcicas en conjunto con un tratamiento térmico leve sobre la calidad físico-química, sensorial, microbiológica y funcional en uva de mesa 'Black Seedless' MP envasada en atmósfera AM.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de estudio

Esta investigación se realizó en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile (Santiago, Chile), con financiamiento del Proyecto FIC 33-03-216, Atacama Uva de Mesa.

### Material vegetal

Este correspondió a uva de mesa de variedad Black Seedless, la cual se cultivó mediante un sistema parronal en el fundo Los Loros (Tierra Amarilla, Copiapó). Ésta a su vez, fue seleccionada y embalada por la exportadora Agrofruta Ltda. (Copiapó) e inmediatamente trasladada durante 12 horas a 12 °C, en un camión cerrado hacia el CEPOC.

La fruta, una vez llegada a las instalaciones del CEPOC, se conservó en una cámara de almacenamiento a 0 °C con 90-95% de humedad relativa (HR), hasta el día de su procesamiento (11 días).

### Tratamientos y diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) con 5 tratamientos (Cuadro 30). La unidad experimental correspondió a 120 g de bayas de uva de mesa 'Black Seedless' contenidos en una bolsa de polietileno de baja densidad, de 10 x 15 cm, teniendo 3 repeticiones por tratamiento. Para la determinación de la tasa respiratoria, la unidad experimental correspondió a 1 frasco de vidrio con 120 g de bayas en su interior, teniendo 3 repeticiones por tratamiento.

**Cuadro 30.** Sales cálcicas aplicadas a bayas de ‘Black Seedless’ envasadas en AM y conservadas durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Sal cálcica	Concentración $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$
T1	Testigo	-
T2	Lactato de calcio	5
T3	Cloruro de calcio	5
T4	Propionato de calcio	5
T5	Ascorbato de calcio	5

### Manejo del experimento

#### Caracterización de la materia prima.

Para conocer el estado inicial de la materia prima, se seleccionaron 30 bayas seleccionadas al azar de un total de 3 cajas (8,2 kg). Las bayas se obtuvieron de distintas secciones de los racimos). Se evaluaron parámetros físicos (peso, tamaño, color de la piel, firmeza) y químicos (sólidos solubles totales y acidez titulable).

**Peso y tamaño individual de las bayas.** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los valores se expresaron en mm.

**Color de la piel y de pulpa.** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron en términos de L, C\* (saturación) y  $H_{ab}$  (tono), donde  $C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$  y  $H_{ab} = \tan^{-1}(b/a)$ .

**Firmeza.** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron en N.

**Sólidos solubles totales (SST).** Se determinó a partir de una muestra de jugo filtrada de 6 bayas, mediante un refractómetro digital compensado por temperatura (ATC-1E 0-32%, Atago, Japón) a 20 °C. Los resultados se expresaron en % de SST.

**Acidez titulable (AT).** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron como % de ácido tartárico.



### **Mínimo procesamiento en fresco (MPF)**

Desde la cámara de almacenamiento a 0 °C, la fruta se trasladó a la sala de manipulación acondicionada a una temperatura de 7-8 °C, en donde la superficie de trabajo fue previamente desinfectada asegurando la limpieza e higiene tanto del material de trabajo como de las instalaciones y equipos. Se realizaron las operaciones que se describen a continuación (figura 9):

**Desgrane.** Luego de pesar los racimos, se procedió al desgrane manual, inmediatamente después de remover la baya del pedúnculo, estas se sumergieron en agua fría (5° C), para disminuir el contacto de la zona dañada con el aire.

**Lavado y desinfección.** Debido al efecto antimicrobiano asociado a las sales cálcicas y a la inmersión en agua caliente, solamente a las bayas pertenecientes al tratamiento testigo se les aplicó 100 mg L<sup>-1</sup> de NaClO (Clorox Chile S.A, Chile) durante 4 min a 5 °C, por ser el desinfectante comúnmente utilizado en la industria alimentaria. El desinfectante se disolvió en 10 L de agua, utilizando recipientes de acero inoxidable de 50 L. El pH de la solución se ajustó con AC 0,2 N, obteniendo un pH final de 7,03. Posteriormente, las bayas se enjuagaron con agua potable (10 L) a 5 °C en otro recipiente de acero inoxidable de 50 L. Se emplearon 3,8 L de agua potable por kg de fruta.

**Inmersión en sales cálcicas.** Las bayas pertenecientes a los tratamientos 2, 3, 4, y 5, se sumergieron durante 1 min en soluciones de LC (Merk, Chile), CC (Sigma, Chile), PC (Sigma, Chile) y AC (Sigma, Chile) respectivamente. Para aumentar la absorción de calcio del tejido, se utilizó agua a 60° C. La concentración empleada fue de 5 g·L<sup>-1</sup> para cada solución. Posteriormente las bayas se sumergieron en agua potable (10 L) a 5 °C en otro recipiente de acero inoxidable de 50 L.

**Escurreo.** Las bayas se dispusieron sobre mallas de acero inoxidable durante 5 min para drenar el exceso de agua.

**Envasado y Almacenamiento.** Se pesaron 120 g de bayas y se envasaron en bolsas de polietileno de baja densidad de 10 x 15 cm, las cuales se sellaron por calor con una máquina selladora (FR400, Plastic Film Sealer, China). El producto terminado se almacenó en bandejas en una cámara a 5±1 °C por 21 días, simulando el período de almacenamiento y comercialización.



**Figura 9.** Imágenes de las operaciones realizadas para la obtención de bayas de 'Black Seedless' envasadas en AM y conservadas durante 21 días a 5 °C.

### Evaluaciones

Para determinar la calidad de la uva de mesa desgranada, se realizaron análisis los días 1, 7, 14 y 21 después del procesamiento, en donde se evaluaron los parámetros descritos a continuación, a excepción de la tasa respiratoria, la cual se evaluó los días 1, 5, 9, 13, 17 y 21.

#### Tasa respiratoria.

Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Para la obtención de resultados en  $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  se utilizó un factor de conversión de  $1,9 \text{ mg mL}^{-1} \text{ CO}_2$  para una temperatura de 5 °C (Kader, 2007).

#### Determinaciones físicas

**Pérdida de peso.** Se determinó mediante una balanza electrónica de precisión (EMB 3000-1, Kern, Alemania). Los resultados se expresaron en % de pérdida de peso (diferencia entre el peso inicial y el peso del día de evaluación).

**Color.** El color se evaluó en la zona de desgrane, siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron en términos de L, C\* y H<sub>ab</sub>.

**Firmeza.** La medición se realizó en la zona ecuatorial de la baya siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron en N.

### **Determinaciones químicas**

Se preparó una muestra de jugo filtrada, obtenida a partir de 6 bayas y se determinaron los siguientes parámetros:

**Sólidos solubles totales (SST).** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron en % de SST.

**Acidez titulable (AT).** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron como % de ácido tartárico.

### **Concentración de gases al interior de la bolsa**

Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2.

### **Recuentos microbiológicos.**

Para evaluar este parámetro se siguió la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron como el logaritmo de las unidades formadoras de colonias por g ( $\log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$ ).

La determinación de recuentos microbiológicos, para aerobios mesófilos y enterobacterias, se basó en la legislación chilena del Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA, Ministerio de Salud, 2008), para frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados, listos para el consumo.

### **Determinación de la calidad sensorial**

Se utilizó el método descrito en el capítulo 2, evaluándose los parámetros apariencia (color y deshidratación) y textura.

Las mediciones se realizaron en una habitación a temperatura ambiente y con luz blanca. Las muestras se colocaron de forma aleatoria para eliminar el efecto de la posición sobre los resultados.

### Determinación de compuestos funcionales

**Fenoles totales.** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron como mg equivalente ácido gálico por gramo de peso fresco (mg EAG·g<sup>-1</sup> PF), de acuerdo con una curva de calibración realizada con ácido gálico.

**Actividad antioxidante.** Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2. Los resultados se expresaron como mg equivalente trolox (ET) por gramo de peso fresco (mg ET·g<sup>-1</sup> PF).

