

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFFECTO DE DIFERENTES SANITIZANTES EN LA CALIDAD
FUNCIONAL, SENSORIAL Y MICROBIOLÓGICA EN HOJAS DE
RÚCULA (*Eruca vesicaria* Thellung)**

PABLO ANDRÉS BRINTRUP BECERRA

SANTIAGO – CHILE

2012

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**EFEECTO DE DIFERENTES SANITIZANTES EN LA CALIDAD FUNCIONAL,
SENSORIAL Y MICROBIOLÓGICA EN HOJAS DE RÚCULA (*Eruca vesicaria*
Thellung)**

**EFFECT OF DIFERENT SANITIZERS ON FUNCTIONAL, SENSORY AND
MICROBIAL QUALITY OF ROCKET LEAVES (*Eruca vesicaria* Tellung)**

PABLO ANDRÉS BRINTRUP BECERRA

Santiago, Chile

2012

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EFEECTO DE DIFERENTES SANITIZANTES EN LA CALIDAD FUNCIONAL,
SENSORIAL Y MICROBIOLÓGICA EN HOJAS DE RÚCULA (*Eruca vesicaria*
Thellung)**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo

Mención: Fruticultura

PABLO ANDRÉS BRINTRUP BECERRA

PROFESOR GUÍA	Calificaciones
Víctor Escalona C. Ingeniero Agrónomo, Dr.	7,0
PROFESORES EVALUADORES	
Cecilia Baginsky G. Ingeniero Agrónomo, Dra.	6,0
Héctor Manterola B. Ingeniero Agrónomo, M.S.	6,5
COLABORADORES	
Javier Obando U. Ingeniero Agroindustrial, Dr.	
Andrea Hinojosa M. Bioquímico	

Santiago, Chile

2012

A mis abuelos, a mi madre

A mi familia

AGRADECIMIENTOS

Primero agradezco a mis abuelos por la ayuda brindada durante toda mi vida estudiantil y sobre todo durante mi vida universitaria, a ellos les debo toda una vida. A mi madre por siempre confiar y creer en mí. A Bárbara por el apoyo, la compañía y la ayuda durante la elaboración de este trabajo y seguir a mi lado.

Agradezco a toda mi familia, tíos, primos los cuales me ayudaron en distintas épocas de mi vida estudiantil.

A todos les doy las gracias.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
1. Lugar de Estudio	6
2. Materiales	6
2.1. Diseño de un envase para hojas de rúcula.....	6
2.2 Sanitizantes.....	8
3. Metodología.....	9
3.1 Diseño experimental.....	9
3.2 Selección y caracterización de la materia prima	9
3.3 Procesamiento	9
4. Evaluaciones.....	11
4.1 Tasa respiratoria	11
4.2 Producción de etileno	11
4.3 Composición gaseosa de la atmósfera modificada	12
4.4 Análisis microbiológico.....	12
4.5 Color	12
4.6 Calidad sensorial	13
4.7 Parámetros químicos	13
4.7.1 Concentración de azúcares.....	13
4.7.2 Concentración de vitamina C.....	14
4.7.3 Contenido de fenoles totales	15
5. Análisis estadístico.....	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
ENSAYO I	16
1. Resultados.....	16

1.1 Tasa respiratoria	16
1.2 Composición gaseosa.....	17
1.3 Análisis microbiológico.....	17
1.3.1 Aerobios mesófilos.....	17
1.3.2 Enterobacterias	19
1.3.3 Psicrófilos.....	20
1.3.4 Hongos y levaduras	21
1.4 Color	22
1.4.1 Luminosidad (L).....	22
1.4.3 Croma.....	22
1.4.2 Tonalidad	23
1.5 Calidad sensorial	24
1.5.1 Apariencia.....	24
1.5.2 Intensidad del color verde.....	25
1.5.3 Turgencia	25
1.5.4 Sabores extraños.....	26
ENSAYO II.....	27
1. Resultados.....	27
1.1 Tasa respiratoria	27
1.2 Producción de etileno	27
1.3 Composición gaseosa.....	28
1.4 Análisis microbiológico.....	29
1.4.1 Aerobios mesófilos.....	29
1.4.2 Enterobacterias	30
1.4.3 Psicrófilos.....	31
1.5 Color	32
1.5.1 Luminosidad (L).....	32
1.5.2 Croma (C*)	32
1.5.3 Tonalidad	34
1.6 Evaluación sensorial.....	35

1.6.1 Apariencia.....	35
1.6.2 Intensidad de color	35
1.6.3 Turgencia	36
1.6.4 Sabores extraños	36
1.7 Parámetros químicos	37
1.7.1 Concentración de azúcares.....	37
1.7.2 Concentración de vitamina C.....	39
1.7.3 Contenido de fenoles totales	40
CONCLUSIONES.....	42
BIBLIOGRAFÍA	43
ANEXO I.....	48
ANEXO II.....	49
APÉNDICE I.....	50
APÉNDICE II.....	57

RESUMEN

Las hojas de rúcula (*Eruca vesicaria* Thellung) están siendo consumidas en mayor cantidad, gracias a los cambios en los hábitos de las personas y a su sabor considerado nuevo. Los productos mínimamente procesados en fresco, también han aumentado porque están listos para su consumo. Debido a que el hipoclorito de sodio utilizado en lavado genera residuos tóxicos, actualmente se buscan alternativas que no sean perjudiciales ni para la salud, ni para el medio ambiente.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres sanitizantes alternativos sobre la calidad sensorial, microbiana y funcional de hojas de rúcula almacenada 12 días a 5 °C, para lo que se realizaron dos ensayos. En el primer ensayo, las hojas de rúcula se trataron con peróxido de hidrógeno (25 y 50 mg L⁻¹), ácido láctico (8,5 y 17 mg L⁻¹) y ácido cítrico (5000 y 10000 mg L⁻¹). En el segundo ensayo, las hojas de rúcula se trataron con peróxido de hidrógeno (25 mg L⁻¹), ácido cítrico (5000 mg L⁻¹) y una combinación de ambos y se conservaron 12 días a 5 °C. Posterior al lavado, las hojas se envasaron en atmósfera modificada (EAM) pasiva y se almacenaron 12 días a 5 °C. Durante el almacenamiento se evaluó la tasa respiratoria, producción de etileno, concentración de gases en los envases, color, la calidad microbiológica y sensorial de las hojas de rúcula, concentración de azúcares, contenido de fenoles totales y vitamina C.

Como resultado el hipoclorito de sodio (100 mg L⁻¹) sigue siendo eficaz en reducir la carga microbiana inicial en 1 a 3 log UFC g⁻¹. Los tratamientos con H₂O₂ tuvieron una acción similar al NaClO, pero mantuvieron recuentos más bajos. El H₂O₂ en mezcla con el ácido cítrico mostró ser una buena alternativa al cloro logrando reducir en 1 a 2 log UFC g⁻¹ los recuentos bacterianos sin afectar la calidad sensorial de las hojas de rúcula. Los diferentes agentes sanitizantes no disminuyeron la calidad funcional de las hojas.

Palabras clave: hipoclorito de sodio, mínimo proceso, vitamina C

ABSTRACT

Rocket leaves (*Eruca vesicaria* Thellung) are consumed in larger quantities, due to changes of habits of people and taste considered new. The minimally processed fresh products have also increased because they are ready to eat. Because sodium hypochlorite used in washing generates toxic waste, currently looking for alternatives that are not harmful to health or the environment.

The objective of this study was to evaluate the effect of three alternative sanitizers on the sensory, functional and microbial quality of rocket leaves for 12 days at 5 °C, for this two trials were conducted. In the first trial, the rocket leaves were treated with hydrogen peroxide (25 and 50 mg L⁻¹), lactic acid (8.5 and 17 mg L⁻¹) and citric acid (5000 and 10000 mg L⁻¹). In the second trial, rocket leaves were treated with hydrogen peroxide (25 mg L⁻¹), citric acid (5000 mg L⁻¹) and a combination of both and stored 12 days at 5 °C. After washing, rocket leaves were packed in passive modified atmosphere (MAP) and stored 12 days at 5 °C. During storage was assessed respiratory rate, ethylene production, concentration of gases in packaging, color, microbiological and sensory quality of rocket leaves, sugar concentration, total phenolic content and vitamin C.

As a result, sodium hypochlorite (100 mg L⁻¹) was effective reducing microbial load in 1 to 3 log CFU g⁻¹. H₂O₂ treatments had similar action to NaClO, but remained lower counts. The H₂O₂ in combination with citric acid was shown to be a good alternative to chlorine reducing bacterial counts in 1 to 2 log CFU g⁻¹ without affecting the sensory quality of rocket leaves. Different sanitizing agents not decrease the functional quality of the leaves.

Key words: sodium hypochlorite, minimally processed, vitamin C.

INTRODUCCIÓN

En Chile hay un consumo de 90 kg per cápita de hortalizas al año, una tendencia muy cercana a países desarrollados como Estados Unidos (110 kg per cápita anual). Los productos mínimamente procesados en fresco (MPF) forman parte de este consumo, permitiendo la adición de hortalizas a la dieta, utilizando comidas rápidas y fáciles de preparar. Los nuevos formatos de ensaladas listas para servir incluyen el uso de hortalizas no tradicionales, como rúcula, brotes de alfalfa, hortalizas baby y berros (Berger, 2004). Una de las especies utilizadas actualmente es la rúcula (*Eruca vesicaria* Thellung). Esta es una hortaliza que ha incrementado su popularidad desde la década pasada. Las hojas son generalmente almacenadas en frío y tienen una vida útil de una a dos semanas. La rúcula es susceptible al ataque de microorganismos, debido a que la parte comestible se encuentra muy cercana al suelo, por lo que puede ser fácilmente contaminada en campo (Nielsen *et al.*, 2008). Entre las virtudes de la rúcula se destaca como una planta con propiedades antioxidante, estimulante, diurética y antiinflamatoria (Font Quer, 1980). También cabe destacar que posee promotores de la salud incluyendo vitamina C, carotenoides, fibras, flavonoides y glucosinatos (Barillari *et al.*, 2005).

La industria de hortalizas MPF han crecido constantemente debido a la demanda de los consumidores por alimentos más naturales y saludables (Martínez-Sánchez *et al.*, 2006a). Sin embargo, estudios recientes muestran un aumento en la preocupación por la seguridad de los productos frescos, debido a que representan la segunda causa de enfermedades causadas por ingesta de alimentos (Allende *et al.*, 2009; López-Gálvez *et al.*, 2009). Por este motivo, la industria busca nuevas técnicas para preservar la calidad e inhibir crecimientos indeseables de microorganismos que pongan en riesgo la salud de los consumidores (Allende *et al.*, 2006).

Una alternativa para la conservación de la calidad es el envasado en atmósfera modificada (AM) que, permite prolongar la vida poscosecha de alimentos frescos o MPF, puesto que retrasa el deterioro natural que afecta a las hortalizas (Kader *et al.*, 1989). La atmósfera modificada óptima depende del tipo de producto y material del envase utilizado (Sandhya, 2010). En esta técnica de preservación, el aire que rodea al alimento dentro del envase es cambiado a otra composición por medio de la propia respiración del producto (Kader *et al.*, 1989).

La base física del envasado en atmósfera modificada (EAM) consiste en el hecho de que determinadas películas plásticas con una permeabilidad selectiva al paso de los gases (O₂, CO₂, N₂, C₂H₄, H₂O, etc.) son capaces de regular adecuadamente los intercambios gaseosos entre el tejido vegetal y el ambiente que lo rodea, generando una atmósfera de equilibrio favorable para su supervivencia, relacionando la superficie del envase y el peso del

producto (Escalona *et al.* 2008). Sin embargo, se debe considerar que la permeabilidad de una película se incrementa con el aumento de la temperatura. Por esta razón, una película plástica recomendada para una temperatura puede no serlo para otra (Escalona *et al.* 2008).

Según Artés *et al.* (2009), los productos MPF necesitan una apropiada selección de materia prima y operación, mejorar las estrategias de sustentabilidad para reducir pérdidas y entregar productos sanos y de alta calidad. El objetivo más importante para mantener una alta calidad de estos productos es disminuir la flora microbiana que causan pudriciones y problemas que reducen la carga microbiana. El lavado es la etapa crítica durante la elaboración de productos MPF y su éxito se basa en un apropiado manejo y en la optimización de las técnicas existentes o en una combinación de ellas (Gil *et al.*, 2009; Ölmez y Kretzschmar, 2009).

El agua es una herramienta útil para reducir los contaminantes potenciales, pero también puede servir como agente de transferencia de microorganismos patógenos. Debido a que el lavado con sanitizantes es importante para la higiene de productos MPF, particularmente en la remoción de suciedad, pero especialmente en la desinfección de agua para evitar la contaminación cruzada entre productos limpios y contaminados (Gil *et al.*, 2009).

El cloro y las alternativas a este tales como ozono, dióxido de cloro y ácido peroxiacético han mostrado ser muy efectivos en reducir la carga microbiana suspendida en el agua que es usada para lavar o transportar frutas y hortalizas durante el procesamiento en planta. Sin embargo, estos agentes sanitizantes son menos efectivos en reducir la población de microorganismos que están unidos a la superficie de éstas (Sapers, 2003a). Sin embargo, la eficiencia de los sanitizantes, usados en la industria de los productos MPF, ha sido principalmente evaluada a través de la medición de la reducción microbiana que producen (López-Gálvez *et al.*, 2009). Por consiguiente varios sanitizantes químicos han sido utilizados para controlar microorganismos y hongos, pero existe muy poca información sobre los efectos de estos químicos en la composición nutritiva de los alimentos (Martínez-Sánchez *et al.*, 2006a). El peróxido de hidrogeno (H_2O_2) es un oxidante con efecto bactericida de gran alcance (incluyendo destrucción de esporas) (Khadre y Yousef, 2001) que no produce residuos, ya que se descompone en agua y oxígeno, por la acción de la enzima catalasa que se encuentra presente en forma natural en los productos vegetales. Actualmente, los ácidos orgánicos, principalmente cítrico, láctico y acético, clasificados como GRAS (reconocidos como seguros por sus siglas en inglés Generally Recognized As Safe) están siendo estudiados por su actividad bactericida. La cual está relacionada con la disminución del pH ambiental y, que varía considerablemente dependiendo el ácido orgánico usado (Ölmez y Kretzschmar, 2009).

Existe un gran interés en el valor funcional de los alimentos de manera de entender su contribución en la nutrición diaria, y como el procesamiento y las tecnologías de preservación afectan la composición funcional de las hortalizas (Tudela *et al.*, 2002).

El término alimento funcional surgió a inicios de los 80 en Japón mediante alimentos fortificados con constituyentes especiales que poseen efectos fisiológicamente favorables (Siro *et al.*, 2008). Los antioxidantes son sustancias consideradas funcionales que en bajas concentraciones, son capaces de retardar significativamente la oxidación molecular mediante su propia oxidación (Navarro *et al.*, 2008). Un ejemplo de estos compuestos es la vitamina C presente en frutas y hortalizas (Amin *et al.*, 2006).

Otros compuestos presentes en hortalizas y con características funcionales son los compuestos fenólicos tales como carotenoides y tocoferoles. Estos compuestos juegan un rol importante en la prevención de varias enfermedades asociadas a estrés oxidativo, tales como enfermedades cardiovasculares, cáncer, arteriosclerosis, inflamaciones, enfermedades neurodegenerativas, diabetes y otras enfermedades crónicas (Jung *et al.*, 2005; Šircelj H., *et al.*, 2010).

Hipótesis

Los tratamientos con sanitizantes logran reducir los recuentos microbiológicos en hojas de rúcula conservadas en atmósfera modificada y refrigeración, sin afectar su calidad funcional (contenido de fenoles totales y de vitamina C), contenido de azúcares, y calidad sensorial.

Objetivos

Evaluar el efecto de diferentes sanitizantes en combinación con atmósfera modificada pasiva sobre la calidad sensorial, microbiológica y funcional (contenido de fenoles totales y vitamina C) y concentración de azúcares sobre hojas de rúcula.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Lugar de Estudio

Los ensayos se realizaron en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) y en el laboratorio de Cromatografía y Actividad Antioxidante del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

2. Materiales

Para el presente estudio se utilizaron hojas de rúcula provenientes de la empresa “Más Vida S.A.” ubicada en camino a Lonquén (comuna Calera de Tango, Región Metropolitana). El tipo de cultivo de la rúcula fue en suelo. La forma de cosecha fue manual y sin cuchillo con una longitud de 10 cm aproximadamente en el mes de noviembre de 2010 para el primer ensayo y en el mes de marzo de 2011, para el segundo ensayo, 30 días posteriores a su siembra.