### Determinación de calcio

Se utilizó el método adaptado de Carvajal *et al.* (1999) y Silveira *et al.* (2011), con ligeras modificaciones

**Calcio Total.** Se pesaron 2 g de piel en un tubo Falcon de 50 mL y se agregó 15 mL de agua miliQ. La mezcla (sólido-agua) se trituró durante 5 min utilizando un homogenizador. Con ello se consiguió romper la estructura celular para extraer el calcio libre localizado, principalmente, en la vacuola y citoplasma. La disolución obtenida se enrasó con agua miliQ hasta completar 25 mL. Los tubos se centrifugaron a 10.000 g<sub>n</sub> durante 3 h. Una vez centrifugado se filtró el sobrenadante y se guardó en oscuridad en frascos de vidrio, hasta su medición.

**Calcio fijado.** Se utilizó la metodología de digestión nítrico-perclórico descrita por Silveira *et al.* (2011).

La obtención de la muestra seca, se obtuvo pesando 2 gramos de piel fresca en placas petri, la cual se secó en estufa (LDO-50F, Lab Tech, Chile) a 65 °C durante 3 días hasta alcanzar un peso constante. Para conocer la relación entre peso fresco y húmedo se pesó la muestra antes y después de introducirla en la estufa.

Para la digestión nítrico-perclórico se colocó la muestra seca en el tubo digestor de 50 mL, donde se le añadió 6 mL de ácido nítrico (65%) y perclórico (60%) en una relación 2:1. El digestor (DK®, Arquimed, Chile), se programó de la siguiente manera: 12 h a 50 °C, luego la temperatura incrementó de 50 en 50 °C cada 1 hora alcanzando finalmente los 200 °C. Una vez finalizada la digestión y enfriada la muestra, esta se vertió (líquido transparente) en un matraz de aforo de 25 mL enrasándose con agua miliQ. Las muestras se guardaron en oscuridad en frascos de vidrio hasta su medición.

La determinación del calcio, presente tanto en las muestras de calcio libre como fijado, se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica (AA WFX-130B, RayLeigh, China) con una lámpara específica para medición de calcio a una longitud de onda de 422,7 nm.

Para la calibración del contenido de calcio en espectrofotómetro se utilizó un patrón de concentración conocida ( $1000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Merck, Alemania) y se prepararon disoluciones de 1 a  $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de calcio, teniéndose 6 puntos en total.

Finalmente los valores leídos en el espectrofotómetro ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) tras relacionarlos con los valores de la curva de calibración fueron multiplicados por los factores de dilución utilizados a lo largo de todo el proceso.

**Calcio libre.** Se determinó mediante la sustracción de los valores obtenidos en las muestras de calcio total y fijado.

**Análisis estadístico**

Los datos obtenidos se evaluaron en cada salida de frío mediante un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia del 5%. En los casos donde existieron diferencias significativas entre los tratamientos, las medias se separaron con la prueba de comparaciones múltiple de Tukey al 5%, utilizando el programa estadístico Minitab Release 16.1 (Addlink Software Científico, S.L., Barcelona, España).

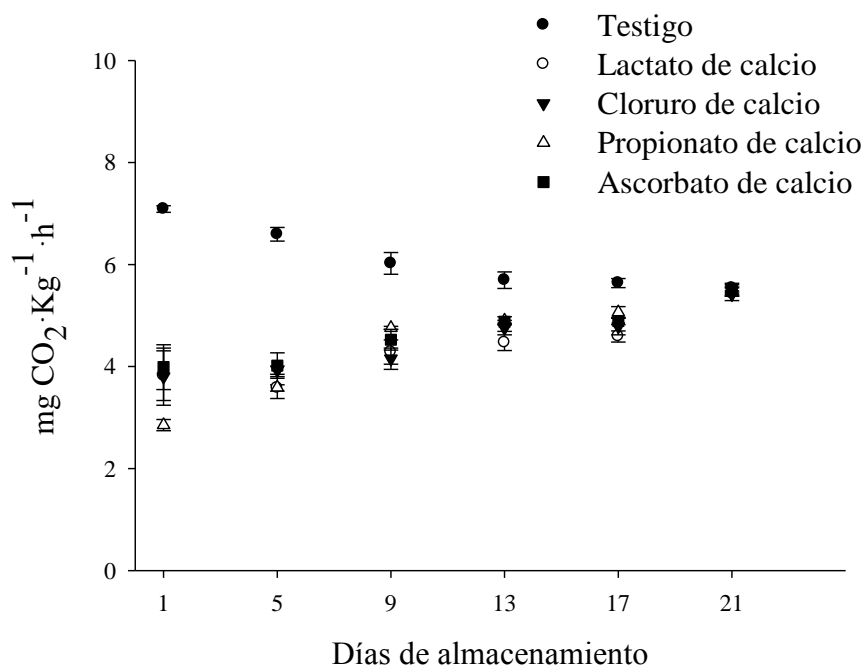
## RESULTADOS

### Caracterización de la materia prima

Las bayas presentaron en promedio 16,6 mm de diámetro ecuatorial y 22,2 mm de diámetro polar. En relación al color de la piel, la luminosidad presentó valores de 31,49, el tono 184,1 ° y la saturación 5,4. La firmeza fue de 2,8 N y la relación de SST/AT de 43,2.

### Tasa respiratoria

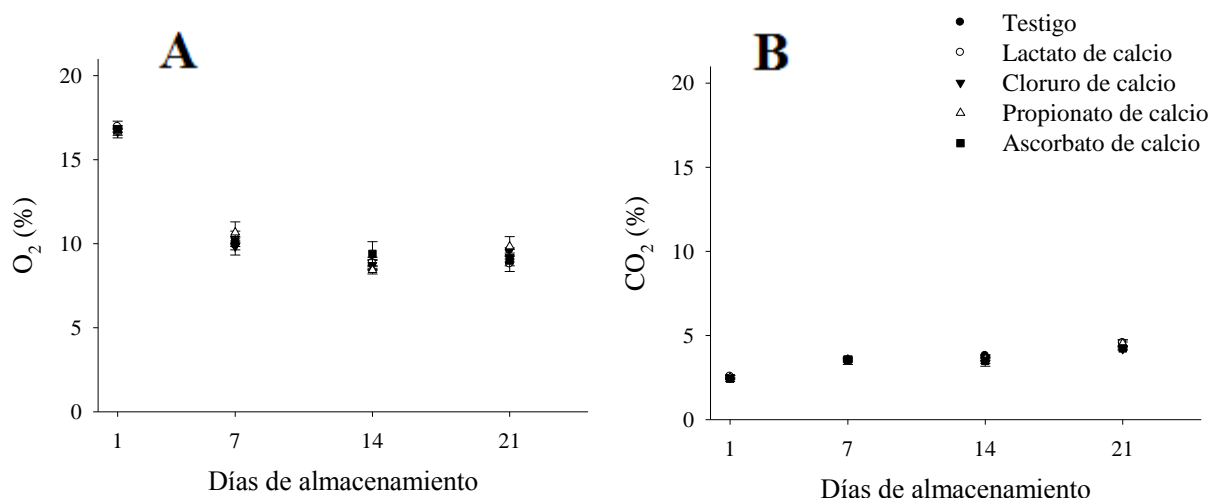
Los tratamientos a los cuales se les aplicó las diferentes fuentes de calcio presentaron valores más bajos de producción de CO<sub>2</sub> en comparación con el testigo. El día 1 el testigo generó 7,1 mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> mientras que el resto de los tratamientos solamente generaron entre 2,9 y 3,9 mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>. Este comportamiento se mantuvo en las salidas 5, 9, 13 y 17. Sin embargo, el día 21 todos los tratamientos generaron valores similares de CO<sub>2</sub>, entre 5,4 y 5,5 mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> (Figura 10).



**Figura 10.** Tasa respiratoria (mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) de las bayas de 'Black Seedless' tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C. Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=3).

### Concentración de gases al interior de la bolsa

La composición de la atmósfera no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en ninguno de los días de evaluación tanto para los valores de CO<sub>2</sub> como para los de O<sub>2</sub>. En general como se observa en las figuras 11A y 11B, el O<sub>2</sub> dentro de las bolsas tiende a disminuir hasta estabilizarse en valores cercanos a 9 %, mientras que el CO<sub>2</sub> tiende a aumentar hasta estabilizarse en valores cercanos a 4,5 %.