2.1. Diseño de un envase para hojas de rúcula

Teniendo en cuenta la tasa respiratoria expresada como CO₂ emitido, la concentración de CO₂ esperada al interior del envase, la superficie conocida del envase y la masa del material vegetal utilizado, se aplicó la siguiente fórmula para calcular la permeabilidad al CO₂ que debiera tener la bolsa por utilizar, siguiendo el modelo planteado por Artés (1976, citado por Escalona, 2003):

$$RCO_2 \times M = S \times z \times CO_{2env} \times 1/24$$

$$Z = \frac{RCO_2 \times M \times 24}{S \times CO_{2env}} \quad (1)$$

En donde:

RCO₂: actividad respiratoria CO₂ producido [mL kg⁻¹ h⁻¹]

M: masa del producto [kg]

S: superficie total del envase [m²]

CO_{2env}: concentración de CO₂ en el interior del envase [%]

1/24: conversión de horas a días [d/h]

z: permeabilidad al CO₂ de la película plástica [mL m₂ d⁻¹]

Del mismo modo, considerando la tasa respiratoria expresada como O_2 consumido, la concentración de O_2 esperada al interior del envase, la superficie conocida del envase y la masa de material vegetal utilizado, se aplicó la siguiente fórmula para calcular la permeabilidad al O_2 que debiera tener la bolsa por utilizar, siguiendo el modelo planteado por Artés (1976, citado por Escalona, 2003)

$$RO_2 \times M = S \times z \times O_{2env} \times 1/24$$

$$z = \frac{RO_2 \times M \times 24}{S \times (0,21 - O_{2env})} \quad (2)$$

De acuerdo con Kader (2002) las hojas de rúcula están clasificadas por su tasa respiratoria en clase muy alta, con valores que van desde 26 a 31 mL CO_2 kg^{-1} h^{-1} a 5 °C. Sin embargo, actualmente existe escasa información sobre la conservación de rúcula bajo envasado en atmósfera modificada, por lo que en hortalizas de hoja como el perejil, espinaca y cilantro se recomiendan concentraciones de O_2 de 5 a 8% y de CO_2 de 5 a 10% (Kader, 2002).

En este modelo se asumió un cociente respiratorio (CR) igual a la unidad. Se consideró como una concentración adecuada para mantener la calidad de las hojas de rúcula un 5% de O_2 y 10% de CO_2 . Para los cálculos de permeabilidad se utilizó una tasa respiratoria de 31 mL CO_2 kg^{-1} h^{-1} .

Se confeccionaron bolsas de 26 × 21 cm (0,054 m²) para una cantidad de 50 g de hojas de rúcula por bolsa.

Cálculo de permeabilidad:

- Tasa respiratoria: 31 mL CO_2 kg^{-1} h^{-1} emitido
31 mL O_2 kg^{-1} h^{-1} consumido
- Concentración esperada CO_2 : 5%
- Masa: 50 g
- Superficie envase: 0,057 m²

I. Permeabilidad al CO₂:

Sustituyendo los datos en la fórmula (1) se obtiene:

$$z = \frac{31 \text{ [mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}] \times 0,05 \text{ [kg]} \times 24 \text{ [h/d]}}{0,057 \text{ [m}^2] \times 0,05}$$

$$z = 13.777 \text{ mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ CO}_2$$

II. Permeabilidad al O₂

Sustituyendo los datos en la fórmula (2) se obtiene:

$$z = \frac{31 \text{ [mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}] \times 0,05 \text{ [kg]} \times 24 \text{ [h/d]}}{0,054 \text{ [m}^2] \times (0,21 - 0,10)}$$

$$z = 6.888 \text{ mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ O}_2$$

De acuerdo con estos resultados se eligió la bolsa plástica modelo PD-960 film, debido a que tiene una permeabilidad al O₂ y CO₂ de 6.000 a 8.000 y 19.000 a 21.000 mL m⁻² d⁻¹ respectivamente, valores que se encuentran en el rango deseado para el envase de hojas de rúcula.

2.2 Sanitizantes

Los sanitizantes a evaluar fueron los siguientes:

- Hipoclorito de sodio (NaClO) al 4,9% (Clorox, Santiago, Chile). Concentración de 100 mg L⁻¹.
- Peróxido de hidrógeno (H₂O₂) (Merck, Chile). En concentraciones de 25 y 50 mg L⁻¹.
- Ácido láctico (Merck, Chile). En concentraciones de 8,5 y 17 mg L⁻¹.
- Ácido cítrico (Granotec, Chile). En concentraciones de 5000 y 10000 mg L⁻¹.

3. Metodología

3.1 Diseño experimental

Para ambos ensayos el diseño experimental fue completamente al azar con siete tratamientos y tres repeticiones, analizado individualmente los días 1, 5, 8, 12, entre tratamientos. La unidad experimental fue la bolsa con 50 g de hojas de rúcula.

3.2 Selección y caracterización de la materia prima

Previo al procesamiento se realizó una selección visual y caracterización de una muestra representativa de 300 g, descartando aquellas que presentaban un color no característico (amarillo, pardeamiento u otro), poco turgente y daños físicos (Wiley, 1997). A la muestra representativa se le realizaron las evaluaciones descritas posteriormente.

3.3 Procesamiento

Las hojas de rúcula se trasladaron en frío desde la empresa Más Vida hasta el laboratorio del CEPOC donde fueron almacenadas a 5 °C durante un día hasta su procesamiento. El día del procesamiento las hojas de rúcula se traspasaron a una sala de manipulación, previamente limpia y acondicionada a 8 °C, donde se eliminaron los tallos lignificados de las hojas de rúcula, utilizando cuchillos de filo liso. Posteriormente, se realizó el lavado por inmersión con los diferentes sanitizantes durante 1 min, a razón de 5 litros por kilogramo de hojas, de acuerdo a los tratamientos descritos anteriormente y se enjuagaron con agua potable durante 1 min (Fig. 1).

El tratamiento testigo fue el lavado con hipoclorito de sodio (NaClO), con una dosis de 100 mg L⁻¹ (Allende *et al.*, 2008) que corresponde a la dosis comúnmente utilizada en la industria. Para este tratamiento se ajustó el pH con ácido cítrico a 6,3. Para todos los tratamientos, al finalizar el lavado, las hojas de rúcula fueron escurridas por 3 min sobre una malla de acero inoxidable, y centrifugadas manualmente por 1 min para remover el exceso de agua. Finalmente, 50 g de rúcula fueron envasados en bolsas de polietileno PD-960 (Sealed Air, CRYOVAC, Chile) de 26 × 21 cm. Las bolsas se termosellaron con calor (Impulse Sealer Tew Equipment Co, Hsien, Taiwán) y se almacenaron 12 días a 5 °C.

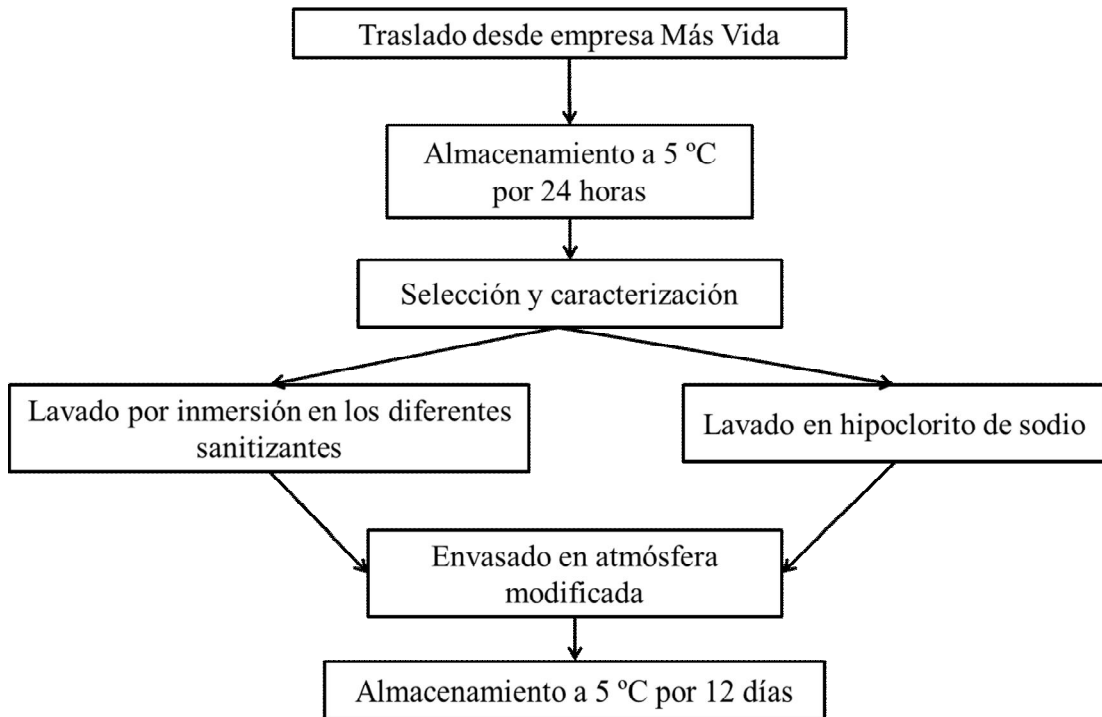


Figura 1. Diagrama de flujo para el procesamiento de hojas de rúcula.

Cuadro 1. Detalle de los tratamientos aplicados en el ensayo I a hojas de rúcula MPF.

Tratamiento	Sanitizante	Concentración (mg L ⁻¹)	pH inicial
HS 100	Hipoclorito de sodio	100	6,6
PH 25	Peróxido de hidrógeno	25	6,5
PH 50	Peróxido de hidrógeno	50	6,3
AL 8,5	Ácido láctico	8,5	2,1
AL 17	Ácido láctico	17	2,0
AC 5	Ácido cítrico	5000	2,3
AC 10	Ácido cítrico	10000	2,1

Cuadro 2. Detalle de los tratamientos aplicados en el ensayo II a las hojas de rúcula MPF.

Tratamiento	Sanitizante	Concentración (mg L ⁻¹)	pH inicial
HS 100	Hipoclorito de sodio	100	6,3
PH 25	Peróxido de hidrógeno	25	6,3
AC 5	Ácido cítrico	5000	2,8
PH 25 + AC 5	Peróxido de hidrógeno + Ácido cítrico	25 +5000	2,5

4. Evaluaciones

Las evaluaciones fueron realizadas los días 1, 5, 8 y 12 del almacenamiento a 5 °C.

4.1 Tasa respiratoria

Para este análisis se colocaron 50 g de hojas de rúcula del tratamiento testigo con cinco repeticiones en recipientes herméticos de vidrio de 1 L. Este parámetro se determinó mediante un método estático (Kader, 1992) durante 12 días, en cada día de evaluación. Los frascos estaban provistos de un septum de silicona en su tapa, a través del cual se tomaron muestras de gases de 10 mL, con una jeringa de plástico después de 90 min de cierre, tiempo en que estos alcanzaron aproximadamente un 0,5% de CO₂. La composición del espacio de cabeza fue monitoreado utilizando un cromatógrafo de gases (CG Hewlett Packard, 5890 serie II, Palo Alto, CA, EE.UU.) provisto de un detector de conductividad térmica, con una columna Porapack Q (Waters, Milford MA, EE.UU.) con una temperatura de horno e inyector de 50 °C y de detector de 200 °C. La tasa respiratoria se expresó como la producción de CO₂ (mg kg⁻¹h⁻¹).

4.2 Producción de etileno

La emisión de etileno se realizó sólo al tratamiento testigo en 5 repeticiones durante 12 días, para cada día de evaluación. Las muestras se tomaron siguiendo la metodología descrita anteriormente para la tasa respiratoria, pero tomando una muestra de gases de 1 mL, con jeringa de plástico después de 90 min de cierre. Estas muestras se inyectaron en un cromatógrafo de gases (Agilent technologies 7820A, CG System, EE.UU.) provisto de un detector de ionización de llama y una columna Porapack QN 80/100 (1,2 mm y 3,18 mm) (Norwalk, CT, EE.UU.). La temperatura del horno, del detector y del FID fue de 50, 200 y 200 °C respectivamente. Se utilizó gas helio como gas transportador con un flujo de 60 mL

min⁻¹. Diariamente el equipo se calibró con un gas patrón de 1,26 ppm de etileno. Los resultados se expresaron en $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

4.3 Composición gaseosa de la atmósfera modificada

La evolución de la concentración de gases de CO₂ y O₂ al interior de la bolsa de polietileno se determinó durante 12 días para cada día de evaluación con un analizador de gases manual (Checkpoint, PBI Dansensor, Ringsted, Dinamarca). La composición atmosférica se expresó en porcentajes de CO₂ y O₂.

4.4 Análisis microbiológico

Previo al lavado se almacenaron 3 repeticiones de 10 g de hojas de rúcula para evaluar la materia prima. Se tomó una muestra de 10 g de hojas de cada repetición por cada tratamiento los días 1 8 y 12 de almacenamiento. Las muestras se mezclaron con 90 mL de agua peptonada estéril y se homogenizaron durante 2 min en un masticador (Stomacher, IUL Instruments, Barcelona, España) en una bolsa estéril. Se realizaron diluciones seriadas necesarias para obtener recuentos correctos y replicables (Martínez-Sánchez, 2008) y se sembraron en los medios de cultivo y se incubaron en las condiciones respectivas para el recuento de los distintos grupos microbianos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Detalle de los medios de cultivo y las condiciones de incubación para los análisis microbiológicos.

Microorganismo	Medio de cultivo	Condiciones incubación (°C-días)
Aerobios mesófilos (RAM)	Placa Agar de Conteo (PAC) (DIFCO)	37 - 2
Bacterias Psicrófilas	Placa Agar de Conteo (PAC) (DIFCO)	4 - 7
Enterobacterias	Agar Eosina Azul de Metileno (EAM) (MERCK)	37 - 2
Levaduras	Papa Dextrosa (PD) (MERCK)	25 - 5
Hongos	Papa Dextrosa (PD) (MERCK)	25 - 5

4.5 Color

El color de las hojas se midió en la zona adaxial, utilizando un colorímetro compacto triestímulo (Minolta Chroma meter, CR-300, Ramsey, NJ, EE.UU.) con luminante D65, un ángulo observador de 0° y calibrado con un estándar blanco, usando el sistema CIELab. Los valores de los parámetros se expresaron como luminosidad (L), croma (C*) y tonalidad (Hue). El color se midió en 10 hojas de cada repetición por tratamiento (Artés-Hernández *et al.*, 2008). En la Figura 2, se muestra una escala visual de color con los respectivos valores

de luminosidad, croma y tonalidad. Los resultados obtenidos se asociaron a un número de dicha escala de 1 a 5, donde 1 corresponde al color verde amarillo y el 5 al verde oscuro.



1	2	3	4	5
L: 60,9	51,9	47,7	46,4	39,1
C*: 39,7	35,7	30,9	29,5	25,2
Hue: 108,4	121,5	124,3	125	128

Figura 2. Escala gradual de color para hojas de rúcula.

4.6 Calidad sensorial

Se utilizó el método de análisis descriptivo-cuantitativo, aplicado a un panel de 12 jueces semi-entrenados usando una pauta no estructurada con una escala de 0 a 15 cm (Anexo I) de acuerdo con Araya (2007), donde se evaluaron apariencia, intensidad de color, turgencia y sabores extraños. Las muestras de rúcula proporcionadas a los evaluadores se obtuvieron de tres repeticiones por tratamiento.

4.7 Parámetros químicos

Los parámetros químicos fueron evaluados durante el segundo ensayo realizado en el mes de marzo de 2011. La extracción para obtener la concentración de azúcares y vitamina C fueron realizados bajo luz infrarroja para evitar su degradación. La materia prima sólo fue evaluada previo al lavado.

4.7.1 Concentración de azúcares

Se determinaron la concentración de glucosa, fructosa y sacarosa. Estos análisis se realizaron por medio de cromatografía líquida de alta resolución (CLAR), para lo cual se tomaron 40 g de hojas de rúcula por repetición que se homogenizaron en licuadora y el jugo

extraído se filtró a través de 4 capas de gasa, para eliminar la mayor cantidad de partículas presentes y se alicuotaron en tubos eppendorf y conservándose a -80 °C hasta su análisis.

Las muestras de jugo fueron centrifugadas en tubos eppendorf, a 4 °C, y $18620 \times g_n$ empleando una centrifuga (Z 32K, Hermle Labortechnik, Wehngen, Alemania) durante 15 minutos. El sobrenadante fue filtrado a través de cartuchos Millex y Sep Pack (Waters, MA, EE.UU.), estos últimos fueron previamente activados con 1 mL de metanol y 1 mL de agua calidad miliQ. El filtrado se almacenó a -80 °C en tubos eppendorf nuevos y debidamente rotulados hasta su análisis en CLAR.

Las muestras se analizaron en cromatógrafo de líquidos (Merk, Lachrom, Alemania) con una columna Zorbax (Agilent technologies, Oswego, IL, EE.UU.) de $4,6 \times 150$ mm, 5 μ m, a una temperatura de 30 °C, durante 15 min, usando como fase móvil una solución de acetonitrilo:agua deionizada (80:20) y un flujo de 1,5 mL min⁻¹. Se inyectaron 10 μ L de cada muestra. La concentración de azúcares fue expresado como mg g⁻¹ de peso fresco (mg g_{pf}⁻¹).

4.7.2 Concentración de vitamina C

La concentración de ácido ascórbico (AA) y de ácido dehidroascórbico (DHAA) fueron determinados mediante CLAR. Las soluciones estándar, condiciones de columnas y los procedimientos de derivatización fueron descritos anteriormente por Zapata y Dufour (1992) modificado por Tudela *et al.* (2002) y adecuado en la presente memoria a las condiciones de laboratorio.

Al jugo obtenido en la preparación de las muestras para la determinación de azúcares se ajustó el pH entre 2,2 a 2,4. El jugo se centrifugó en tubos eppendorf a 4 °C, y $18620 \times g_n$ durante 15 minutos. El sobrenadante fue filtrado a través de cartuchos Millex y Sep Pack, estos últimos fueron previamente activados con 1 mL de metanol y 1 mL de agua calidad miliQ.

Previamente al análisis se tomaron 750 μ L de muestra y se le añadieron 250 μ L de solución OPDA (Ortofenildiamina) (34 mg 100 mg⁻¹) para la derivatización del DHAA a DFQ (3-(1,2-dihydroxyethyl) furo [3,4-b] quinoxalina-1-one), durante 45 min en oscuridad a temperatura ambiente. Posteriormente 20 μ L de la muestra fue inyectada en el cromatógrafo.

Las muestras se analizaron en cromatógrafo de líquidos (Merk, Lachrom, Alemania) con una columna Kromasil 100 C₁₈ (Tecnokroma, Barcelona, España) de 250 mm \times 4 mm, 5 μ m, a una temperatura de 30 °C, durante 15 min, usando como fase móvil MeOH:H₂O (5:95 v/v) con 5 mM de cetramida y 50 mM de fosfato de potasio dehidrogenado a un pH

de 4,5 con un flujo de $0,9 \text{ mL min}^{-1}$. Las concentraciones de ácido ascórbico fueron detectados a 261 nm, mientras que las concentraciones de ácido dehidroascórbico a 348 nm. La concentración de vitamina C fue expresado como $\text{mg g}_{\text{pf}}^{-1}$.

4.7.3 Contenido de fenoles totales

Para la preparación de las muestras, se tomó 1 g de hojas de rúcula por repetición y se homogenizaron con un Ultra – Turrax IKA (T18 Basic, Alemania) en una solución hidroalcohólica de 9 mL de MeOH/H₂O (1:1) (v/v) durante 2 min a $19243 \times \text{g}_n$. Luego el homogenizado se centrifugó durante 30 min a $10000 \times \text{g}_n$ (Z 32K, Hermle Labortechnik, Wehngen, Alemania). El sobrenadante se recuperó y filtró con papel Whatman n° 2 (Schleicher & Schuell, Inglaterra).

La determinación de fenoles totales se llevó a cabo según el método colorimétrico con el reactivo Folin Ciocalteu (Sinlgeton y Rossi, 1965) con algunas modificaciones. Una muestra de 500 μL de extracto de hojas de cada repetición fueron mezclados con una solución (1:99) (v:v) de tartrato de sodio potasio 0,095 M y carbonato de sodio 0,073 M. Luego se agitaron y se mantuvo por 15 min a temperatura ambiente. Posteriormente, se agregó 1 mL de una solución de reactivo Folin: agua 1:1 (v:v), se agitó y se incubó 1 h en oscuridad a temperatura ambiente. La absorbancia de esta mezcla se midió a 660 nm en un espectrofotómetro (T70 UV – Vis, PGInstrument Ltd, AlmaPark, Woodway Lane, Reino Unido). Los resultados fueron expresados como mili equivalentes de ácido gálico (EAG) g^{-1} peso fresco.

5. Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron evaluados con un análisis de varianza (ANDEVA) y un nivel de confianza del 95%. En caso de existir diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó la prueba de comparaciones de TUKEY al 5%.

Todos los resultados de las determinaciones fueron analizados estadísticamente mediante el programa de software estadístico JMP 8 SAS Institute Inc. (Cary, NC, EE.UU.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ENSAYO I

1. Resultados

1.1 Tasa respiratoria

El día del procesamiento las hojas de rúcula presentaron una tasa respiratoria de $46,7 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. La mayor tasa respiratoria registrada inmediatamente después del procesamiento pudo deberse a una respuesta al estrés que provocó el procesamiento de las hojas, lo que generalmente disminuye durante las 24 horas posteriores (Martínez-Sánchez *et al.*, 2008).

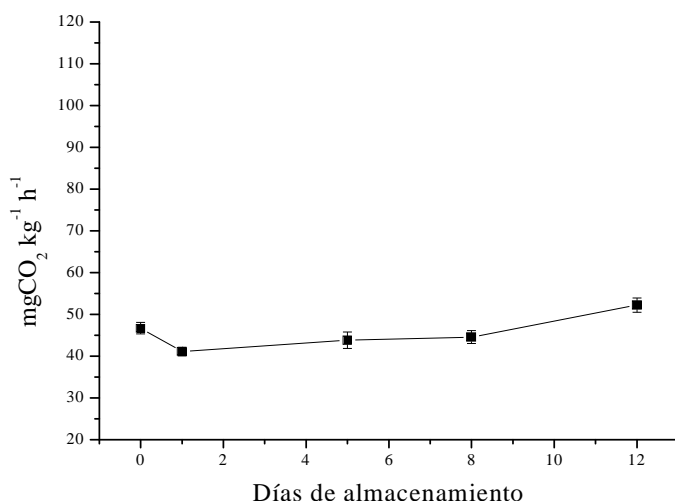


Figura 3. Evolución de la tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) en hojas de rúcula lavadas con hipoclorito de sodio y conservadas 12 días a 5°C . Valores corresponden a medias ($n=5$) \pm ES.

El día 1 la producción de CO_2 disminuyó a $41,1 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, para luego ir en aumento durante el almacenamiento (Fig. 3). Los días 5 y 8 no mostraron ser diferentes del día 1 (Apéndice I, Cuadro 1), sin embargo el día 12 la producción fue de $52,2 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ observándose diferencias significativas con las mediciones de los días intermedios pero no al día de procesamiento. Por otro lado, Kader (2002) señala que las hojas de rúcula tienen una tasa respiratoria de 50 a $60 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a 5°C , que concuerda con los resultados mostrados.

1.2 Composición gaseosa

La atmósfera en el interior de los envases presentó un aumento de las concentraciones de CO_2 y disminución de O_2 como consecuencia de la respiración de las hojas de rúcula y de la permeabilidad de la bolsa (Fig. 4). El día posterior al procesamiento las concentraciones de CO_2 fueron inferiores a 4,4% y las de O_2 superiores a 16% sin diferencias significativas entre los tratamientos (Apéndice I, Cuadros 2 y 3).

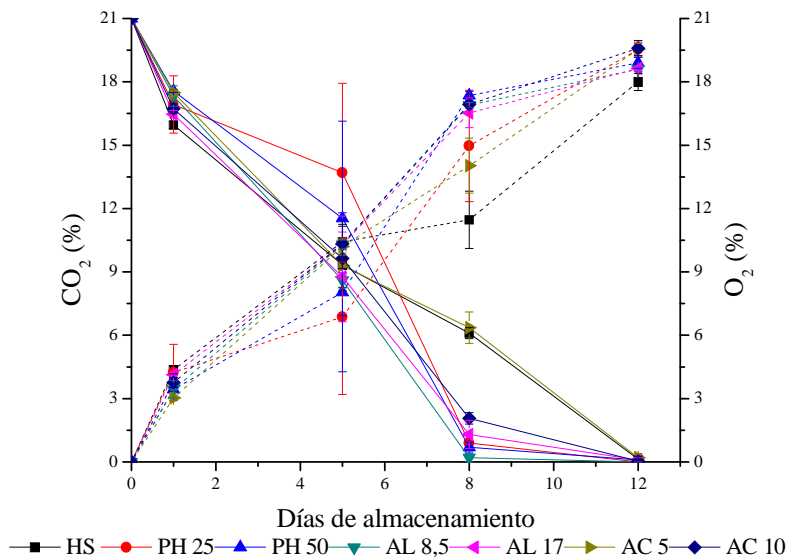


Figura 4. Evolución en las concentraciones de CO_2 (---) y O_2 (—) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C bajo atmósfera modificada. Valores corresponden a medias ($n=3$) \pm ES.

En el día 8 los tratamientos AL 8,5; PH 25 y PH 50 alcanzaron concentraciones sobre 15% de CO_2 y por debajo del 1% de O_2 y. El día 12 todos los tratamientos presentaron valores sobre el 18% de CO_2 y por debajo del 1% de O_2 . Según Martínez- Sánchez *et al.*, (2006b), una atmósfera de 3 a 5% de O_2 y 8 a 10% de CO_2 sería recomendada para hojas de rúcula.

1.3 Análisis microbiológico

1.3.1 Aerobios mesófilos

La materia prima presentó una carga microbiana de 4,5 log UFC g^{-1} (Fig. 5). El día 1, los tratamientos PH 25 y HS 100 fueron los más efectivos en la reducción con recuentos de 2,3 y 2,6 log UFC g^{-1} , mientras que los tratamientos AL 17 y AC 5 no lograron reducir significativamente los recuentos con valores de 3,7 y 4,0 log UFC g^{-1} respectivamente

(Apéndice I, Cuadro 3). El resto de los tratamientos tuvieron recuentos en un rango de 3,2 a 3,5 log UFC g⁻¹.

El día 8, los tratamientos con H₂O₂ mostraron ser los más efectivos en mantener recuentos bajos con valores de 3,4 log UFC g⁻¹, por otro lado HS 100 mostró un aumento significativo (Fig. 5) con un recuento de 4,5 log UFC g⁻¹ y junto con AL 17 (4,7 log UFC g⁻¹) fueron los tratamientos con los recuentos más altos para ese día.

El día 12 los tratamientos superaron el límite máximo permitido (5,7 log UFC g⁻¹) por el Ministerio de Salud sin presentar diferencias entre los tratamientos (Fig. 5).

Martínez-Sánchez *et al.*, (2006a) mostraron reducciones de 1 log UFC g⁻¹ en hojas de rúcula tratadas con ácido láctico (17 mg L⁻¹) e hipoclorito de sodio (100 mg L⁻¹) sin diferencias entre ellos. Similares resultados fueron obtenidos por Cliffe-Byrnes y O'Beirne (2005), donde redujeron los recuentos de bacterias aerobias mesófilas en 1 log UFC g⁻¹ después de tratar ensaladas de col con NaClO 100 mg L⁻¹ durante 5 min y almacenarlas por 9 días a 4 °C.

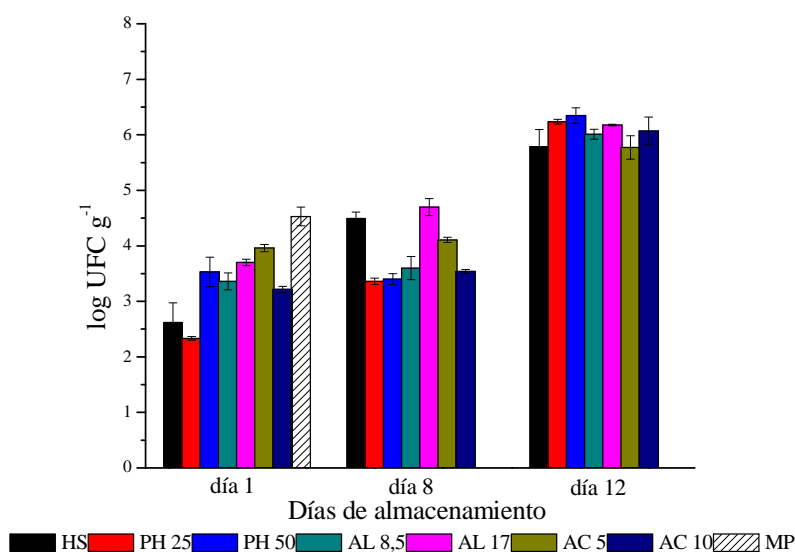


Figura 5. Recuentos de bacterias mesófilas en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas 12 días a 5° C bajo atmósfera modificada. Valores corresponden a medias (n=3) ± ES.

1.3.2 Enterobacterias

La materia prima presentó un recuento de 4,6 log UFC g⁻¹. El día 1, la rúcula tratada con HS 100 mostró ser el más efectivo en la reducción de los recuentos de enterobacterias (1,4 log UFC g⁻¹). PH 25 también logró ser efectivo en la reducción con recuentos de 2,4 log UFC g⁻¹ (Apéndice I, Cuadro 4). Los tratamientos con ácido cítrico en sus dos dosis junto con AL 8,5 redujeron los recuentos a un rango de 3,1 a 3,4 log UFC g⁻¹ sin diferencias entre ellos.

El día 8, los tratamientos HS 100, PH 50 y AC 10 mostraron los recuentos más elevados con un rango de 4,2 a 4,4 log UFC g⁻¹ sin diferencias entre ellos, mientras que el resto de los tratamientos mantuvieron recuentos por debajo de 3,5 log UFC g⁻¹ (Fig. 6).

Al final del periodo de conservación todos los tratamientos mostraron recuentos que sobrepasaron el límite máximo permitido (4,7 log UFC g⁻¹) sin existir diferencias significativas entre ellos con recuentos entre 5,4 a 6,3 log UFC g⁻¹.

En un estudio realizado por Ukuku (2004) utilizando H₂O₂ al 25 y 50 mg L⁻¹ con un tiempo de exposición de 5 min se redujo la *Salmonella* spp. en 3 log UFC g⁻¹ en melones enteros almacenado a 5 °C. Allende *et al.*, (2009) muestra una reducción de *E. coli* 0157:H7 en 1 log UFC g⁻¹ utilizando hipoclorito de sodio en una concentración de 200 mg L⁻¹, mientras que concentraciones de 6 g L⁻¹ de ácido cítrico mostraron ser poco efectivos con reducciones de *E. coli* menores a 1 log UFC g⁻¹ en hojas de cilantro. En un estudio similar Martínez-Sánchez *et al.*, (2006a) redujo la carga microbiana de coliformes en 0,5 log UFC g⁻¹, utilizando 20 mL L⁻¹ de ácido láctico, sin embargo el crecimiento fue afectado durante la conservación, inhibiendo su desarrollo hasta 2,0 log UFC g⁻¹ en hojas de rúcula almacenadas a 4°C.

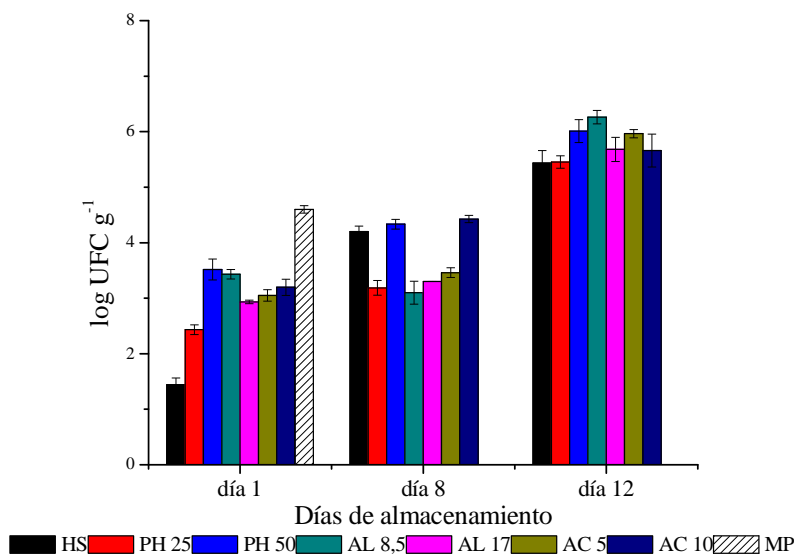


Figura 6. Recuentos de enterobacterias en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C bajo atmósfera modificada. Valores corresponden a medias ($n=3$) \pm ES.