**Figura 11.** Concentración de O<sub>2</sub> (A) y CO<sub>2</sub> (B) (%) en bolsas con bayas de 'Black Seedless' tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C. Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=3).

### Determinaciones físicas

#### Porcentaje de pérdida de peso

No se detectaron diferencias significativas de pérdida de peso entre los tratamientos en ninguna de las fechas evaluadas. Los valores durante todo el almacenamiento variaron entre 0 y 0,2%.

#### Color de piel de las bayas

**Luminosidad (L).** Sólo se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos los días 7 y 14. El día 7, el valor más alto lo presentaron las bayas con CC (30,8), mientras que el valor más bajo fue obtenido por las bayas con AC (29,2). El día 14 el tratamiento testigo presentó el menor valor (27,4), mientras que los valores más altos fueron alcanzados por las bayas con LC y AC (cuadro 31)



**Cuadro 31.** Luminosidad de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Luminosidad (L)			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Testigo	28,8 ± 0,33 <sup>1</sup> NS <sup>2</sup>	29,3 ± 0,3 ab <sup>3</sup>	27,4 ± 0,76 b	29,1 ± 0,29 NS
LC <sup>4</sup>	29,7 ± 0,39	30,3 ± 0,44ab	29,5 ± 2,01 a	30,0 ± 0,4
CC	30,4 ± 0,3	30,8 ± 0,37a	29,3 ± 0,48 ab	30,2 ± 0,58
PC	30,4 ± 0,57	29,6 ± 0,35ab	28,9 ± 0,48 ab	30,5 ± 0,61
AC	30,2 ± 0,39	29,2 ± 0,33b	29,7 ± 0,32 a	29,8 ± 0,35

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=18).

<sup>2</sup>/No Significativo  $p \geq 0,05$ .

<sup>3</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>4</sup>/LC: lactato de calcio, CC: cloruro de calcio, PC: propionato de calcio, AC: ascorbato de calcio.

**Tono (H<sub>ab</sub>).** Solamente se observaron diferencias significativas entre los tratamientos el día 14, donde las bayas con CC presentaron el valor más alto (30) en comparación con el resto de los tratamientos (cuadro 32).

**Cuadro 32.** Tono de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Tono (H <sub>ab</sub> )			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Testigo	24,13 ± 1,68 <sup>1</sup> NS <sup>2</sup>	23,36 ± 2,5 NS	17,33 ± 1,66 b <sup>3</sup>	21,01 ± 2,15 NS
LC <sup>4</sup>	17,89 ± 2,98	21,99 ± 2,49	20,24 ± 2,01 b	15,10 ± 1,76
CC	19,53 ± 2,12	23,72 ± 2,43	30,01 ± 3,52 a	20,29 ± 2,32
PC	23,75 ± 3,23	21,75 ± 2,8	20,94 ± 2,17 b	21,64 ± 2,39
AC	21,98 ± 2,57	20,44 ± 9,49	20,4 ± 1,93 b	17,58 ± 1,85

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=18).

<sup>2</sup>/No Significativo  $p \geq 0,05$ .

<sup>3</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>4</sup>/LC: lactato de calcio, CC: cloruro de calcio, PC: propionato de calcio, AC: ascorbato de calcio.

**Saturación (C\*).** En los días 1, 7 y 21 no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. El día 14 las bayas tratadas con AC presentaron el valor más alto (5,1), mientras que el testigo presentó el valor más bajo, con 4,3 (Cuadro 33).

**Cuadro 33.** Saturación de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Saturación (C*)			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Testigo	5,2 ± 0,3 <sup>1</sup> NS <sup>2</sup>	4,4 ± 0,3 NS	4,3 ± 0,5 b <sup>3</sup>	4,2 ± 0,2 NS
LC <sup>4</sup>	4,4 ± 0,4	4,6 ± 0,3	4,4 ± 0,3 ab	4,6 ± 0,4
CC	6,2 ± 0,4	5,4 ± 0,4	4,8 ± 0,3 ab	5,5 ± 0,5
PC	5,5 ± 0,5	4,8 ± 0,3	4,7 ± 0,3 ab	4,7 ± 0,3
AC	6,2 ± 0,7	4,9 ± 0,3	5,1 ± 0,3 a	4,9 ± 0,4

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=18).

<sup>2</sup>/No Significativo  $p \geq 0,05$ .

<sup>3</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>4</sup>/LC: lactato de calcio, CC: cloruro de calcio, PC: propionato de calcio, AC: ascorbato de calcio.

**Firmeza.** Solamente se observaron diferencias significativas entre los tratamientos los 3 primeros días de evaluación. El día 1, tal como se observa en el cuadro 34, los valores más altos fueron alcanzados por las bayas tratadas con LC, PC y AC las cuales presentaron valores de 2,8; 2,8 y 2,7 N respectivamente. El día 7 el valor más bajo lo obtuvo el testigo con 2,2 N, mientras que los más altos fueron obtenidos por AC y PC con 2,6 y 2,7 N respectivamente. El día 14, el testigo obtuvo el valor más bajo (2,3 N), mientras que los con AC (2,7 N) y PC (2,6 N) obtuvieron valores más altos (Cuadro 34).

**Cuadro 34.** Firmeza (N) de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Firmeza			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Testigo	2,3 ± 0,1 <sup>1</sup> b <sup>2</sup>	2,2 ± 0,1 c	2,3 ± 0,1 b	2,2 ± 0,1 NS <sup>3</sup>
LC <sup>4</sup>	2,8 ± 0,1 a	2,4 ± 0,1 abc	2,5 ± 0,1 ab	2,4 ± 0,1
CC	2,6 ± 0,1 ab	2,3 ± 0,1 bc	2,5 ± 0,1 ab	2,3 ± 0,1
PC	2,8 ± 0,1 a	2,7 ± 0,1 a	2,6 ± 0,1 a	2,3 ± 0,1
AC	2,7 ± 0,1 a	2,6 ± 0,1 a	2,7 ± 0,1 a	2,3 ± 0,1

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=18).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>3</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

<sup>4</sup>/LC: lactato de calcio, CC: cloruro de calcio, PC: propionato de calcio, AC: ascorbato de calcio.

### Determinaciones químicas

**SST.** Se registraron diferencias significativas entre los tratamientos los días 1 y 7 (Cuadro 35). En el día 1, el testigo obtuvo el valor más alto (21,2%), mientras que el más bajo lo obtuvo el tratamiento con CC (19,3%). El día 7, el testigo nuevamente alcanzó el valor más alto (21%), mientras que el menor valor fue obtenido por el tratamiento con LC (18,7%).

**Cuadro 35.** SST (%) de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Sólidos solubles totales (SST)			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Testigo	21,2 ± 0,2 <sup>1</sup> a <sup>2</sup>	21,0 ± 0,2 a	19,6 ± 0,5 NS <sup>3</sup>	20,2 ± 0,7 NS
LC <sup>4</sup>	19,9 ± 0,1 ab	18,7 ± 0,5 c	19,2 ± 0,4	19,9 ± 0,9
CC	19,3 ± 0,7 b	20,2 ± 0,1 abc	19,0 ± 0,1	19,5 ± 0,4
PC	19,8 ± 0,3 ab	19,4 ± 0,2 bc	19,8 ± 0,5	20,9 ± 0,4
AC	19,6 ± 0,4 ab	20,3 ± 0,4 ab	19,6 ± 0,2	19,7 ± 0,1

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

<sup>3</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

<sup>4</sup>/LC: lactato de calcio, CC: cloruro de calcio, PC: propionato de calcio, AC: ascorbato de calcio.

**Acidez titulable.** El % de ácido tartárico sólo presentó diferencias significativas entre los tratamientos el primer día de evaluación, en donde los valores más bajos fueron obtenidos por las bayas con PC y AC, siendo estos 0,46 y 0,47 % respectivamente, el resto de los tratamientos presentaron los valores más altos (Cuadro 36).