1.3.3 Psicrófilos

La materia prima presentó un recuento de 5,7 log UFC g⁻¹. El día 1, los tratamientos con H₂O₂ en ambas concentraciones junto con HS 100 y AL 8,5 mostraron ser efectivos en la reducción de microorganismos psicrófilos disminuyendo los recuentos en 3 log UFC g⁻¹ (Fig. 7). El día 8, los tratamientos con peróxido de hidrógeno junto con el hipoclorito mantuvieron recuentos por debajo de 3,9 log UFC g⁻¹ mostrando diferencias significativas con respecto al resto de los tratamientos que mostraron recuentos sobre 5,4 log UFC g⁻¹ (Apéndice I, Cuadro 6). El último día de almacenamiento los tratamientos tuvieron recuentos de 6,5 a 6,6 log UFC g⁻¹, excepto por el tratamiento con hipoclorito que no superó las 5,9 log UFC g⁻¹ siendo significativamente menor al resto de los tratamientos.

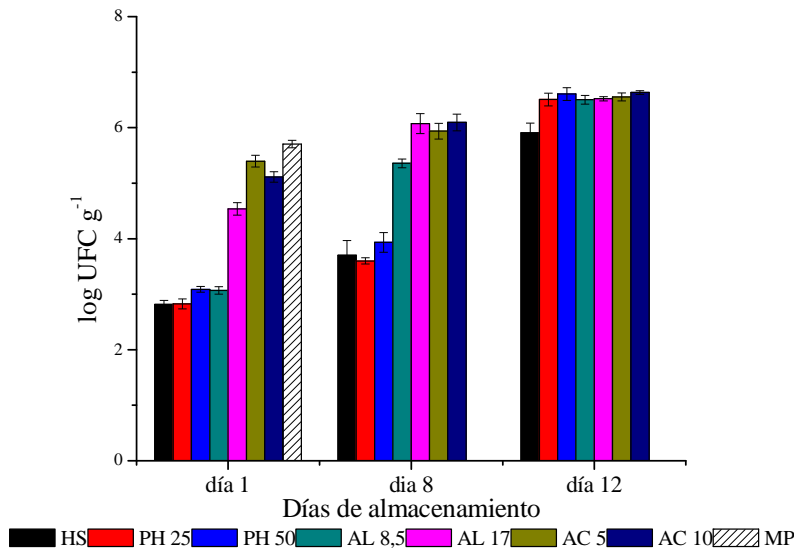


Figura 7. Recuentos de bacterias psicrófilas en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C bajo atmósfera modificada. Valores corresponden a medias (n=3) \pm ES.

En este estudio todos los tratamientos mostraron algún poder de reducción de microorganismos presentes en las hojas de rúcula, sin embargo, ya que todos los tratamientos superaron el límite máximo permitido para las enterobacterias el último día de evaluación, el período de conservación sólo podría extenderse por 8 días a 5 °C tal como ha sido observado por Martínez-Sánchez *et al.* (2006a), en hojas de rúcula lavada con diferentes sanitizantes y conservadas a 4 °C en atmósfera modificada activa.

En Estados Unidos y la mayoría de países europeos se dispone de normativas específicas para hortalizas MPF y limitan el recuento de microorganismos mesófilos a 7 log UFC g⁻¹, mientras los microorganismos patógenos no son permitidos (*Salmonella*) o son muy restringidos (*E. coli*, *L. monocytogenes*) (Oms-Oliua *et al.*, 2010; Robles, *et al.*, 2010; Martínez-Sánchez, 2008).

1.3.4 Hongos y levaduras

La materia prima tuvo recuentos de hongos y levaduras de 2,0 log UFC g⁻¹. Tras el tratamiento, las hojas de rúcula presentaron una reducción de 0 a 1,5 log UFC g⁻¹. A lo largo del período de almacenamiento los recuentos de hongos y levaduras no superaron las 2,8 log UFC g⁻¹ (datos no mostrados).

1.4 Color

1.4.1 Luminosidad (L)

El día 1, las hojas presentaron valores de 44,0 a 45,6 (Apéndice I, Cuadro 7) sin diferencias significativas entre los tratamientos. El día 5, los valores fueron de 46,3 a 46,8 sin diferencias entre ellos. El día 8, las hojas mostraron valores de 44,2 a 46,5 sin diferencias entre los tratamientos (Fig. 8). El día 12, los valores L de las hojas fueron de 46,3 a 46,8 sin diferencias entre los tratamientos.

Un valor alto de L se asocia a un color más claro (Inestroza 2011). Los valores obtenidos durante todo el almacenamiento corresponden a las categorías 4 y 5 (Fig. 2), lo que se relaciona con un color verde oscuro, por lo que, los tratamientos podrían tener un efecto positivo al mantener los valores L a lo largo de la conservación.

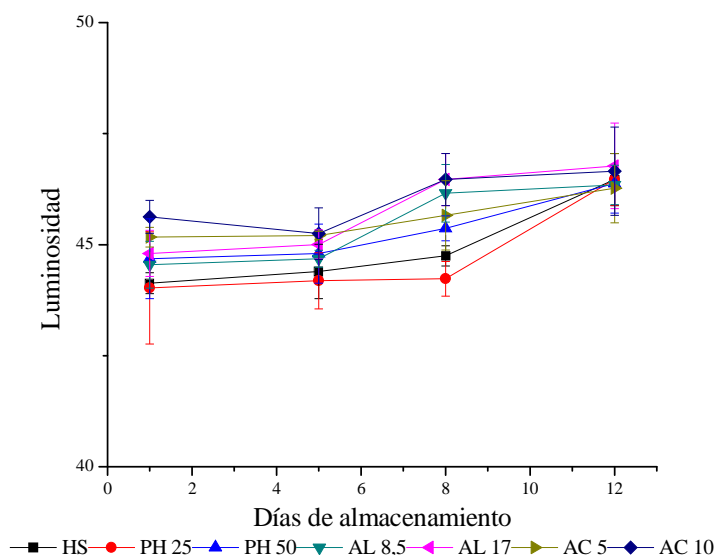


Figura 8. Valores de luminosidad (L) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C bajo atmósfera modificada durante. Valores corresponden a medias ($n=3$) \pm ES.

1.4.3 Croma

El día 1, HS 100 presentó un croma de 30,1 mientras que, en las hojas de rúcula tratadas con AL 17 se observó un valor de 33,4. El resto los tratamientos mostraron valores entre 30,4 a 31,5 sin diferencias entre ellos (Apéndice I, Cuadro 8). Los días posteriores no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos con valores de 30,9 a 32,4

(Fig. 9). Los valores mostrados se asocian a colores verde oscuro. Ver escala gradual en Fig. 2.

La poca variación del color de las hojas de rúcula podría atribuirse a concentraciones de CO₂ altas (> 10%) y de O₂ bajas (< 5%) en la atmosfera modificada pasiva. En estudios similares realizados por Lagos (2010) y Orellana (2011) encontraron que hojas de rúcula conservadas a 5°C por 15 días en atmósfera modificada pasiva con valores de 12 a 18 % de CO₂ y 1 a 5 % de O₂ conservó el color verde, en comparación al testigo en aire.

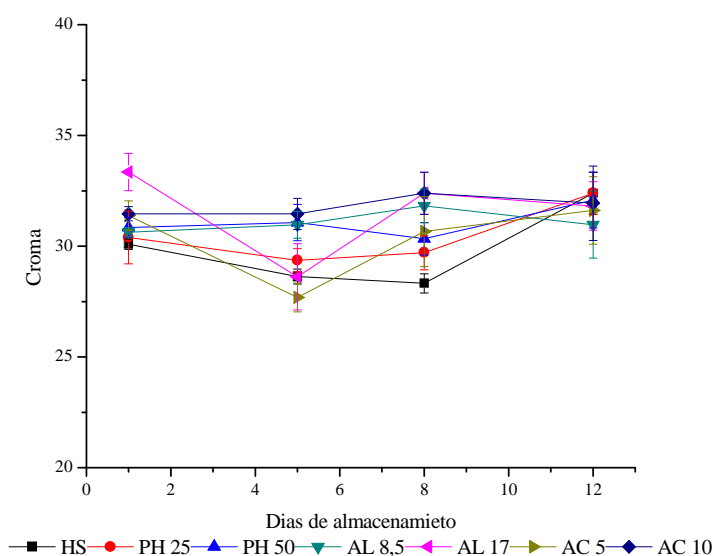


Figura 9. Valores de croma (C*) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C bajo atmósfera modificada. Valores corresponden a medias (n=3) ±ES.

1.4.2 Tonalidad

El día 1, los tratamientos con ácido láctico en sus dos concentraciones junto con AC 5 mostraron valores de tonalidad de 120,2 a 121,2 (Apéndice I, Cuadro 9). El resto de los tratamientos mostraron valores de 121,3 a 121,5 sin diferencias significativas entre ellos, excepto por HS 100 con una tonalidad de 122,6. El día 5, la tonalidad de las hojas fue de 120,1 a 122,3 sin diferencias entre los tratamientos. El día 8, los tratamientos con peróxido de hidrógeno y con hipoclorito de sodio mostraron una tonalidad de 122,6 a 123,4 sin diferencias entre ellos, mientras que AL 17 obtuvo 119,7. El último día de conservación los tratamientos alcanzaron una tonalidad de 119,5 a 121,3 (Fig. 10) sin diferencias significativas entre ellos.

La reducción en el parámetro tono en estos valores, corresponde al decrecimiento del verde y al incremento del amarillo relacionado con la marchitez y senescencia del producto (Goençalves *et al.*, 2009).

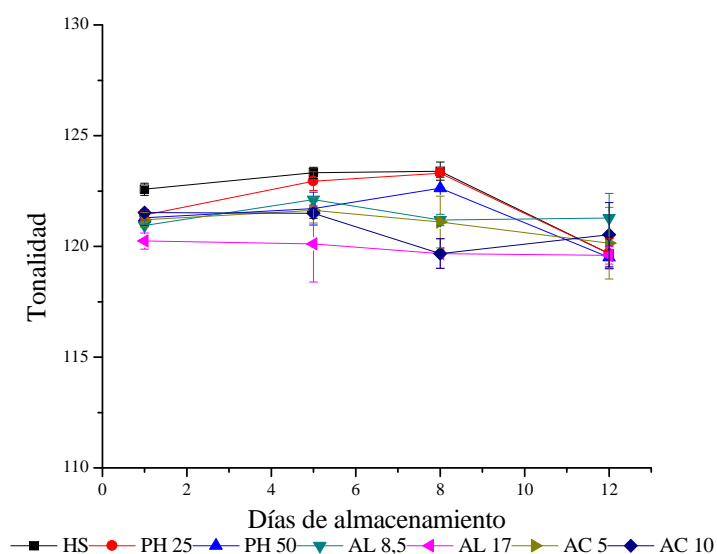


Figura 10. Valores de tonalidad en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C bajo atmósfera modificada. Valores corresponden a medias ($n=3$) \pm ES.

1.5 Calidad sensorial

1.5.1 Apariencia

Todos los tratamientos tuvieron una reducción de este atributo entre el día 1 y 12 de almacenamiento a 5 °C, observándose diferencias significativas los días 5, 8 y 12.

El día 1, los tratamientos fueron aceptables, sin existir diferencias significativas entre ellos con valores entre 10,0 a 12,3 (Apéndice I, Cuadro 10). El día 5, AL 8,5 y AL 17 obtuvieron valores de 8,1 y 7,8 respectivamente, mostrando ser diferentes significativamente al resto de tratamientos que estuvieron sobre 9,9. El día 8, HS 100 obtuvo la mejor calificación con 11,5 mostrando ser diferente al resto de los tratamientos. Sin embargo, AL 8,5 fue el peor evaluado con una calificación de 7,2 bajo la media de aceptación. El resto de los tratamientos obtuvieron valores de 9,3 a 9,8 sin diferencias significativas entre ellos (Fig.11 A). El día 12 de conservación, los tratamientos AL 8,5 y AL 17 obtuvieron calificaciones por debajo de 2 siendo los tratamientos peor evaluados. El tratamiento PH 50 obtuvo un valor de 6,9 siendo diferente del resto de los tratamientos que mostraron valores sobre 7,8

quedando sobre la línea media de aceptación. El tratamiento HS 100 fue el mejor evaluado con 10,2 con la mejor apariencia al final de la conservación, siendo significativamente diferente del resto (Apéndice I, Cuadro 9).

Martínez-Sánchez *et al.*, (2006a), al tratar hojas de rúcula con diferentes sanitizantes y conservadas en atmósfera modificada (1 a 3 % O₂ y 11 a 13 % CO₂), encontraron que ácido láctico 20 mL L⁻¹ afectó de forma negativa la apariencia después de 12 días a 4 °C, por otro lado también observaron que estas atmósferas altas en CO₂ y bajas en O₂ afectan la calidad visual respecto a las hojas conservadas en aire.

1.5.2 Intensidad del color verde

Todos los tratamientos estuvieron sobre la media aceptable de intensidad de color (Fig. 11 B) con valores entre 8,1 a 12,5 siendo aceptables por los jueces, durante todo el período de conservación a 5 °C, sin presentar diferencias significativas entre ellos, (Apéndice I, Cuadro 11).

El color instrumental presentado anteriormente mostró que el color verde oscuro fue conservado durante el período de conservación lo que explica que todos los tratamientos presentaran calificaciones de intensidad de color verde aceptable en todas las evaluaciones.

Inestroza (2011) obtuvo resultados similares en hojas de rúcula lavadas con hipoclorito de sodio 100 mg L⁻¹ y H₂O₂ 30 mg L⁻¹ con calificaciones sobre 7,5 después de 13 días de conservación a 5 °C.

El color juega un rol fundamental en la elección de los alimentos, en su preferencia y por ende en su aceptabilidad (Rico *et al.*, 2007). Ninguno de los sanitizantes utilizados en este ensayo, afectó negativamente este parámetro.

1.5.3 Turgencia

El día 1, se obtuvieron valores de 10,0 a 12,6 sin diferencias entre los tratamientos (Apéndice I, Cuadro 12). El día 5, los tratamientos obtuvieron valores de 9,0 a 10,9 sin diferencias significativas. El día 8, HS 100 y AC 10 obtuvieron un valor de 10,3 siendo los mejor evaluados, mientras que los tratamientos AL 8,7 y AL 17 valores de 6,5 y 7,8 respectivamente siendo significativamente diferente al resto de los tratamientos que mostraron valores de 9,4 a 9,8. El último día de almacenamiento, HS 100 y AC 10 fueron los mejor evaluados con valores de 9,0 y 8,4 respectivamente. El resto de los tratamientos obtuvo valores bajo la línea de aceptación (Fig. 11 C) con valores bajo 5,3 siendo los tratamientos con ácido láctico los peor evaluados con valores bajo 1,5.

1.5.4 Sabores extraños

Los valores se mantuvieron sobre 9,2 durante los primeros 5 días sin presentar diferencias significativas entre los tratamientos (Fig. 11 D). El día 8, AL 8,5 obtuvo un valor de 4,6 siendo diferente al resto de los tratamientos que alcanzaron valores de 7,0 a 9,3 (Apéndice I, Cuadro 13). El día 12, los tratamientos AL 8,5; AL 17 y PH 25 obtuvieron valores de 2,7 mientras que los tratamientos HS 100 y AC 10 6,9 y 7,8 respectivamente, siendo éstos últimos significativamente superiores.

Cabe destacar, que los sanitizantes utilizados, exceptuando el ácido láctico, mantuvieron un rango por sobre el límite medio de aceptación para apariencia e intensidad de color. Estos parámetros determinan la calidad visual e incidirán en la decisión de compra del producto (Martínez-Sánchez 2008).