**Cuadro 36.** AT (% ácido tartárico) de las bayas de 'Black Seedless' tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Acidez titulable (AT)			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Testigo	0,57 ± 0,01 <sup>1</sup> a <sup>2</sup>	0,50 ± 0,06 NS <sup>3</sup>	0,51 ± 0,02 NS	0,52 ± 0,01 NS
LC <sup>4</sup>	0,56 ± 0,04 a	0,47 ± 0,02	0,46 ± 0,01	0,48 ± 0,01
CC	0,57 ± 0,02 a	0,54 ± 0,01	0,51 ± 0,06	0,50 ± 0,03
PC	0,46 ± 0,02 b	0,54 ± 0,01	0,48 ± 0,01	0,48 ± 0,02
AC	0,47 ± 0,01 b	0,50 ± 0,02	0,46 ± 0,01	0,51 ± 0,01

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>3</sup>/No Significativo  $p \geq 0,05$ .

<sup>4</sup>/LC: lactato de calcio, CC: cloruro de calcio, PC: propionato de calcio, AC: ascorbato de calcio.

### Recuentos microbiológicos

**Recuento de aerobios mesófilos (RAM).** El primer día de evaluación no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. El día 7, el testigo y el tratamiento con AC obtuvieron los recuentos más altos (2,41 y 2,29 log ufc·g<sup>-1</sup>), mientras que el tratamiento que se aplicó LC fue el más bajo (1,41 log ufc·g<sup>-1</sup>). El día 14 y el día 21, el testigo nuevamente obtuvo los recuentos más altos, alcanzando 2,40 y 2,55 log ufc·g<sup>-1</sup> respectivamente (Cuadro 37).

**Psicrófilos.** Durante todo el período de la investigación, los valores alcanzados por todos los tratamientos no superaron 1 log UFC·g<sup>-1</sup> (Cuadro 37).

**Enterobacterias.** Los días 1 y 7 los valores alcanzados por todos los tratamientos no superaron 1 log ufc·g<sup>-1</sup>. El día 14, solo el testigo presentó recuentos sobre 1 log ufc·g<sup>-1</sup>. El día 21 los recuentos más altos fueron observados en el tratamiento testigo (1,41 log ufc·g<sup>-1</sup>), CC (1,20 log ufc·g<sup>-1</sup>) y AC (1,20 log ufc·g<sup>-1</sup>).

**Hongos y levaduras.** Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos solamente el día 7, donde el tratamiento testigo alcanzó el recuento más alto, con  $2,32 \log \text{ufc}\cdot\text{g}^{-1}$  (Cuadro 37).

**Cuadro 37.** Recuentos microbiológicos ( $\log \text{ufc}\cdot\text{g}^{-1}$ ) de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.

Tratamientos	Recuentos microbiológicos ( $\log \text{ufc}\cdot\text{g}^{-1}$ )			
	RAM			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
<b>Testigo</b>	$1,56 \pm 0,04^1$ NS <sup>2</sup>	$2,41 \pm 0,05$ a <sup>3</sup>	$2,40 \pm 0,08$ a	$2,55 \pm 0,05$ a
<b>LC<sup>4</sup></b>	$1,10 \pm 0,17$	$1,41 \pm 0,48$ b	$2,04 \pm 0,20$ ab	$2,21 \pm 0,05$ b
<b>CC</b>	$1,35 \pm 0,10$	$2,00 \pm 0,10$ ab	$1,88 \pm 0,17$ b	$2,30 \pm 0,02$ ab
<b>PC</b>	$\leq 1$	$1,99 \pm 0,04$ ab	$2,01 \pm 0,14$ b	$2,20 \pm 0,07$ b
<b>AC</b>	$1,40 \pm 0,17$	$2,29 \pm 0,10$ a	$1,96 \pm 0,02$ b	$2,30 \pm 0,06$ ab
Psicrófilos				
<b>Testigo</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$
<b>LC</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$
<b>CC</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$
<b>PC</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$
<b>AC</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$
Enterobacterias				
<b>Testigo</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,49 \pm 0,57$	$1,41 \pm 0,05$ a
<b>LC</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$ b
<b>CC</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,20 \pm 0,10$ a
<b>PC</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,10 \pm 0,10$ ab
<b>AC</b>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$1,20 \pm 0,17$ a
Hongos y levaduras				
<b>Testigo</b>	$1,80 \pm 0,25$ NS	$2,32 \pm 0,08$ a	$2,16 \pm 0,05$ NS	$2,45 \pm 0,02$ NS
<b>LC</b>	$1,64 \pm 0,10$	$1,96 \pm 0,04$ b	$1,87 \pm 0,05$	$2,41 \pm 0,04$
<b>CC</b>	$1,79 \pm 0,15$	$1,98 \pm 0,04$ b	$1,78 \pm 0,24$	$2,37 \pm 0,14$
<b>PC</b>	$1,75 \pm 0,14$	$2,03 \pm 0,04$ b	$1,95 \pm 0,09$	$2,42 \pm 0,04$
<b>AC</b>	$1,82 \pm 0,11$	$1,93 \pm 0,04$ b	$1,94 \pm 0,05$	$2,43 \pm 0,08$

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio  $\pm$  desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>No Significativo  $p \geq 0,05$ .

<sup>3</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>4</sup>/LC: lactato de calcio, CC: cloruro de calcio, PC: propionato de calcio, AC: ascorbato de calcio.

### Determinación de calidad sensorial

**Apariencia.** Como se puede observar en el cuadro 38, no se detectaron diferencias entre los distintos tratamientos en ninguno de los días de evaluación.

**Textura (firmeza).** Sólo se observaron diferencias entre los tratamientos el primer día de evaluación, en donde la puntuación más alta la obtuvo el tratamiento de AC, el cual presentó una puntuación de 10,6.

**Cuadro 38.** Parámetros sensoriales apariencia y firmeza las bayas de 'Black Seedless' tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Días de almacenamiento			
	Apariencia			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Testigo	13,1 ± 0,7 <sup>1</sup> NS <sup>2</sup>	11,5 ± 0,9 NS	13,4 ± 0,4 NS	11,7 ± 0,6 NS
LC <sup>4</sup>	12,8 ± 0,9	11,3 ± 0,8	13,0 ± 0,4	11,4 ± 0,5
CC	11,9 ± 1,0	11,4 ± 0,9	13,0 ± 0,6	11,8 ± 0,9
PC	13,8 ± 0,8	12,2 ± 0,6	13,2 ± 0,6	11,8 ± 0,6
AC	13,1 ± 1,0	11,8 ± 0,7	13,0 ± 0,6	12,6 ± 0,5

Tratamiento	Firmeza			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Testigo	9,3 ± 0,4 ab <sup>3</sup>	8,2 ± 0,9 NS	9,1 ± 0,9 NS	8,5 ± 0,8 NS
LC <sup>4</sup>	7,5 ± 0,7 b	8,8 ± 0,8	8,6 ± 1,1	7,3 ± 1,1
CC	7,1 ± 0,8 b	8,4 ± 1,1	8,1 ± 0,9	8,1 ± 0,8
PC	7,5 ± 0,6 b	8,8 ± 1,1	9,2 ± 0,7	7,5 ± 1,0
AC	10,6 ± 0,9 a	9,4 ± 0,8	10,1 ± 1,0	8,0 ± 0,7

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=12).

<sup>2</sup>/No Significativo  $p \geq 0,05$ .

<sup>3</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>4</sup>/LC: lactato de calcio, CC: cloruro de calcio, PC: propionato de calcio, AC: ascorbato de calcio.

### Determinación de compuestos funcionales

**Fenoles totales.** No se registraron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguno de los días de evaluación. Los valores registrados se pueden observar en el Cuadro 39.

**Cuadro 39.** Fenoles totales (mg EAG·g<sup>-1</sup> PF) de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Fenoles totales			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Testigo	24,5 ± 0,6 <sup>1</sup> NS <sup>2</sup>	25,7 ± 0,5 NS	25,3 ± 0,7 NS	28,2 ± 1,4 NS
LC <sup>3</sup>	25,8 ± 2,1	25,0 ± 0,7	26,5 ± 1,1	27,2 ± 0,2
CC	26,0 ± 0,3	25,3 ± 1,7	26,4 ± 1,2	27,4 ± 1,2
PC	25,9 ± 0,0	26,4 ± 0,8	27,1 ± 0,2	28,3 ± 0,5
AC	26,4 ± 0,5	27,2 ± 0,2	27,8 ± 0,6	29,7 ± 0,2

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=12).