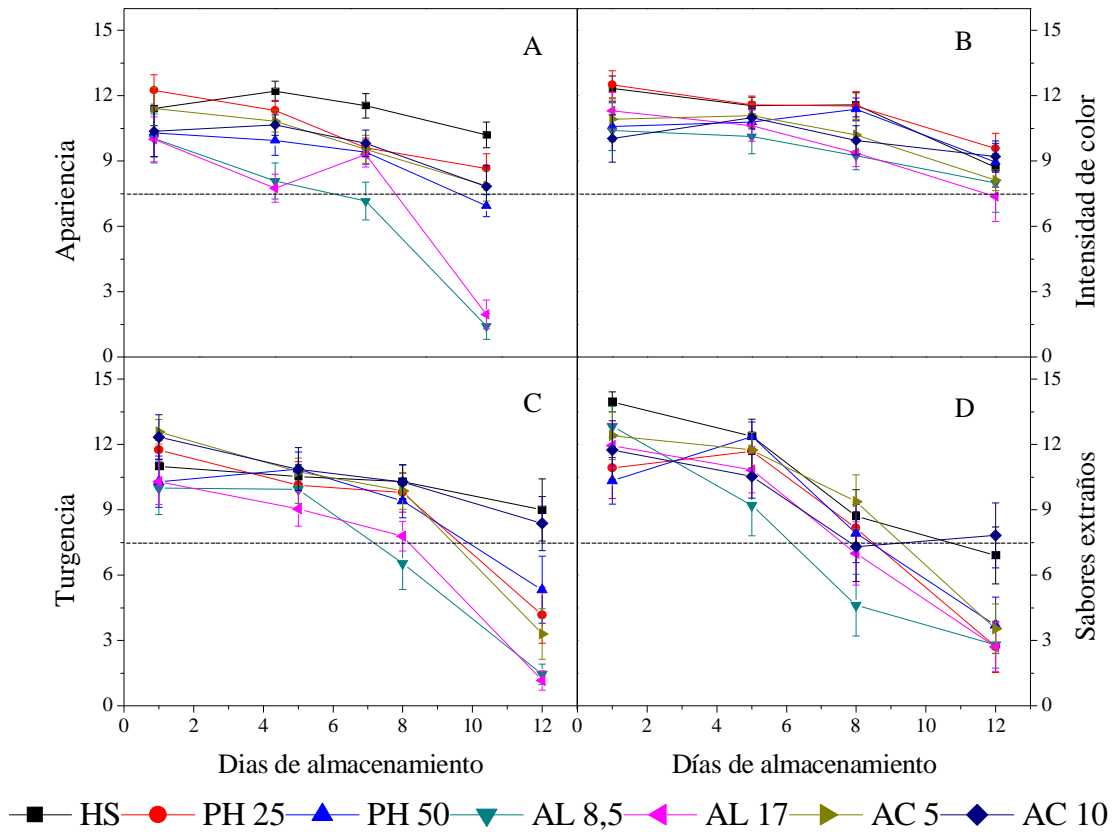


Figura 11. Evolución de la apariencia (A), intensidad de color (B), turgencia (C) y sabores extraños (D) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C bajo atmósfera modificada. Valores corresponden a medias (n=12) \pm ES. Línea punteada representa valor medio de aceptación.

ENSAYO II

1. Resultados

1.1 Tasa respiratoria

La tasa respiratoria el día de procesamiento fue de $75,1 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Apéndice II, Cuadro 1) siendo mayor a la obtenida en el primer ensayo. El día 1, la tasa respiratoria mostró el nivel significativamente más alto con $107,9 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Fig.11). El día 5, la tasa respiratoria disminuyó a $64,3 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ para mantenerse a valores similares a los obtenidos en el primer ensayo. El aumento de la tasa el día posterior al procesamiento pudo deberse a la respuesta fisiológica al estrés provocado por este, similar al observado por Allende y Artés (2003) en hojas de lechuga picadas.

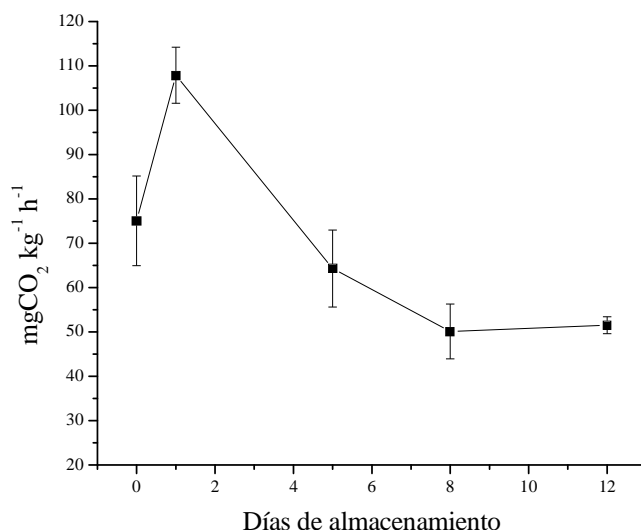


Figura 11. Evolución de la tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) en hojas de rúcula lavadas con hipoclorito de sodio y conservadas 12 días a $5 \text{ }^\circ\text{C}$ en aire. Valores corresponden a medias ($n=5$) \pm ES.

1.2 Producción de etileno

Como se observa en la Figura 2 el día 1 la producción de etileno fue de $0,6 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ siendo diferente a la producción de los días posteriores que fue de $0,3$ a $0,4 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Apéndice II, Cuadro 2).

Según Kader (2002), las hojas de rúcula presentan una producción de etileno muy baja ($< 0,1 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$), siendo altamente susceptible a éste gas. Sin embargo en este

estudio la producción de etileno fue mayor especialmente el día posterior al procesamiento. Según Gorny (2003), atmósferas modificadas con O₂ bajo y CO₂ alto reducen la biosíntesis del etileno. Al ser las hojas de rúcula susceptible al etileno, el uso de estas atmósferas en el interior del envase, pueden reducir la producción de etileno y mejorar la apariencia de las hojas.

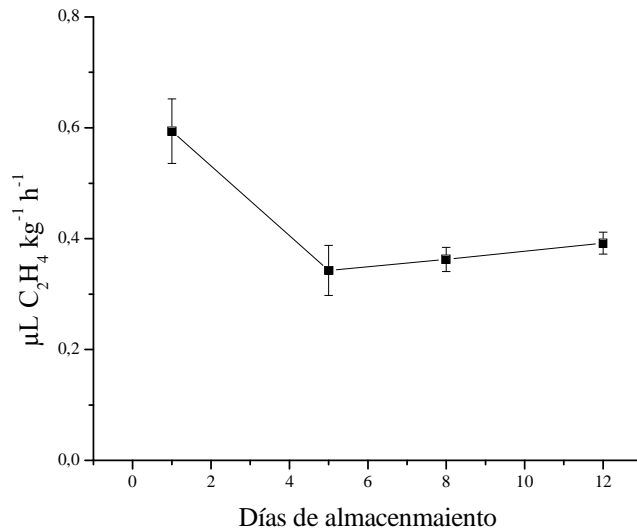


Figura 12. Evolución de la producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) en hojas de rúcula lavadas con hipoclorito de sodio y conservadas 12 días a 5 °C en aire. Valores corresponden a medias ($n=5$) \pm ES.

1.3 Composición gaseosa

Hasta el día 5, no hubo diferencias significativas entre tratamientos con concentraciones de CO₂ de 0 a 0,4% y 7,8 a 8,4% (Fig. 13). El día 8, se alcanzaron diferencias significativas en AC 5, que presentó la concentración más alta de CO₂ con 15,2%, mientras que PH 25 + AC 5 obtuvo 12,2%. Los tratamientos HS 100 y PH 25 mostraron concentraciones de 12,9 y 13,5% respectivamente sin diferencias entre ellos (Apéndice II, Cuadro 3). El día 12, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos alcanzando 17,1 a 18,2% CO₂.

Las concentraciones de O₂ no mostraron diferencias significativas hasta el día 5 con valores de 19,3 a 19,9% el día 1 y 10,8 a 11,8% el día 5. El día 8, AC 5 mostró una concentración de 2,3%, mientras que PH 25 + AC 5 presentó 6,3% O₂ (Fig. 13). El día 12, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con valores de 0,1 a 0,4% de O₂ (Apéndice II, Cuadro 4).

Según Kader (2002), algunas hortalizas como perejil, espinaca y cilantro mejoran su conservación en atmósferas de 5 a 10% y 5 a 8% de O₂. En este ensayo estas concentraciones fueron alcanzadas entre el día 6 y 10.

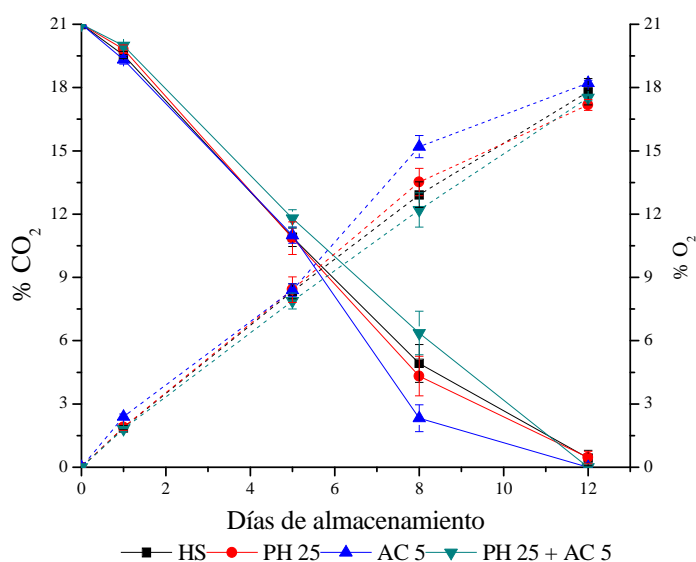


Figura 13. Evolución en las concentraciones de CO₂ (---) y O₂ (—) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C bajo atmósfera modificada. Valores corresponden a medias (n=3) ± ES.

1.4 Análisis microbiológico

1.4.1 Aerobios mesófilos

Los diferentes agentes sanitizantes no mostraron diferencias significativas entre ellos en la reducción de aerobios mesófilos, pero sí con respecto a la carga microbiana inicial de la materia prima (Apéndice II, Cuadro 5). La materia prima presentó una carga de 6,2 log UFC g⁻¹. Como se observa en la Figura 14 los tratamientos lograron reducir la carga en 1 log UFC g⁻¹. El día 8, HS 100 presentó recuentos de 6,5 log UFC g⁻¹, diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos obtuvieron 7,1 a 7,3 log UFC g⁻¹. El día 12, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con recuentos de 7,2 a 7,5 log UFC g⁻¹.

Ukuku (2004), logró una reducción de 1 log UFC g⁻¹ en melones cortados conservados a 5 °C, como resultado de la aplicación de H₂O₂ en dosis de 25 y 50 mg L⁻¹ por 5 min. En estudios similares se logró una reducción de aproximadamente 1 log UFC g⁻¹ en hojas de rúcula utilizando NaClO (100 mg L⁻¹) (Martínez-Sánchez *et al.*, 2006a y Inestroza, 2011).

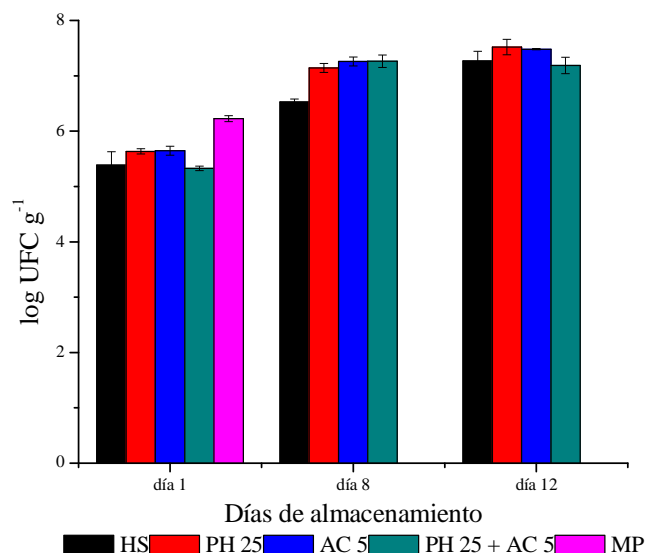


Figura 14. Recuentos de bacterias mesófilas en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas 12 días a 5° C bajo atmósfera modificada. Valores corresponden a medias (n=3) ± ES.

1.4.2 Enterobacterias

La materia prima obtuvo recuentos de 6,0 log UFC g⁻¹ (Fig. 15). El día 1, PH 25 + AC 5 mostró recuentos de 4,6 log UFC g⁻¹, mientras que las hojas lavadas con PH 25 y AC 5 tuvieron recuentos de 5,2 a 5,3 log UFC g⁻¹ (Apéndice II, Cuadro 6). El tratamiento HS 100 no mostró diferencias significativas con respecto a la materia prima el día 1 (5,9 log UFC g⁻¹). El día 8, se observaron diferencias significativas donde PH 25 y AC 5 tuvieron recuentos de 6,8 a 6,9 log UFC g⁻¹, mientras que los tratamientos HS 100 y PH 25 + AC5 tuvieron recuentos de 6,5 log UFC g⁻¹. El día 12, no se observaron diferencias entre los tratamientos con recuentos de 7,1 a 7,5 log UFC g⁻¹.

En este experimento se observó una posible sinergia entre el peróxido de hidrógeno y el ácido cítrico, ya que lograron reducir significativamente la carga microbiana con respecto a su acción individual. Cabe destacar que en el ensayo anterior los diferentes tratamientos sanitizantes redujeron la carga en 2 a 3 log UFC g⁻¹, mientras en este la reducción fue menor, esto puede deberse a que la carga inicial en el ensayo II fue de 2 log UFC g⁻¹. Según Martínez-Sánchez (2008), la carga inicial afecta el modo de acción y efecto de los sanitizantes.

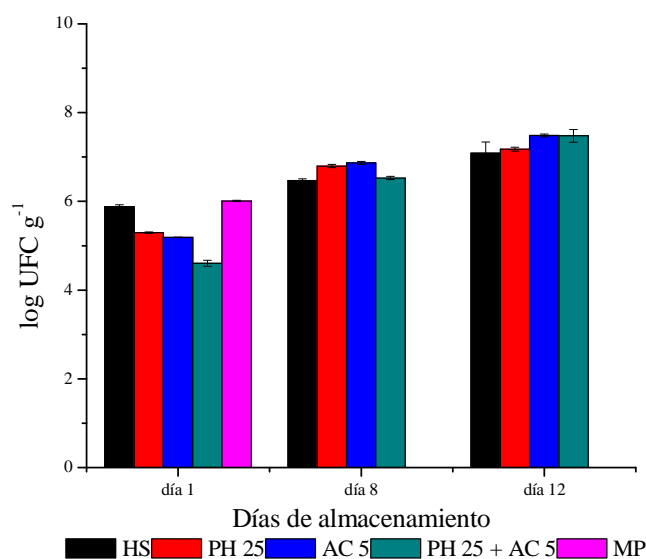


Figura 15. Recuentos de enterobacterias en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C bajo atmósfera modificada. Valores corresponden a medias (n=3) \pm ES.

1.4.3 Psicrófilos

Los recuentos de la materia prima fueron de 5,2 log UFC g⁻¹. Los tratamientos HS 100 y PH 25 no lograron reducciones significativas respecto a la materia prima con recuentos de 4,9 y 5,0 log UFC g⁻¹ respectivamente (Apéndice, Cuadro 7). Los tratamientos AC 5 y PH 25 + AC 5 redujeron de forma significativa la carga microbiana aproximadamente en 1 log UFC g⁻¹ (Fig. 16). El día 8, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos donde HS 100 y PH 25 obtuvieron recuentos de 6,8 log UFC g⁻¹ mientras que AC 5 y PH 25 + AC 5 obtuvieron recuentos de 7,5 y 7,4 log UFC g⁻¹ respectivamente. El día 12, los recuentos fueron de 7,3 a 7,8 log UFC g⁻¹ sin diferencias entre los sanitizantes.

En un estudio realizado en lechuga picada y almacenada a 5 y 10 °C, Beuchat y Brackett (1990) observaron que el cloro (100 mg L⁻¹) no fue eficaz en reducir las poblaciones de psicrófilos, pero sí lo fue en bacterias mesófilos.

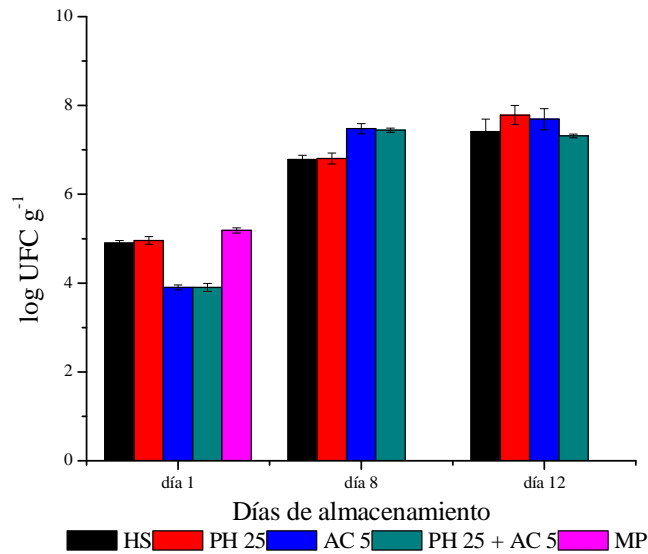


Figura 16. Recuentos de psicrófilos en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C bajo atmósfera modificada. Valores corresponden a medias ($n=3$) \pm ES.