<sup>2</sup>/No Significativo p ≥ 0,05.

<sup>3</sup>/LC: lactato de calcio, CC: cloruro de calcio, PC: propionato de calcio, AC: ascorbato de calcio.

### Actividad antioxidante (AA)

**FRAP.** El día 7 y 14, mediante el método de reducción férrica (FRAP), el tratamiento de AC presentó los valores más altos, con 14,2 y 13,8 mg ET·g<sup>-1</sup> PF respectivamente, mientras que el testigo presentó los valores más bajos con 10,0 y 11,4 mg ET·g<sup>-1</sup> PF (Cuadro 40).

**DPPH.** Con el método de reducción del radical DPPH, aunque estadísticamente los tratamientos no presentaron diferencias significativas entre ellos, se puede observar una tendencia en donde todos los días de evaluación las bayas tratadas con AC alcanzan los valores más altos (Cuadro 40).

**Cuadro 40.** Actividad antioxidante (mg ET·g<sup>-1</sup> PF) de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Actividad antioxidante			
	FRAP			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
<b>Testigo</b>	12,1 ± 0,9 <sup>1</sup> NS <sup>2</sup>	10,0 ± 0,2 c <sup>3</sup>	11,4 ± 1,8 b	14,0 ± 0,9 NS
<b>LC<sup>4</sup></b>	12,3 ± 0,4	11,7 ± 0,1 bc	12,4 ± 0,5 ab	13,0 ± 0,4
<b>CC</b>	12,0 ± 0,9	12,7 ± 0,5 ab	13,4 ± 0,3 ab	13,6 ± 1,0
<b>PC</b>	12,9 ± 1,1	13,1 ± 0,9 bc	13,2 ± 0,5 ab	14,1 ± 1,0
<b>AC</b>	13,1 ± 0,7	14,2 ± 0,5 a	13,8 ± 0,6 a	14,0 ± 0,4

Tratamiento	DPPH			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
<b>Testigo</b>	44,6 ± 0,4 NS	47,1 ± 0,5 NS	47,9 ± 0,8 NS	51,1 ± 1,1NS
<b>LC</b>	45,6 ± 1,1	48,8 ± 0,2	51,8 ± 2,5	51,2 ± 2,1
<b>CC</b>	46,8 ± 0,7	47,7 ± 0,8	53,6 ± 0,6	51,0 ± 0,5
<b>PC</b>	44,8 ± 0,2	48,8 ± 0,2	51,0 ± 1,6	51,0 ± 2,4
<b>AC</b>	47,8 ± 1,1	49,1 ± 0,2	54,1 ± 1,7	53,8 ± 2,0

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio ± desviación estándar (n=3).

<sup>2</sup>/No Significativo  $p \geq 0,05$ .

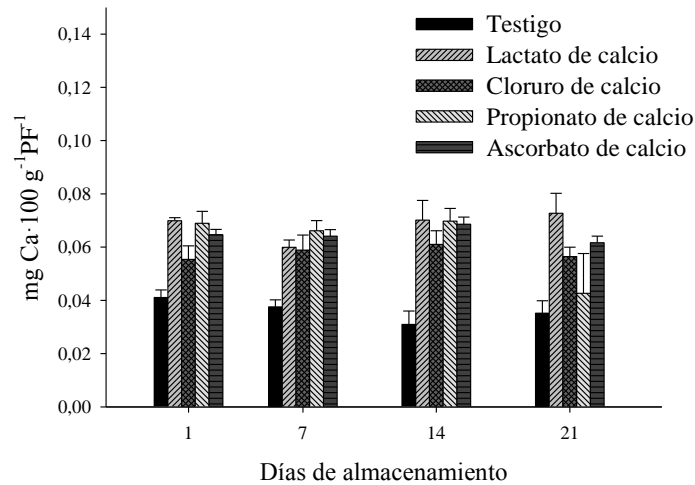
<sup>3</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>4</sup>/LC: lactato de calcio, CC: cloruro de calcio, PC: propionato de calcio, AC: ascorbato de calcio.



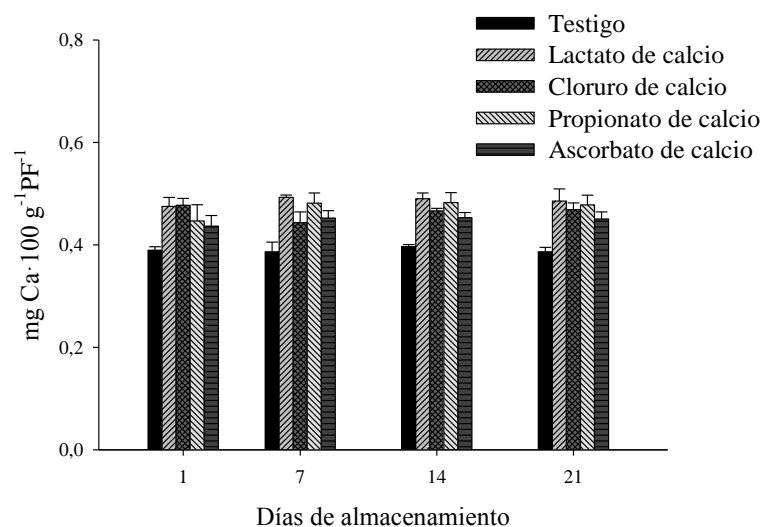
## Contenido de calcio

**Calcio total.** El contenido de calcio de los tratamientos se puede observar en la figura 12, en donde en cada una de las evaluaciones el tratamiento testigo presentó los valores más bajos en comparación con el resto de los tratamientos. El día 1 los valores más altos fueron alcanzados por las bayas tratadas con LC y PC con 0,699 y 0,689 mg Ca·100g<sup>-1</sup> PF. El día 7 y 14 las bayas tratadas con sales cálcicas presentaron valores similares variando entre 0,588 y 0,701 mg Ca·100g<sup>-1</sup> PF. El día 21, el tratamiento con LC presentó el mayor valor (0,727 mg Ca·100g<sup>-1</sup> PF).



**Figura 12.** Calcio total (mg Ca·100 g<sup>-1</sup>PF) de las bayas de ‘Black Seedless’ tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C. Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=3).

**Calcio fijado.** El día 1 el tratamiento testigo presentó 0,389 mg Ca·100 g<sup>-1</sup> PF, mientras que los tratamientos con LC, CC y PC, presentaron 0,475, 0,477 y 0,446 mg Ca·100 g<sup>-1</sup> PF, siendo estos los valores estadísticamente más altos. El día 7, el valor más bajo lo obtuvo el testigo (0,386 Ca·100 g<sup>-1</sup> PF) y el valor más alto lo presentó el tratamiento con LC (0,492 Ca·100 g<sup>-1</sup> PF). El día 14 esta tendencia se mantuvo, donde el testigo presentó 0,396 Ca·100 g<sup>-1</sup> PF y el tratamiento con LC alcanzó 0,490 Ca·100 g<sup>-1</sup> PF. Finalmente el día 21, todos los tratamientos a los cuales se le aplicó calcio presentaron valores significativamente más altos con respecto al testigo, el cual solo alcanzó 0,386 Ca·100 g<sup>-1</sup> PF (Figura 13).



**Figura 13.** Calcio fijado ( $\text{mg Ca} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ PF}$ ) de las bayas de 'Black Seedless' tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C. Las barras verticales representan el error estándar de la media ( $n=3$ ).

**Calcio libre.** Como se observa en el cuadro 41, el día 1 y 21 el valor más bajo lo presentó el testigo con 0,430 y 0,421  $\text{mg Ca} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ PF}$  respectivamente. El día 7 y 14 se pudo establecer diferencias entre el tratamiento testigo y el tratado con LC, donde el tratamiento de LC presentó los mayores valores con 0,552  $\text{Ca} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ PF}$  (día 7) y 0,560  $\text{Ca} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ PF}$  (día 14), mientras que el testigo presentó los menores valores 0,424  $\text{Ca} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ PF}$  (día 7) y 0,427  $\text{Ca} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ PF}$  (día 14).

**Cuadro 41.** Contenido de calcio libre de las bayas de 'Black Seedless' MP tratadas con sales cálcicas conservadas en AM durante 21 días a 5 °C.

Tratamiento	Calcio total			
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21
Testigo	$0,430 \pm 0,01^1 \text{ b}^2$	$0,424 \pm 0,01 \text{ c}$	$0,427 \pm 0,01 \text{ c}$	$0,421 \pm 0,01 \text{ b}$
LC <sup>3</sup>	$0,545 \pm 0,01 \text{ a}$	$0,552 \pm 0,01 \text{ a}$	$0,560 \pm 0,01 \text{ a}$	$0,558 \pm 0,03 \text{ a}$
CC	$0,532 \pm 0,01 \text{ a}$	$0,502 \pm 0,02 \text{ b}$	$0,527 \pm 0,01 \text{ ab}$	$0,525 \pm 0,01 \text{ a}$
PC	$0,515 \pm 0,03 \text{ a}$	$0,547 \pm 0,01 \text{ ab}$	$0,552 \pm 0,01 \text{ ab}$	$0,520 \pm 0,01 \text{ a}$
AC	$0,501 \pm 0,02 \text{ a}$	$0,516 \pm 0,01 \text{ ab}$	$0,522 \pm 0,01 \text{ b}$	$0,512 \pm 0,01 \text{ a}$

<sup>1</sup>/Los valores indican el promedio  $\pm$  desviación estándar ( $n=3$ ).

<sup>2</sup>/Letras mayúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>3</sup>/LC: lactato de calcio, CC: cloruro de calcio, PC: propionato de calcio, AC: ascorbato de calcio.

## DISCUSIÓN

En esta investigación se pudo observar que tras aplicar sales cálcicas a una temperatura de 60 °C a uva de mesa MP, el efecto que se consigue es disminuir levemente la producción de CO<sub>2</sub>. Esta disminución es más notoria los primeros días del almacenamiento, donde alcanza hasta 50,9%, sin embargo este comportamiento no es constante, debido a que al final de este período los valores para todos los tratamientos, incluido el testigo, se unifican, alcanzando valores cercanos a los 5 mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>. Este comportamiento se puede atribuir al efecto del calcio sobre la integridad de la pared celular, reduciendo el intercambio gaseoso y consecuentemente la respiración del producto (Cybulska *et al.*, 2011). Resultados similares obtuvieron Wang *et al.* (2014) donde tras aplicar CC lograron reducir la producción de CO<sub>2</sub> de cerezas en un 30% en comparación al testigo. Por otra parte Silveira *et al.* (2011) tras aplicar PC, LC, AC y CC a melón MP también observó una disminución de la producción de CO<sub>2</sub> en comparación al testigo pero solamente al final del experimento.

El envasado en atmósfera modificada, en conjunto con la respiración del producto y la temperatura de almacenamiento, entre otros factores, generó la atmósfera que rodeó al producto durante todo el período de almacenamiento. En esta investigación, los diferentes tratamientos no presentaron diferencias entre los valores obtenidos en ninguno de los días de evaluación. Es decir, todos los tratamientos generaron una atmósfera similar entre ellos, donde se puede observar una tendencia del O<sub>2</sub> a disminuir y del CO<sub>2</sub> a aumentar, llegando finalmente a valores cercanos a 9 y a 4,5 %, tanto para el O<sub>2</sub> como para el CO<sub>2</sub> respectivamente, este comportamiento se debe básicamente a que las bayas, producto de respiración, consumen el O<sub>2</sub> y a su vez generan CO<sub>2</sub>. Esta tendencia fue observada también por Aguayo *et al.* (2010) y Martín-Diana *et al.* (2005). Este cambio en los niveles de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> se debe a que la fruta, tras de ser sometida a diferentes operaciones para obtener un producto MP, sigue respirando (Rico *et al.* 2007).

La pérdida de peso generada por las bayas durante todo el período de almacenamiento fue casi nula (0-0,2%), este efecto se puede atribuir al envasado de las bayas en atmósfera modificada, pues una de las ventajas de este tipo de envasado es reducir la pérdida de peso generada por la deshidratación, debido a que logra mantener una alta humedad relativa alrededor del producto (Kim *et al.*, 2008).

Con respecto al color de las bayas, diversos autores señalan la disminución de la luminosidad del producto cuando es tratado con diversas sales de calcio (Leyva *et al.*, 2011; Hernández-Muñoz *et al.*, 2006; Barbagallo *et al.*, 2012), sin embargo en esta investigación el comportamiento fue diferente, debido a que los valores observados, durante la mayoría de los días de evaluación, fueron similares tanto para las bayas tratadas con calcio, como para el testigo, concordando con lo observado por Wang *et al.* (2014) y por Acedo *et al.* (2013). Solamente el día 14, las bayas tratadas con las distintas sales presentaron valores levemente mayores que los alcanzados por el testigo. Así mismo, los valores de saturación tampoco se vieron significativamente afectados en los días 1, 7 y 21, sin embargo, el día 14 sí se pudo observar un aumento en la saturación de las bayas tratadas con AC en comparación al testigo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Barbagallo *et al.* (2012) quienes que tras aplicar AC a berenjenas observaron también un aumento de la saturación con respecto al testigo.

Por otro lado, el efecto de la inmersión en sales de calcio sobre el tono de las bayas fue apreciable sólo el día 14, en donde las bayas tratadas con CC presentaron valores de tono más altas que los demás tratamientos, concordando con lo obtenido por Leyva *et al.* (2011) quienes al aplicar CC en concentraciones de 1 y 3 mg·L<sup>-1</sup> a papayas MP observaron que los valores de tono se mantuvieron elevados durante todo el período de almacenamiento, mientras que los valores del testigo y del tratado con 3mg·L<sup>-1</sup> de LC disminuyeron.

El propósito de la aplicación de sales cálcicas durante la elaboración de los productos MP, es principalmente disminuir la pérdida de firmeza durante el almacenamiento. En esta investigación se pudo observar que los valores de firmeza obtenidos por las bayas tratadas con sales cálcicas fueron mayores en cada una de los días de evaluación con valores entre 2,3 y 2,8 N. Los valores más altos fueron registrados por los tratamientos con LC, PC y LC. Esto se pudo deber a la posible generación de pectato de calcio al interior de los tejidos, que contribuiría a la mantención de la rigidez celular. Diversos investigadores observaron una menor pérdida de firmeza al tratar diferentes productos MP con sales cálcicas, es así como Leyva *et al.* (2011) observó que papayas MP tratadas con CC y LC (3 mg·L<sup>-1</sup>) presentaban mayores valores de firmeza con respecto al testigo. Rico *et al.* (2007b) al comparar LC con CC (15 g·L<sup>-1</sup>) concluyeron que la aplicación de LC mantenía los valores de firmeza de zanahorias MP por sobre los de CC. Siguiendo este mismo comportamiento, Varela *et al.* (2007) tras aplicar 10 mg·L<sup>-1</sup> CC lograron mantener la firmeza de manzanas MP durante 8 días de almacenamiento. Wang *et al.* (2014) observaron un aumento en la firmeza en cerezas de hasta un 25% al final del almacenamiento, en comparación al testigo. Por otra parte, Barbagallo *et al.* (2012) observaron una mayor firmeza tras aplicar AC sobre berenjenas MP, a partir del cuarto día de almacenamiento, sugiriendo que al menos en este tipo de producto el efecto del calcio no sería inmediato, sin embargo este comportamiento no se condice con lo observado en esta investigación, donde la diferencia de firmeza entre

las bayas tratadas con el testigo fue inmediata. Es necesario destacar que al realizar estas aplicaciones junto con tratamientos térmicos (60 °C) se conseguiría aumentar la difusión del calcio dentro del tejido y activar la enzima PME (Ni *et al.*, 2005).

En los parámetros químicos, las aplicaciones de sales cálcicas disminuyeron levemente el contenido de SST en comparación con el testigo en los 2 primeros días de evaluación, este comportamiento también fue reportado por Acedo *et al.* (2013) quienes tras aplicar CC y LC en jaca MP redujeron en un 10% los SST en comparación con el testigo. El resto de los días de evaluación esta diferencia en el contenido de SST no fue significativa, concordando con las investigaciones de Kim *et al.* (2008) en manzanas MP, Manganaris *et al.* (2007) en duraznos y Aguayo *et al.* (2008) en melón MP. La AT de las bayas no se vió mayormente afectada tras la aplicación de sales de calcio. Este comportamiento fue similar al registrado por Leyva *et al.* (2011) tras la aplicación de CC y LC en papaya MP y al registrado por Manganaris *et al.* (2007) en duraznos. Es necesario destacar que a diferencia de los demás días de evaluación, el día 1 las bayas tratadas con PC y AC presentaron un % de ácido tartárico menor que el resto de los tratamientos.