1.5 Color

1.5.1 Luminosidad (L)

Durante 12 días a 5 °C no se observaron diferencias entre los tratamientos (Fig. 17). Los valores L fueron 43,2 a 45,5 (Apéndice II, Cuadro 8). Estos valores, según la Figura 2, correspondieron a un color verde oscuro. En el anterior ensayo, el parámetro luminosidad mostró leves cambios durante la conservación, pero siempre con un color verde oscuro. En un estudio realizado por Orellana (2011), las hojas de rúcula almacenadas por 12 días a 5 °C en atmósfera modificada mostraron valores L entre 42 y 46 (verde oscuro) diferenciándose de aquellas almacenadas al aire.

1.5.2 Croma (C*)

En la Figura 18 se puede observar como los valores de croma se mantuvieron constantes durante la conservación. Los tratamientos tuvieron un croma de 28,0 a 31,6 sin diferencias entre ellos (Apéndice II, Cuadro 9).

Koukounaras *et al.* (2007), al estudiar hojas de rúcula de diferentes estados de madurez y conservadas por 10 días a 10 °C, observaron que en la variable color, el parámetro C* y L aumentaron significativamente, mientras la tonalidad disminuyó. Del mismo modo señalan

que el color es la característica más importante en las hojas de rúcula, siendo el mayor problema en postcosecha el amarillamiento por degradación de la clorofila.

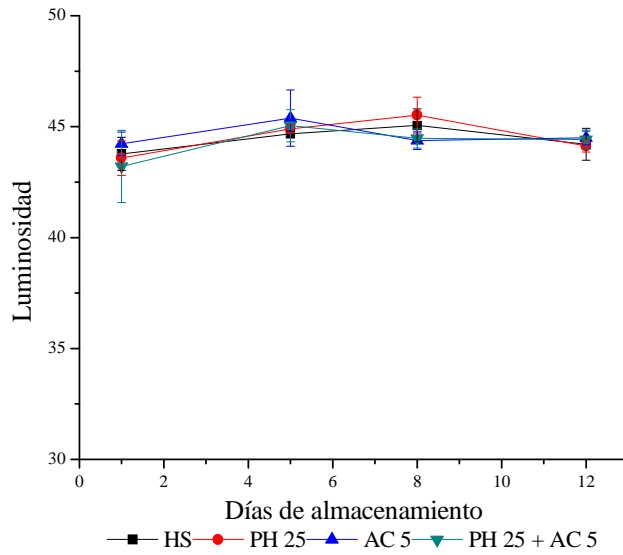


Figura 17. Valores de luminosidad (L^*) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C bajo atmósfera modificada. Valores corresponden a medias ($n=3$) \pm ES.

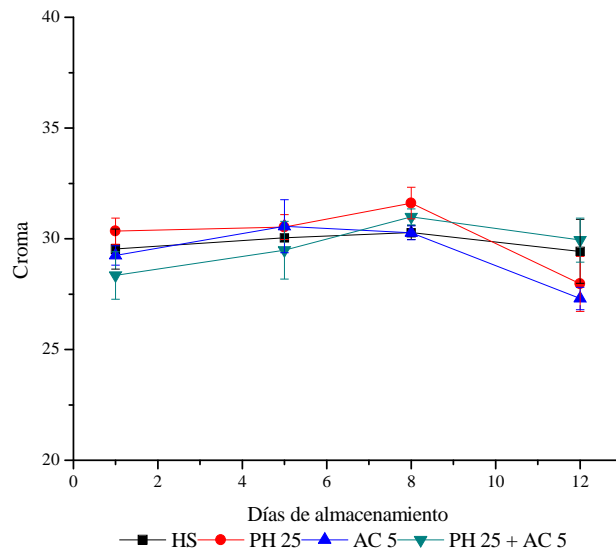


Figura 18. Croma (C^*) del color de las hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C bajo atmósfera modificada. Valores corresponden a medias ($n=3$) \pm ES.

1.5.3 Tonalidad

La tonalidad fue de 121,2 a 123,4 (Fig. 19) durante 12 días a 5 °C sin diferencias significativas entre los tratamientos (Apéndice II, Cuadro 10).

Similares resultados fueron observados en el primer ensayo. Los valores obtenidos muestran que el del color verde oscuro se mantuvo durante todo el periodo de conservación. Oms-Oliu *et al.* (2009), señalan que atmósfera con O_2 bajo y 3 a 5% CO_2 combinadas con bajas temperaturas de almacenamiento y alta humedad relativa, retrasan el amarillamiento de las hojas.

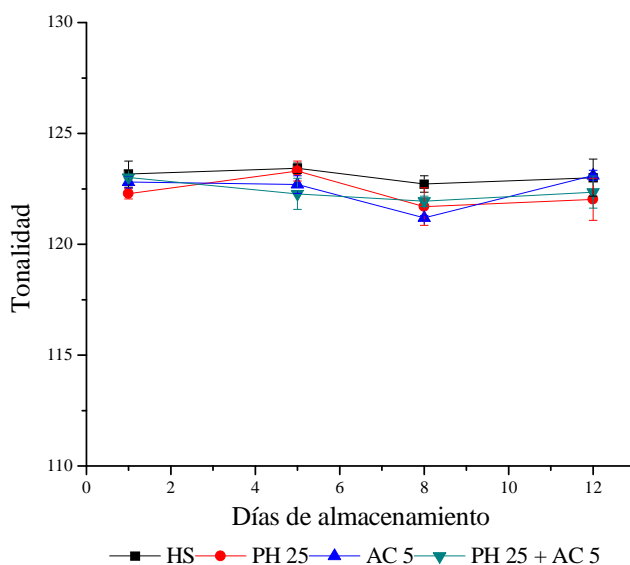


Figura 19. Valores de tonalidad (Hue) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C bajo atmósfera modificada. Valores corresponden a medias ($n=3$) \pm ES.

1.6 Evaluación sensorial

1.6.1 Apariencia

El día 1, los tratamientos HS 100 y PH 25 obtuvieron valores de 11,7 y 11,8 respectivamente, diferenciándose de AC 5 (9,4) (Apéndice II, Cuadro 11). El día 5, PH 25 presentó un valor de 10,1 siendo significativamente diferente al resto de los tratamientos que obtuvieron valores de 11,2 a 11,7. En la Figura 20 A se observa en todos los tratamientos disminuyó la apariencia. El tratamiento AC 5 presentó un valor 6,8 diferenciándose del resto de los tratamientos con valores sobre 7,5 y en PH 25 + AC 5 se obtuvo un valor de 10,5. El día 12, AC 5 tuvo un valor de 0,8 siendo significativamente inferior al resto de los tratamientos. Los tratamientos HS 100 y PH 25 + AC 5 alcanzaron 7,9 y 8,0, respectivamente.

1.6.2 Intensidad de color

En la figura 20 B se observa que la intensidad de color se mantuvo constante durante el período de conservación con valores de 10,5 a 12,1 (Apéndice II, Cuadro 12) sin diferencias entre los tratamientos. Estos valores concuerdan con los obtenidos en los parámetros color medidos por colorímetro. Al igual que los resultados presentados en el

primer ensayo, el color verde se puede atribuir al efecto positivo de la atmósfera modificada sobre las hojas de rúcula (Lagos, 2010; Inestroza, 2011; Orellana, 2011).

1.6.3 Turgencia

En la figura 20 C se observa que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos hasta el octavo día de almacenamiento. El día 12, AC 5 presentó un valor de turgencia de 1,1 siendo significativamente inferior al resto de los tratamientos. Este indicaría una nula turgencia de las hojas de rúcula MPF. Los tratamientos HS 100 y PH 25 + AC 5 obtuvieron una turgencia de 6,4 y 6,8 respectivamente (Apéndice II, Cuadro 13). El tratamiento PH 25 tuvo un valor de 8,7 mantenido una turgencia sobre la media de aceptación.

1.6.4 Sabores extraños

El día 1, el tratamiento PH 25 tuvo un valor de 9,9 diferenciándose del resto de los tratamientos con valores de 12,2 a 12,4 (Fig. 20 D). El día 5, el tratamiento PH 25 + AC 5 obtuvo un valor de 11,5 siendo significativamente más alto que el resto de los tratamientos que presentaron valores de 7,5 a 8,5 (Apéndice II, Cuadro 14). Al octavo día no se observaron diferencias entre los tratamientos con valores de 8,1 a 9,9. El último día el tratamiento AC 5 fue evaluado con un valor de 3,7 siendo significativamente inferior al resto de los tratamientos los que alcanzaron valores entre 5,3 y 6,3.

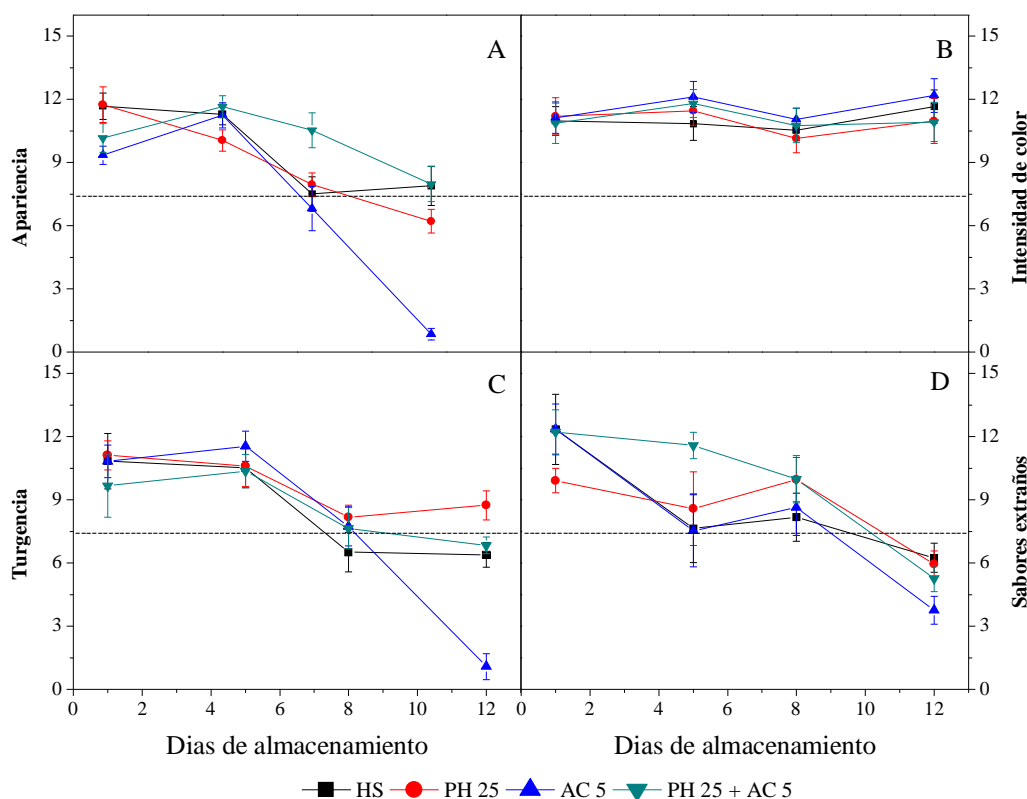


Figura 20. Evolución de la apariencia (A), intensidad de color (B), turgencia (C) y sabores extraños (D) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C bajo atmósfera modificada. Valores corresponden a medias ($n=12$) \pm ES. Línea punteada representa valor medio de aceptación.

1.7 Parámetros químicos

1.7.1 Concentración de azúcares

En la Figura 21 no se observan diferencias significativas entre los tratamientos en la concentración de glucosa ($0,3$ a $0,4$ mg g^{-1}), fructosa ($0,2$ a $0,5$ mg g^{-1}) y sacarosa ($0,1$ a $0,2$ mg g^{-1}) durante el período de almacenamiento (Apéndice II, Cuadros 15, 16 y 17)

En un estudio realizado por McKenzie *et al.* (2004) en brócoli y espárragos almacenados a 20 °C durante 5 días en atmósfera controlada (5% de O_2 y 10% CO_2) se mantuvieron las concentraciones constantes de glucosa y fructosa comparado con los almacenados en aire.

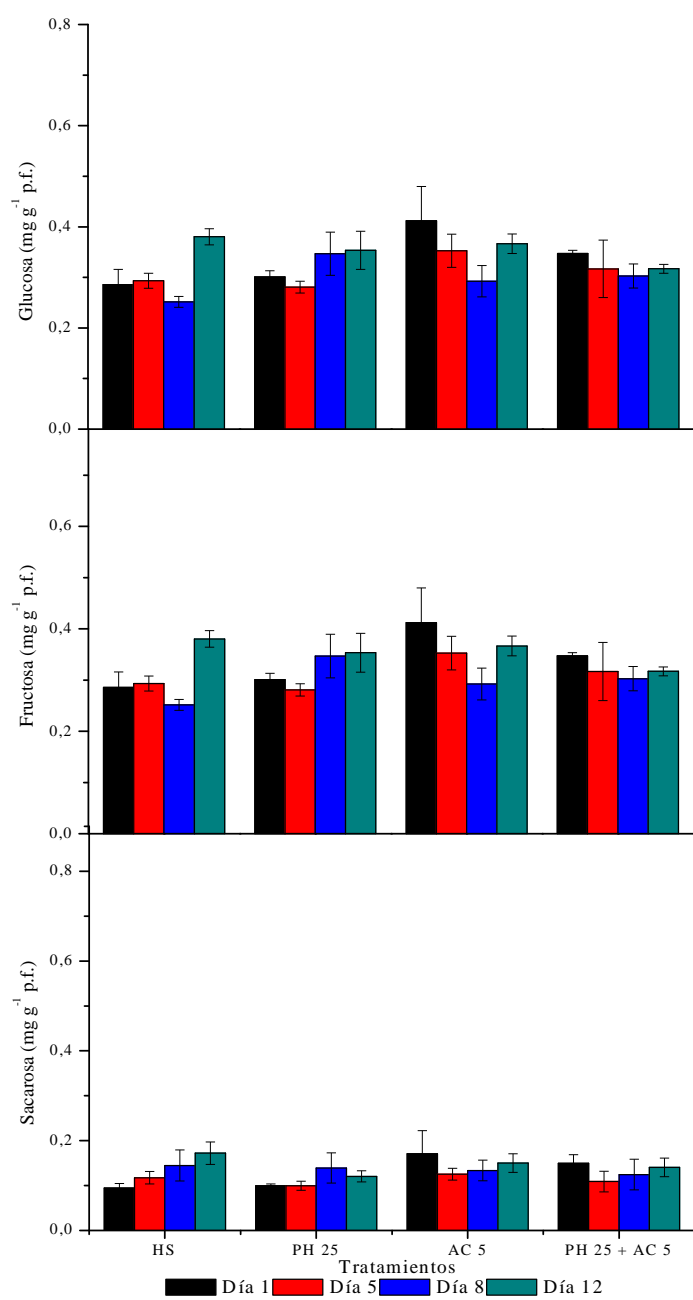


Figura 21. Contenidos de azúcares ($\text{mg g}_{\text{pf}}^{-1}$) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 12 días a 5 °C. Valores corresponden a medias ($n=3$) \pm ES.

1.7.2 Concentración de vitamina C

El día 1, PH 25 tuvo una concentración de vitamina C de 36,9 mg g_{pf}⁻¹ mostrando ser significativamente mayor a la materia prima y los tratamientos HS 100 y AC 5 que mostraron una concentración de 7,2 a 13,6 mg g_{pf}⁻¹. El tratamiento PH 25 + AC 5 mostró una concentración significativamente mayor de vitamina C con 77,7 mg g_{pf}⁻¹ (Apéndice II, Cuadro 18). En la Figura 22, los tratamientos HS 100 y PH 25+ AC 5 mostraron la mayor concentración de vitamina C con un valor de 61,4 y 67,4 mg g_{pf}⁻¹ respectivamente, mientras que las de AC 5 y PH 25 alcanzaron 30,3 y 43,9 mg g_{pf}⁻¹ respectivamente. El día 5, PH 25 + AC 5 presentó una concentración de 26,2 mg g_{pf}⁻¹ siendo significativamente mayor al resto de tratamientos que alcanzaron 6,6 a 10,7 mg g_{pf}⁻¹. El último día no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con concentraciones de vitamina C de 8,1 a 9,6 mg g_{pf}⁻¹.