En cuanto al efecto de las sales cálcicas sobre los recuentos microbianos, solo se pudieron observar crecimientos de aerobios mesófilos, enterobacterias, hongos y levaduras. El recuento de psicrófilos no fue posible debido al nulo crecimiento de este tipo de microorganismos durante todo el tiempo de almacenamiento, este comportamiento también fue observado en melón MP por Silveira *et al.* (2011) y por Aguayo *et al.* (2008).

En el RAM, el día 7 las bayas tratadas con LC presentaron los menores valores con tan sólo 1,42 los UFC·g<sup>-1</sup>, mientras que el valor más alto fue obtenido por el testigo. El resto de las sales se comportó de manera similar durante el periodo de almacenamiento presentando siempre recuentos más bajos que el testigo. Esto concuerda con lo señalado por Silveira *et al.* (2011) quienes concluyeron que tras aplicar a melón LC, AC y PC se reducen los RAM en al menos 1 log UFC·g<sup>-1</sup> en comparación con el control.

El recuento de enterobacterias se mantuvo bajo 1 log UFC·g<sup>-1</sup> durante casi todo el almacenamiento, solamente el día 21 se pudo observar crecimiento, en donde el testigo presentó el valor más alto, con respecto al resto, alcanzando 1,41 log UFC·g<sup>-1</sup>, las bayas tratadas con LC presentaron durante todo el período valores bajo 1 log UFC·g<sup>-1</sup>, siendo el tratamiento más efectivo en controlar este tipo de microorganismos. Con respecto al efecto del LC sobre los microorganismos Martín-Diana *et al.* (2005b) propusieron al LC como alternativa a la desinfección con cloro tras concluir que esta sal tenía la misma eficiencia que el cloro en la disminución de la carga microbiana, no alterando los parámetros de calidad de lechuga y zanahoria MP.

El recuento de hongos y levaduras evidenció que las sales cálcicas son capaces de mantener los niveles bajos de este tipo de microorganismos, debido a que los valores obtenidos por los tratamientos a los que se aplicaron estas sales, presentaron valores más bajo que el testigo. Resultados similares obtuvieron Wang *et al.* (2014) quienes lograron reducir significativamente los niveles de hongos y levaduras tras la aplicación de CC en

cerezas. La disminución del recuento de microorganismos asociado a las aplicaciones de calcio se podría atribuir al efecto de este ión sobre la estabilización de la pared celular, lo que disminuiría la susceptibilidad del producto a las enzimas fúngicas, junto con esto, el producto posee características intrínsecas, como poseer un pH ácido, que reducirían los niveles de microorganismos presentes en él. Por otra parte, la formación de ácidos orgánicos a partir de estas sales, como ácido propiónico o láctico, también incidiría en esta propiedad antimicrobiana (Aguayo *et al.* 2008).

Los parámetros sensoriales en esta investigación no fueron mayoritariamente afectados por las aplicaciones de calcio. Es decir las sales de calcio no afectaron de manera significativa ni la apariencia ni la firmeza, con respecto al testigo. Así mismo, Silveira *et al.* (2011) concluyeron que las sales CC, AC y PC no afectan la calidad sensorial, en cuanto a la apariencia y presencia de sabores extraños, de melón MP, tal como lo afirmado por Leyva *et al.* (2011) tras aplicar CC y LC en papaya MP y por Martín-Diana *et al.* (2005) en lechuga MP. Por otro lado, Aguayo *et al.* (2010) observaron una mejor apariencia, con respecto al testigo, tras aplicar AC en manzanas MP. Es importante señalar que según Casas y Cález (2011) las aplicaciones de CC pueden dejar un gusto salado en el producto, sin embargo esto no fue observado en esta investigación, probablemente debido a la baja dosis aplicada ( $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ).

El contenido de fenoles totales de las bayas tratadas con sales cálcicas no presentó diferencias entre los tratamientos, tal como lo observado por Leyva *et al.* (2011) quienes concluyeron que las aplicaciones de  $1$  o  $3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  LC y CC no influyen en los compuestos fenólicos totales de papaya MP. Aghdam *et al.* (2013) observaron un incremento en el contenido de fenoles totales tras aplicar CC en cereza de cornalina, el cual iba acompañado con la concentración de CC aplicada, es decir, el efecto en los fenoles totales es dependiente de la concentración de las sales, por lo que el nulo efecto en esta investigación pudo deberse a las bajas concentraciones ocupadas.

Por otra parte la AA de las bayas se vio incrementada tras aplicación de sales de calcio. Este incremento fue más notorio en las bayas tratadas con AC, las cuales los días 7 y 14 presentaron una actividad de 41 y 21% más alta que la del testigo. Este aumento en la AA se puede atribuir al efecto del calcio sobre la actividad de la enzima fenilalanina amonoliasa (PAL), estimulando la vía de fenilpropaniol que consecuentemente elevaría los compuestos antioxidantes en el producto aumentando así su actividad antioxidante total (Aghdam *et al.*, 2013). Un comportamiento similar a lo registrado en esta investigación lo observaron Aghdam *et al.* (2013) tras aplicar CC en cereza de cornalina, Wang *et al.* (2014) al aplicar CC en cereza y Aguayo *et al.* (2010) al aplicar AC en manzana MP. Además, Kim *et al.* (2008) señalaron que tras aplicar CC en manzana se genera un aumento en el contenido de vitamina C. Así mismo, Aguayo *et al.* (2010) también observaron un aumento en el contenido de vitamina C, tras aplicar AC en manzanas MP.

La disminución de la pérdida de firmeza durante el almacenamiento atribuida a las sales de calcio, se debe principalmente a la incorporación de calcio en el tejido del producto, sin embargo esta incorporación no necesariamente se fija dentro de las paredes celulares, otorgando mayor rigidez, sino también queda parte de este calcio libre dentro de la célula, por lo que la cuantificación de que porción del total del calcio absorbido se encuentra fijada o libre es necesaria.

Durante esta investigación el tratamiento testigo presentó los valores más bajos tanto en el contenido de calcio libre como el fijado, es decir efectivamente al aplicar sales de calcio se observa un incremento en el contenido de calcio fijado y libre. Dentro de estas sales, podemos destacar que las bayas tratadas con LC fueron las que presentaron los mayores valores de calcio fijado en todos los días de evaluación, por lo que esta sal sería la más efectiva para uva de mesa MP, seguida por PC y CC.

Manganaris *et al.* (2007) también observaron un incremento en el contenido de calcio tras aplicar CC, LC y PC en duraznos el cual se incrementaba a mayores dosis. Aguayo *et al.* (2008) observaron que tras aplicar CC, carbonato de calcio, PC y LC en melón, solamente los tratamientos con CC, PC y LC incrementaron tanto los valores de calcio libre como fijado, el incremento en el calcio fijado fue observado sólo a partir del tercer día de almacenamiento, por lo que sugieren que el calcio demoraría 3 días en fijarse. Esto no concuerda por lo observado en esta investigación ya que el aumento del contenido de calcio en las bayas fue apreciable a partir del día 1. Silveira *et al.* (2011) tras aplicar CC, citrato de calcio, LC, AC, tartrato de calcio, silicato de calcio, PC y acetato de calcio en melón, concluyeron que los tratamientos con AC, CC y LC, eran los que contenían los niveles de calcio más alto en sus tejidos, estos tratamientos junto con disminuir la tasa respiratoria del melón MP, no afectaron su calidad sensorial.

Finalmente, es necesario destacar que el efecto producido por las diferentes sales aplicadas, se ve mayoritariamente influenciado por la capacidad que éstas posean para solubilizarse, ya que de esto dependerá su capacidad para entrar en contacto con el tejido de las bayas y ejercer su real efecto.