En este estudio, la concentración de vitamina C fue mayoritariamente atribuida a la concentración de ácido ascórbico (AA), ya que el ácido dehidroascórbico no fue detectado. La concentración de vitamina C en hortalizas puede ser influenciada por diversos factores, tales como, diferencias genótípicas, condiciones climáticas previas a la cosecha, estados de madurez, métodos de cosecha y procedimientos post cosecha. La retención de la vitamina C se ve afectada durante la poscosecha por factores de manipulación, temperaturas y concentración de CO₂ (Lee y Kader, 2000).

La reducción en la concentración de vitamina C desde el día 5 (Fig. 22), fue similar a la tendencia encontrada en hojas de rúcula salvaje y papas cortadas (Martínez-Sánchez *et al.*, 2006a; Tudela *et al.*, 2002). Esta pérdida de vitamina C puede deberse a que concentraciones mayores a 10% de CO₂ podrían acelerar su degradación (Lee y Kader, 2000).

En un estudio realizado por Gil *et al.* (1999) observaron que la vitamina C se preserva mejor en condiciones óptimas de conservación en atmósfera modificada (6% O₂ y 14% CO₂), tal y como se pudo ver en espinaca mínimamente MPF, por lo tanto, diferentes condiciones de conservación pueden afectar la estabilidad de este tipo de compuesto.

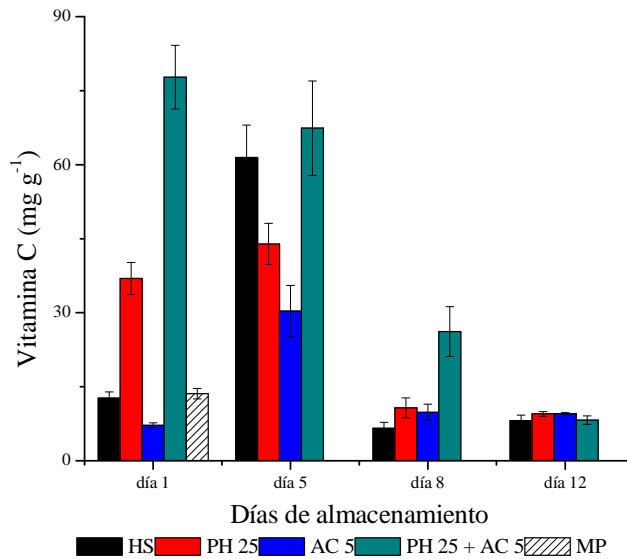


Figura 22. Contenidos de vitamina C ($\text{mg AA g}_{\text{pf}}^{-1}$) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 12 días a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Valores corresponden a medias ($n=3$) \pm ES.

1.7.3 Contenido de fenoles totales

La materia prima mostró un contenido de $0,6\text{ mg EAG g}_{\text{pf}}^{-1}$ (Fig. 23). El día 1, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con valores de $1,5$ a $1,8\text{ mg EAG g}_{\text{pf}}^{-1}$. El día 5, AC 5 y PH 25+ AC 5 mostraron contenidos de $2,3$ y $2,5\text{ mg EAG g}_{\text{pf}}^{-1}$ respectivamente, diferenciándose de HS 100 y PH 25 que presentaron valores significativamente mayores con $4,0$ y $7,4\text{ mg EAG g}_{\text{pf}}^{-1}$. Para el día 8, los tratamientos PH 25 y PH 25 + AC 5 tuvieron un valor de $6,2\text{ mg EAG g}_{\text{pf}}^{-1}$, mientras que HS 100 y AC 5 tuvieron $3,4$ y $1,7\text{ mg EAG g}_{\text{pf}}^{-1}$, respectivamente observándose diferencias significativas entre ellos (Apéndice II, Cuadro 19). El día 12, el contenido de PH 25 fue de $2,3\text{ mg EAG g}_{\text{pf}}^{-1}$, siendo significativamente mayor al resto de los tratamientos que presentaron valores de $1,4$ a $1,7\text{ mg EAG g}_{\text{pf}}^{-1}$.

Martínez-Sánchez *et al.* (2007), observaron el deterioro una pérdida de fenoles, vitamina C y glucosinolatos, hasta en un 50% en concentraciones de O_2 bajo ($\leq 1\%$) y CO_2 alto ($\geq 15\%$).

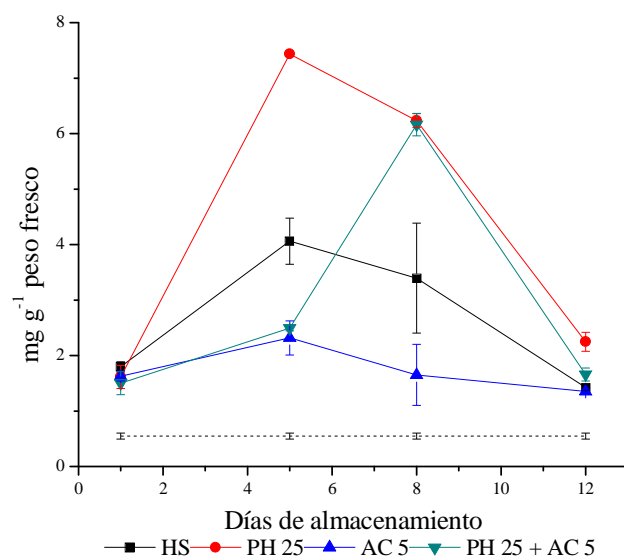


Figura 23. Contenidos de fenoles totales ($\text{mg EAG g}_{\text{pf}}^{-1}$) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 12 días a 5 °C. Valores corresponden a medias ($n=3$) \pm ES. La línea horizontal punteada corresponde al contenido de fenoles totales de la materia prima previa al lavado.

CONCLUSIONES

En ambos ensayos, los agentes sanitizantes en combinación con atmósfera modificada pasiva redujeron la carga inicial de microorganismos. El tratamiento con H_2O_2 mostró ser una alternativa al uso de $NaClO$ como agente sanitizante. Todos los tratamientos obtuvieron una carga microbiológica aceptable por 8 días a 5 °C.

Ninguno de los tratamientos redujo negativamente el color de las hojas de rúcula. Sin embargo el ácido láctico afectó negativamente la calidad sensorial de las hojas

Los tratamientos sanitizantes estudiados no reducen el contenido de compuestos funcionales.

BIBLIOGRAFÍA

- Allende, A. and F. Artés. 2003. Combined ultraviolet-C and modified atmosphere packaging treatments for reducing microbial growth of fresh processed lettuce. *LWT – Food Science and Technology* 36: 779-786.
- Allende, A., F. A. Tomas-Barberan and M. I. Gil. 2006. Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends in Food Science and Technology* 17 (9): 513-519.
- Allende, A., M. V. Selma, F. López-Gálvez, R. Villaescusa and M. I. Gil. 2008. Role of commercial sanitizers and washing systems on epiphytic microorganisms and sensory quality of fresh-cut escarole and lettuce. *Postharvest Biology and Technology* 49 (1): 155-163.
- Allende, A., J. McEvoy, Y. Tao and Y. Luo. 2009. Antimicrobial effect of acidified sodium chlorite, sodium chlorite, sodium hypochlorite, and citric acid on *Escherichia coli* O157:H7 and natural microflora of fresh-cut cilantro. *Food Control* 20 (3): 230-234.
- Amin, I., Y. Norazaidah and K. I. E. Hainida, 2006. Antioxidant activity and phenolic content of raw and blanched *Amaranthus* species. *Food Chemistry* 94 (1): 47-52.
- Araya, E. 2007. Guía de laboratorio curso: Evaluación Sensorial de los alimentos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas Departamento de Agroindustria y Enología. 81p.
- Artés F., P. Gómez, E. Aguayo, V. Escalona and F. Artés-Hernández. 2009. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. *Postharvest Biology and Technology* 51 (3): 287-296.
- Artés-Hernández, F., V. Escalona, P. Robles, B. Martínez-Hernández and F. Artés. 2008. Effect of UV-C radiation on quality of minimally processed spinach leaves. *Journal Science Food Agriculture* 89: 414-421.
- Barillari J., D. Canistro, M. Paolini, F. Ferroni, G. F. Pedulli, R. Iori and L. Valgimigli. 2005. Direct antioxidant activity of purified glucoerucin, the dietary secondary metabolite contained in rocket (*Eruca sativa* Mill.) seeds and sprouts. *Journal Science Food Agriculture* 53 (7): 2475 – 2482.
- Berger, H. 2004. Situación comercial, técnica y de innovación de los productos mínimamente procesados en el Gran Santiago, Chile. pp 25-30. En: Simposium “Estado actual del mercado de frutos y vegetales cortados en Iberoamérica”. San José, Costa Rica. Abril 28-30, 2004. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

- Beuchat, L and R. Brackett. 1990. Survival and growth of *Listeria monocytogenes* on lettuce as influenced by shredding, chlorine treatment modified atmosphere packaging and temperature. *Journal of Food Science* 55:755–758, 870.
- Cliffe-Byrnes. V and D. O. Beirne. 2005. Effects of chlorine treatment and packaging on the quality and shelf-life of modified atmosphere (MA) packaged coleslaw mix. *Food Control* 16:707-716.
- Escalona, V. H. 2003. Innovaciones tecnológicas en la conservación y procesado en fresco de hinojo y colirrábano mediante refrigeración y modificación de la atmósfera. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, España. 280p.
- Escalona, V., L. Luchsinger y A. Lizana. 2008. Efecto del envasado en atmósfera modificada sobre la calidad y la conservación de frutas y hortalizas. *Revista Aconex* 98:16:24.
- Gil, M. I., F. Ferreres and F. A. Tomás-Barberán. 1999. Effect of postharvest storage and processing on antioxidant constituents (flavonoids and vitamin C) of fresh-cut spinach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47: 2213-2217.
- Gil, M. I., M. V. Selma, F. López-Gálvez and A. Allende. 2009. Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: Problems and solutions. *International Journal of Food Microbiology* 134 (1): 37-45.
- Gonçalves, E., R. Cruz, M. Abreu, T. Brandão and C. Silva. 2009. Biochemical and color changes of watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) during freezing and frozen storage. *Journal of Food Engineering* 93:32-39.
- Inestroza, C. 2011. Efecto de atmósferas modificadas activas y sanitizantes alternativos al cloro sobre la calidad microbiológica y funcional en hojas de rúcula (*Eruca vesicaria*). Tesis de magíster. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 151p.
- Jung C.-H., H.-M. Seog, I.-W. Choi and H.-Y. Cho. 2005. Antioxidant activities of cultivated and wild Korean ginseng leaves. *Food Chemistry* 92 (3): 535-540.
- Kader, A. A., D. Zagory and E. L. Kerbel. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 28 (1): 1-30.
- Kader, A. A. 2002. Postharvest technology of horticulture crops. University of California, Davis, EE.UU. 570p.
- Khadre M. and A. Yousef. 2001. Sporicidal action of ozone and hydrogen peroxide: a comparative study. *International Journal Food Microbiology* 71:131–138.

- Koukounaras, A., A. Siomos and E. Sfakiotakis. 2007. Postharvest CO₂ and ethylene production and quality of rocket (*Eruca sativa* Mill.) leaves as affected by leaf age and storage temperature. *Postharvest Biology and Technology* 46:167–173.
- Lagos, M. 2010. Aplicación de sanitizantes en hojas de rúcula (*Eruca sativa*) conservadas en atmósfera modificada. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 55p.
- Lee, S. K. and A. A Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20: 207-220.
- López-Gálvez, F., A. Allende, M. V. 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 (1): 167-171.
- Martínez-Sánchez, A. N., A. Allende, R. N. Bennett, F. Ferreres and M. I. Gil. 2006a. Microbial, nutritional and sensory quality of rocket leaves as affected by different sanitizers. *Postharvest Biology and Technology* 42 (1): 86-97.
- Martínez-Sánchez, A. N., A. Marín, R. Llorach, F. Ferreres and M. I. Gil. 2006b. Controlled atmosphere preserves quality and phytonutrients in wild rocket (*Diplotaxis tenuifolia*). *Postharvest Biology and Technology* 40 (1): 26-33.
- Martínez-Sánchez, A. N., R. Llorach, M. I. Gil and F. Ferreres. 2007. Characterization of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. *Food Chemistry* 108: 1028-1038.
- Martínez-Sánchez, A. N. 2008. Caracterización de compuestos bioactivas en crucíferas de uso en IV gama: aspectos relacionados con la fisiología tecnología postrecolección. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Producción Vegetal. Murcia, España. 267p.
- Martínez-Sánchez, A. N., A. Allende, Y. Cortes-Galera and M. I. Gil. 2008. Respiration rate response of four baby leaf *Brassica* species to cutting at harvest and fresh-cut washing. *Postharvest Biology and Technology* 47: 382-388.
- McKenzie, M. J., L. A. Greer, J. A. Heyes and P. L. Hurst. 2004. Sugar metabolism and compartmentation in asparagus and broccoli during controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology* 32: 45-56.
- Ministerio de Salud. 2006. Reglamento sanitario de los alimentos. Decreto Supremo N° 977/96. Modificado el 9 de marzo 2005, publicado en el Diario Oficial de 23 de enero 2006.

- Navarro, A. R., A. L. Padilla, R. M. Dávila, M. Pérez and R. A. Sosa. 2008. Evaluación de la capacidad antioxidante del berro (*Nasturium officinale*). Revista Soquimich. Perú 74 (1): 40-45.
- Nielsen, T., B. Bergstrom and E. Borch. 2008. The origin of off-odours in packaged rucola (*Eruca sativa*). Food Chemistry 110 (1): 96-105.
- Ölmez, H. and U. Kretschmar. 2009. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. LWT - Food Science and Technology 42: 686–693.
- Oms-Oliua, G., M. Hertog, R., Soliva-Fortuny, O. Martín-Belloso and B.M. Nicolai. 2009. Recent developments in the use of modified atmosphere packaging for fresh cut fruits and vegetables. Stewart Postharvest Review 5: 1-11.
- Oms-Oliua, G., M. Rojas-Graña, L. González, P. Varela, R. Soliva-Fortuny, M. Hernando, I. Pérez, 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.
- Orellana, M. 2011. Efectos de distintos sanitizantes sobre la carga microbiana y calidad funcional en rúcula (*Eruca sativa* Mill.) almacenada bajo refrigeración. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 68p.
- Rico, D., A. B. Matín-Diana, J. M. Barat and C. Barry-Ryan. 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. Trends in Food Science and Technology 18: 373-386.
- Robles, P., A. Tomás-Callejas, V. Escalona, F. Artés and F. Artés-Hernández. 2010. High helium controlled atmosphere storage decreases microbial growth and preserves quality on fresh-cut mizuna baby leaves. Acta Horticulturae. 877p.
- Sapers, G. M. 2003a. Hydrogen peroxide as an alternative to chlorine for sanitizing fruits and vegetables. IFIS Pub. Food Science and Technology, www.foodsciencecentral.com/library.html. Leído 25 mayo 2010.
- Sapers, G. M. 2003b. Washing and sanitizing raw materials for minimally processed fruit and vegetable products. pp. 221-253. In: Novak, J.S., G. M Sapers, V. K Juneja (Eds). Microbial Safety of Minimally Processed Foods. CRC Press, Washington DC, EEUU. 343p.
- Sandhya. 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. LWT - Food Science and Technology 43 (3): 381-392.

Singleton, V. L. and J. A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16: 144-157.

Šircej, H., M. Mikulic-Petkovsek and F. Batic. 2010. Antioxidants in spring leaves of *Oxalis acetosella* L. *Food Chemistry* 123 (2): 351-357.

Siro, I., E. Kapolna, B. Kapolna and A. Lugasi. 2008. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance-A review. *Appetite* 51 (3): 456-467.

Tudela, J. A., J. C. Espin and M. I. Gil. 2002. Vitamin C retention in fresh-cut potatoes. *Postharvest Biology and Technology* 26 (1): 75-84.

Ukuku, D. 2004. Effect of hydrogen peroxide treatment on microbial quality and appearance of whole and fresh-cut melons contaminated with *Salmonella* spp. *International Journal of Food Microbiology* 95:137-146.

Wiley R. C. 1997. Introduction to minimally processed refrigerated fruits and vegetables. *In*: R. C. Wiley (Ed) *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. Chapman and Hall, New York, EE.UU. 1-4.