## CONCLUSIONES

La aplicación de sales cálcicas (LC, CC, PC y AC) reducen en hasta un 50% la producción de CO<sub>2</sub> sobre uva de mesa 'Black Seedless' MP envasada en atmósfera modificada.

En los parámetros de color, la aplicación de sales cálcicas (LC, CC, PC y AC) no afectan significativamente ni la luminosidad ni el tono de uva de mesa MP, mientras que la saturación sólo se ve afectada tras la aplicación de 5 mg·L<sup>-1</sup> AC, donde ésta aumenta.

Los parámetros de SST y la AT de uva de mesa 'Black Seedless' MP no se ven significativamente afectados tras la aplicación de sales cálcicas (LC, CC, PC y AC).

Tras la aplicación de sales cálcicas (LC, CC, PC y AC) y el envasado en atmósfera modificada, las bayas de uva de mesa MP lograron la estabilidad de la atmósfera al día 7 alcanzando valores cercanos a 9 y 4,5 para O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, respectivamente.

Las sales cálcicas (LC, CC, PC y AC) logran mantener los niveles de microorganismos de uva de mesa 'Black Seedless' bajo los rangos establecidos por el Ministerio de Salud, alcanzando valores similares o menores a los alcanzados por el testigo, tratado con 100 mg·L<sup>-1</sup> NaClO. De todas las sales empleadas el LC fue el más efectivo en mantener bajos los recuentos de microorganismos.

La calidad sensorial de las bayas de uva de mesa 'Black Seedless', en parámetros de apariencia y textura, no se ve afectada tras las aplicaciones de sales cálcicas (LC, CC, PC y AC).

La aplicación de sales cálcicas no afecta significativamente el contenido de compuestos fenólicos en uva de mesa MP, pero sí logra aumentar levemente su actividad antioxidante, siendo el AC la sal que más logra elevar estos niveles.

La aplicación de sales cálcicas (LC, CC, PC y AC) logran mantener los valores de firmeza de las bayas de uva de mesa 'Black Seedless', por sobre la del testigo por al menos 17 días, llegando a valores de 2,71 N.

Esta disminución en la pérdida de firmeza, es atribuida al aumento del contenido de calcio, tanto libre como fijado, que logra la aplicación de sales cálcicas (LC, CC, PC y AC) en las bayas de uva de mesa 'Black Seedless'.



**BIBLIOGRAFÍA**

- Acedo J. Z., D.A. Varron, I.C. Emnace1, R.D. Lauzon and A.L. Acedo. 2013. Antimicrobial effects of ascorbic acid and calcium lactate in freshcut Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *Acta Horticulturae* 989:199-208.
- Aghdama, M., Dokhaniehb, A., H. Hassanpourc, J. R. Farda. 2013. Enhancement of antioxidant capacity of cornelian cherry (*Cornus mas*) fruit by postharvest calcium treatment. *Scientia Horticulturae* 161:160-164.
- Aguayo, E., V. H. Escalona, F. Artés. 2008. Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut 'Amarillo' melon. *Postharvest Biology and Technology* 47: 397-406.
- Aguayo E., C. Requejo-Jackman, R. Stanley, A. Woolf. 2010. Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. *Postharvest Biology and Technology* 57: 52-60.
- Alandes, L., I. Pérez-Munuera, E. Llorca, A. Quiles and I. Hernando. 2009. Use of calcium lactate to improve structure of 'Flor de Invierno' fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology* 53: 145-151.
- Barbagallo, R. N, M. Chisari, G. Caputa. 2012. Effects of calcium citrate and ascorbate as inhibitors of browning and softening in minimally processed 'Birgah' eggplants. *Postharvest Biology and Technology* 73: 107-114.
- Casas-Forero, N. y G. Cáez-Ramírez. 2011. Cambios morfométricos y de calidad por aplicación de tres fuentes de calcio bajo tratamiento térmico suave en melón (*Cucumis melo* L.) fresco precortado. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 10:431-444.
- Carvajal, M., V. Martínez and A. Cerdá. 1999. Influence of magnesium and salinity on tomato plants grown in hydroponic culture. *Journal of Plant Nutrition* 22:177-190.
- Cybulska, J., A. Zdunek and K. Konstankiewicz. 2011. Calcium effect on mechanical properties of model cell walls and apple tissue. *Journal of Food Engineering* 102: 217-223.
- Gamazo, C., I. López-Góñiz y R. Díaz. 2005. Manual práctico de microbiología. Editorial Mansson. Barcelona, España. 227p.

Hernández-Muñoz, P., E. Almenar, M. J. Ocio and R. Gavara. 2006. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology* 39: 247-253.

Kader, A. 2007. Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. 3° ed. Universidad de California. Estados Unidos. 580p.

Kim, Y. H., H.W. Park, S.A. Lee and Y.M. Kim. 2008. Effects on quality of 'Fuji' apple by dipping of calcium solution and MAP. *Acta Horticulturae* 804: 507-512.

Lamikanra, O. and M. A. Watson. 2007. Mild heat and calcium treatment effects on fresh-cut 'cantaloupe' melon during storage. *Food Chemistry* 102:1383-1388.

Leyva N., J. Heredia, L. Contreras, M. D. Muiy, J. P. Campos e I. González. 2011. Sales de calcio mejoran vida de anaquel y aceptabilidad general de papaya (*Carica papaya* L. var. Maradol) fresca cortada. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 2: 001-015.

Ni, L., D. Lin and M. D. Barret. 2005. Pectin methylesterase catalyzed firming effects on low temperature blanched vegetables. *Journal of Food Engineering* 70: 546-556.

Manganaris, G., M. Vasilakakis, G. Diamantidis and I. Mignani. 2005. Effect of calcium additives on physicochemical aspects of cell wall pectin and sensory attributes of canned peach (*Prunus persica* (L.) cv. Batsch cv. Andross). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85:1773-1778.

Manganaris, G. A., M. Vasilakakis, G. Diamantidis and I. Mignani. 2007. The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. *Food Chemistry* 100: 1385-1392.

Martin-Diana, A. B., D. Rico, C. Barry-Ryan, J. M. Frias, J. Mulcahy and G. Henehan. 2005a. Calcium lactate washing treatments for salad-cut 'Iceberg' lettuce: Effect of temperature and concentration on quality retention parameters. *Food Research International* 38: 729-740.

Martín-Diana, A. B., D. Rico, C. Barry-Ryan, J. M. frías, J. Mulcahy and G. Henehan. 2005b. Comparison of calcium lactate with chlorine as a washing treatment for fresh-cut lettuce and carrots: quality and nutritional parameters. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 2260-2268.

Martín-Diana, A. B., D. Rico, J.M. Frías, J.M. Barat, G. Henehana and C. Barry-Ryan. 2007. Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: A review. *Trends in Food Science & Technology* 18: 210-218.

Ministerio de Salud, Chile. 1997. Reglamento sanitario de los alimentos. Diario oficial 13 de mayo de 1997. Actualizado mayo 2008. Santiago. 150p.

Oms-Oliu, G., M. A. Rojas-Grau, L. Alandes, P. Varela, R. Soliva-Fortuny, M. I. Hernando, I. Perez, S. Fiszman and O. Martín-Belloso. 2010. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. *Postharvest Biology and Technology* 57: 139-148.

Parzanese, M. 2006. Vegetales mínimamente procesados. *Alimentos argentinos* 34: 1-15.

Rico, D., A. B. Martín-Diana, J. M. Barat and C. Barry-Ryan, 2007a. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: A review. *Food Science and Technology* 18: 373-386.

Rico, D., A.B. Martín-Diana, J.M. Frías, J.M. Barat, G. Henehan and C. Barry-Ryan. 2007b. Improvement in texture using calcium lactate and heat-shock treatments for stored ready-to-eat carrots. *Journal of Food Engineering* 79:1196-1206.

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

Wang Y., X. Xie and L. E. Long. 2014. The effect of postharvest calcium application in hydro-cooling water on tissue calcium content, biochemical changes, and quality attributes of sweet cherry fruit. *Food Chemistry* 160: 22-30.

Varela, P., A. Salvador and S. Fiszman. 2007 The use of calcium chloride in minimally processed apples: A sensory approach. *Europe Food Research Technology* 224: 461-467.