Zapata, S. and J. P. Dufour. 1992. Ascorbic, dehydroascorbic and isoascorbic acid simultaneous determinations by reverse phase ion interaction HPLC. *Journal of Food Science* 57 (2): 506-511.

ANEXO I

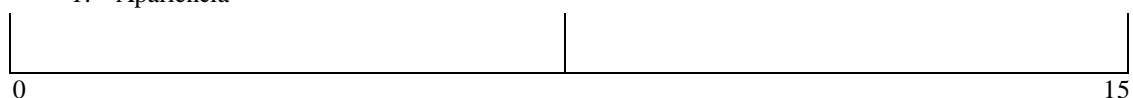
EVALUACIÓN DE CALIDAD PANEL ENTRENADO¹

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

Muestra N° ____

Aspecto visual

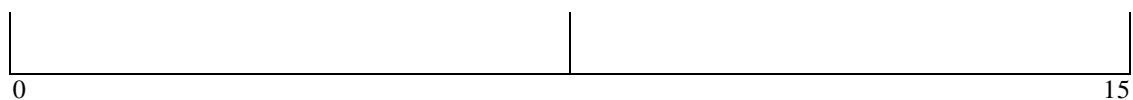
1. Apariencia



Muy mala

Extremadamente buena

2. Intensidad color

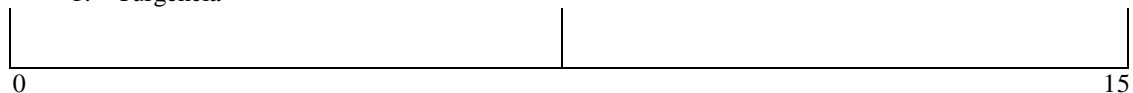


Verde amarillo

Verde oscuro

Aspecto gustativo

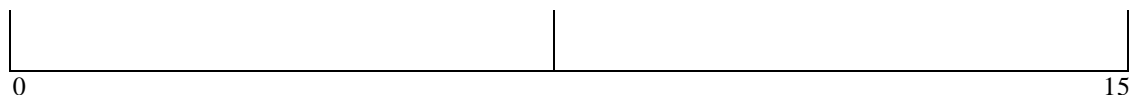
1. Turgencia



Sin turgencia

Extremadamente turgente

2. Sabores extraños



Extremadamente extraño

Sin sabor extraño

Comentarios: _____

¹ Fuente: Araya (2007) Guía de laboratorio. Evaluación sensorial

ANEXO II

Reglamento sanitario de los alimentos decreto N° 977/96, Ministerio de Salud. Frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados, listos para el consumo.

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

n: número de muestras a ser examinadas; m: valor del parámetro microbiológico para el cual o por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud; c: número máximo de unidades de muestra que puede contener un número de microorganismos comprendidos entre "m" y "M" para que el alimento sea aceptable; M: valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud. **Grados de calidad:** "aceptable": valores entre 0 y m; "medianamente aceptable": valores entre m y M; "rechazable": valores superiores a M. (Reglamento Sanitario de los Alimentos, Ministerio de Salud Pública, Chile, 1997).

APÉNDICE I

ENSAYO I

Cuadro 1. Evolución de la tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y almacenada 12 días a 5 °C.

Tiempo (Ti)	$\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$
0	46,7 ab
1	41,1 b
5	43,8 b
8	44,5 b
12	52,2 a
Nivel de significancia	
Ti	*

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tiempo (Ti).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 2. Evolución de la concentración de CO_2 (%) en la atmósfera interna de los envases de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	4,4	10,4	11,5	18,0 a
PH 25	4,2	6,9	15,0	19,5 b
PH 50	3,4	8,0	17,4	18,9 ab
AL 8,5	3,4	10,3	16,9	18,6 ab
AL 17	4,1	10,3	16,5	18,6 ab
AC 5	3,0	10,2	14,0	19,5 b
AC 10	3,8	10,3	16,9	19,6 b
Nivel de significancia				
T	NS	NS	NS	*

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 3. Evolución de la concentración de O₂ (%) en la atmósfera interna de los envases de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	16,0	9,3	2,1	0,1
PH 25	16,9	13,7	0,9	0,1
PH 50	17,6	11,5	0,7	0,1
AL 8,5	17,3	8,6	0,2	0,1
AL 17	16,5	8,8	1,3	0,1
AC 5	17,5	9,3	2,0	0,2
AC 10	16,7	9,6	2,1	0,1
Nivel de significancia				
T	NS	NS	NS	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 4. Recuento de aerobios mesófilos (log UFC g⁻¹) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días		
	1	8	12
HS 100	2,6 cd	4,5 ab	5,8
PH 25	2,3 d	3,4 d	6,2
PH 50	3,5 b	3,4 d	6,3
AL 8,5	3,4 bc	3,6 cd	6,0
AL 17	3,7 ab	4,7 a	6,2
AC 5	4,0 ab	4,1 bc	5,8
AC 10	3,2 bc	3,5 cd	6,1
MP	4,5 a		
Nivel de significancia			
T	*	*	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 5. Recuento de enterobacterias (log UFC g⁻¹) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días		
	1	8	12
HS 100	1,4 e	4,2 a	5,4
PH 25	2,4 d	3,2 b	5,5
PH 50	3,5 b	4,3 a	6,0
AL 8,5	3,4 bc	3,1 b	6,3
AL 17	2,9 cd	3,3 b	5,7
AC 5	3,1 bc	3,5 b	6,0
AC 10	3,2 bc	4,4 a	5,7
MP	4,6 a		
Nivel de significancia			
T	*	*	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 6. Recuento de psicrófilos (log UFC g⁻¹) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días		
	1	8	12
HS 100	2,8 d	3,7 b	5,9 a
PH 25	2,8 d	3,6 b	6,5 b
PH 50	3,1 d	3,9 b	6,6 b
AL 8,5	3,1 d	5,4 a	6,5 b
AL 17	4,5 c	6,1 a	6,5 b
AC 5	5,4 ab	5,9 a	6,6 b
AC 10	5,1 b	6,1 a	6,6 b
MP	5,7 a		
Nivel de significancia			
T	*	*	*

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 7. Evolución de color, parámetro luminosidad (L) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	44,1	44,4	44,8	46,5
PH 25	44,0	44,2	44,2	46,5
PH 50	44,7	44,8	45,4	46,4
AL 8,5	44,6	44,7	46,2	46,4
AL 17	44,8	45,0	46,5	46,8
AC 5	45,2	45,2	45,7	46,3
AC 10	45,6	45,3	46,5	46,7
Nivel de significancia				
T	NS	NS	NS	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 8. Evolución de color, parámetro croma (C*) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	30,1 a	28,6	28,3	32,4
PH 25	30,4 ab	29,4	29,7	32,4
PH 50	30,8 ab	31,1	30,3	32,1
AL 8,5	30,6 ab	30,9	31,8	30,9
AL 17	33,4 b	28,6	32,4	31,8
AC 5	31,4 ab	27,7	30,7	31,6
AC 10	31,5 ab	31,5	32,4	31,9
Nivel de significancia				
T	*	NS	NS	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 9. Evolución de color, parámetro tonalidad en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	122,6 a	123,3	123,4 a	119,7
PH 25	121,4 ab	122,9	123,3 a	119,7
PH 50	121,3 ab	121,7	122,6 a	119,5
AL 8,5	120,9 b	122,1	121,2 ab	121,3
AL 17	120,2 b	120,1	119,7 b	119,6
AC 5	121,2 b	121,6	121,1 ab	120,2
AC 10	121,5 ab	121,5	119,7 b	120,5
Nivel de significancia				
T	*	NS	*	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 10. Valoración de la apariencia de las hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	11,4	12,2 a	11,5 a	10,2 a
PH 25	12,3	11,3 a	9,6 ab	8,7 ab
PH 50	10,3	9,9 ab	9,4 ab	6,9 b
AL 8,5	10,0	8,1 b	7,2 b	1,4 c
AL 17	10,0	7,8 b	9,3 ab	1,9 c
AC 5	11,4	10,8 a	9,5 ab	7,9 ab
AC 10	10,4	10,7 a	9,8 ab	7,8 ab
Nivel de significancia				
T	NS	*	*	*

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 11. Valoración de la intensidad de color verde en las hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	12,3	11,5	11,6	8,7
PH 25	12,5	11,6	11,5	9,6
PH 50	10,6	10,8	11,4	9,0
AL 8,5	10,4	10,1	9,3	8,0
AL 17	11,3	10,6	9,4	7,4
AC 5	10,9	11,1	10,2	8,1
AC 10	10,0	11,0	10,0	9,2
Nivel de significancia				
T	NS	NS	NS	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 12. Valoración de la turgencia de las hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	11,0	10,5	10,3 a	9,0 a
PH 25	11,7	10,1	9,8 ab	4,2 ab
PH 50	10,3	10,9	9,4 ab	5,3 ab
AL 8,5	10,0	10,0	6,5 b	1,5 b
AL 17	10,3	9,0	7,8 b	1,2 b
AC 5	12,6	10,8	9,9 ab	3,3 b
AC 10	12,3	10,8	10,3 a	8,4 a
Nivel de significancia				
T	NS	NS	*	*

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 13. Valoración de los sabores extraños de las hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	13,9	12,3	8,7 a	6,9 a
PH 25	10,9	11,7	8,1 a	2,7 b
PH 50	10,3	12,3	7,9 a	3,7 ab
AL 8,5	12,8	9,2	4,6 b	2,7 b
AL 17	11,9	10,8	7 a	2,7 b
AC 5	12,4	11,7	9,3 a	3,5 ab
AC 10	11,7	10,5	7,3 a	7,8 a
Nivel de significancia				
T	NS	NS	*	*

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

APÉNDICE II

ENSAYO II

Cuadro 1. Evolución de la tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y almacenada 12 días a 5 °C.

Tiempo (Ti)	$\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$
0	75,1 ab
1	107,9 a
5	64,3 b
8	50,1 b
12	51,5 b
Nivel de significancia	
Ti	*

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tiempo (Ti).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 2. Evolución de la tasa de emisión de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y almacenada 12 días a 5 °C.

Tiempo (Ti)	$\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$
1	0,6 a
5	0,3 b
8	0,4 b
12	0,4 b
Nivel de significancia	
Ti	*

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tiempo (Ti).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 3. Evolución de la concentración de CO₂ (%) en la atmósfera interna de los envases de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	0,4	8,3	12,9 ab	17,8
PH 25	0,4	8,4	13,5 ab	17,1
AC 5	0,0	8,4	15,2 a	18,2
PH 25 + AC 5	0,0	7,8	12,2 b	17,5
Nivel de significancia				
T	NS	NS	*	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 4. Evolución de la concentración de O₂ (%) en la atmósfera interna de los envases de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	19,5	10,9	4,9 ab	0,4
PH 25	19,8	10,8	4,3 ab	0,4
AC 5	19,3	11,0	2,3 b	0,1
PH 25 + AC 5	19,9	11,8	6,3 a	0,1
Nivel de significancia				
T	NS	NS	*	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 5. Recuento de aerobios mesófilos (log UFC g⁻¹) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días		
	1	8	12
HS 100	5,4 a	6,5 a	7,3
PH 25	5,6 a	7,1 b	7,5
AC 5	5,7 a	7,3 b	7,5
PH 25 + AC 5	5,3 a	7,3 b	7,2
MP	6,2 b		
Nivel de significancia			
T	*	*	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 6. Recuento de enterobacterias (log UFC g⁻¹) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días		
	1	8	12
HS 100	5,9 a	6,5 a	7,1
PH 25	5,3 b	6,8 b	7,2
AC 5	5,2 b	6,9 b	7,5
PH 25 + AC 5	4,6 c	6,5 a	7,5
MP	6,0 a		
Nivel de significancia			
T	*	*	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 7. Recuento de psicrófilos (log UFC g⁻¹) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días		
	1	8	12
HS 100	4,9 a	6,8 b	7,4
PH 25	5,0 a	6,8 b	7,8
AC 5	3,9 b	7,5 a	7,7
PH 25 + AC 5	3,9 b	7,4 a	7,3
MP	5,2 a		
Nivel de significancia			
T	*	*	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 8. Evolución de color, parámetro luminosidad (L) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	43,7	44,7	45,1	44,2
PH 25	43,8	44,9	45,5	44,1
AC 5	44,2	45,4	44,4	44,5
PH 25 + AC 5	43,2	45,0	44,5	44,4
Nivel de significancia				
T	NS	NS	NS	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 9. Evolución de color, parámetro croma (C*) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	29,5	30,0	30,3	29,4
PH 25	30,3	30,5	31,6	28,0
AC 5	29,3	30,6	30,3	28,3
PH 25 + AC 5	28,4	29,5	31,0	29,9
Nivel de significancia				
T	NS	NS	NS	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 10. Evolución de color, parámetro tonalidad en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	123,2	123,4	122,7	123,0
PH 25	122,3	123,3	121,7	122,0
AC 5	122,8	122,7	121,2	123,1
PH 25 + AC 5	123,0	122,3	121,9	122,4
Nivel de significancia				
T	NS	NS	NS	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 11. Valoración de la apariencia de las hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	11,6 a	11,2	7,5 ab	7,8 a
PH 25	11,7 a	10,0	7,9 ab	6,2 a
AC 5	9,3 b	11,2	6,8 a	0,8 b
PH 25 + AC 5	10,1 ab	11,6	10,5 b	7,9 a
Nivel de significancia				
T	*	NS	*	*

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 12. Valoración de la intensidad de color verde de las hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	10,9	10,8	10,5	11,6
PH 25	11,2	11,4	10,1	11,0
AC 5	11,1	12,1	11,0	12,1
PH 25 + AC 5	10,8	11,8	10,7	10,9
Nivel de significancia				
T	NS	NS	NS	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 13. Valoración de la turgencia de las hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	10,8	10,5	6,5	6,4 a
PH 25	11,1	10,6	8,1	8,7 c
AC 5	10,8	11,5	7,7	1,1 b
PH 25 + AC 5	9,6	10,3	7,6	6,8 a
Nivel de significancia				
T	NS	NS	NS	*

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 14. Valoración de los sabores extraños de las hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	12,4 a	7,7 a	8,1	6,3 a
PH 25	9,9 b	8,5 a	9,9	5,9 a
AC 5	12,3 a	7,5 a	8,6	3,7 b
PH 25 + AC 5	12,2 a	11,5 b	9,9	5,3 a
Nivel de significancia				
T	*	*	NS	*

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 15. Variación en la concentración de glucosa ($\text{mg g}_{\text{pf}}^{-1}$) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	0,3	0,3	0,3	0,4
PH 25	0,3	0,3	0,4	0,4
AC 5	0,4	0,4	0,3	0,4
PH 25 + AC 5	0,4	0,3	0,3	0,3
Nivel de significancia				
T	NS	NS	NS	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 16. Variación en la concentración de fructosa ($\text{mg g}_{\text{pf}}^{-1}$) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	0,2	0,4	0,3	0,4
PH 25	0,3	0,3	0,4	0,4
AC 5	0,4	0,4	0,3	0,5
PH 25 + AC 5	0,4	0,3	0,4	0,5
Nivel de significancia				
T	NS	NS	NS	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 17. Variación en la concentración de sacarosa ($\text{mg g}_{\text{pf}}^{-1}$) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	0,1	0,1	0,1	0,2
PH 25	0,1	0,1	0,1	0,1
AC 5	0,2	0,1	0,1	0,2
PH 25 + AC 5	0,2	0,1	0,1	0,1
Nivel de significancia				
T	NS	NS	NS	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 18. Variación en los contenidos de vitamina C ($\text{mg g}_{\text{pf}}^{-1}$) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	12,6 a	61,4 a	6,6 a	8,1
PH 25	36,9 b	43,9 ab	10,7 a	9,5
AC 5	7,2 a	30,3 b	9,8 a	9,6
PH 25 + AC 5	77,7 c	67,4 a	26,2 b	8,2
MP	13,6 a			
Nivel de significancia				
T	*	*	*	NS

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 19. Variación en el contenido de fenoles totales (mg EAG g_{pf}⁻¹) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas 12 días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva.

Tratamiento (T)	Días			
	1	5	8	12
HS 100	1,8 a	4,0 a	3,4 a	1,4 a
PH 25	1,6 a	7,4 a	6,2 b	2,3 b
AC 5	1,6 a	2,3 b	1,7 c	1,4 a
PH 25 + AC 5	1,5 a	2,5 b	6,2 b	1,7 a
MP	0,6 b			
Nivel de significancia				
T	*	*	*	*

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas $p < 0,05$ para cada tratamiento (T).

NS: no significativo.

*: Significativo ($p < 0,05$).