

RESUMEN

Las hojas de rúcula (*Eruca vesicaria*) se han introducido al mercado del mínimo proceso debido al gran interés por ensaladas listas para consumir. El hipoclorito de sodio, es el sanitizante utilizado en la industria de los alimentos por excelencia. Sin embargo, su uso está comenzando a ser cuestionado, ya que produce compuestos perjudiciales para la salud.

El objetivo de este trabajo, que estuvo formado por 2 ensayos, el primero en primavera y el segundo en verano, fue evaluar distintos sanitizantes como dióxido de cloro (DC 5 y 10 mg/L), clorito de sodio acidificado (CSA 250 y 500 mg/L), ácido peroxiacético (AP 50 y 90 mg/L) e hipoclorito de sodio (HS AMP 100 mg/L) en hojas de rúcula conservadas en bolsas plásticas bajo atmósfera modificada pasiva por 10 días a 5° C. Además, se utilizó hipoclorito de sodio (HS Bp 100 mg/L) en bolsas perforadas para evaluar el efecto de la atmósfera al interior de la bolsa. Luego se realizó un segundo ensayo, seleccionando los tratamientos que mostraron mejores resultados en los parámetros evaluados. Los parámetros evaluados fueron respiración, concentración de gases, color: L, Hab, C*; análisis microbiológico y evaluación sensorial. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 3 repeticiones por tratamientos.

En ambos ensayos, el equilibrio en la concentración de gases se alcanzó entre los días 4 a 7. Se lograron altos niveles de CO₂ (>5%) y bajos de O₂ (<5%), retardando la senescencia, por lo que se mantuvo el color verde oscuro. Durante el almacenamiento, el color verde de las hojas tendió levemente al color amarillo. En el Ensayo I (primavera), CSA 500 fue el tratamiento que obtuvo menores recuentos de mesófilos, enterobacterias, y psicrófilos con 4,3, 4,7 y 3,1 log/UFC*g respectivamente, seguido por CSA 250 con 5,1, 5,2 y 3,2 log/UFC*g respectivamente. Para enterobacterias, pasado el día 4, todos los tratamientos excedían el límite legal (>3,7 log/UFC*g), exceptuando CSA 500. La calidad sensorial tendió a disminuir con el tiempo, sobre todo la apariencia, donde DC 10 fue el mejor evaluado con 9,4.

En el Ensayo II (verano), todos los tratamientos resultaron ser eficaces, por lo tanto, los sanitizantes utilizados sirven como alternativa al hipoclorito de sodio.

Palabras claves: hipoclorito de sodio, hortalizas, mínimo proceso.

ABSTRACT

Rocket leaves (*Eruca vesicaria*), has been introduced in the minimally processed market due to the great interest in new ready to eat vegetables. Sodium hypochlorite is the most widely used sanitizer in minimally processing but its safety for human beings is being questioned.

The aim of this study, which was performed with 2 experiments, one in spring and the other in summer, was to evaluate the effect of different sanitizers, chlorine dioxide (DC 5 and 10 mg/L), acidified sodium chlorite (CSA 250 and 500 mg/L), peroxyacetic acid (AP 50 and 90 mg/L) and sodium hypochlorite (HS AMP 100 mg/L), in rocket leaves stored in plastic bags as passive modified atmosphere for 10 days at 5 °C. In addition, rocket leaves were immersed in sodium hypochlorite and packed in perforated bags (HS Bp 100 mg/L) to evaluate the atmosphere effect. A second experiment was performed selecting those effective treatments. Evaluated parameters were respiration, gas concentration inside the bags, color: L, Hab, C*; microbiological analysis, and sensory quality. A completely randomized design with three replicates per treatment was performed.

In both experiments, the steady gas concentration balance was achieved after 4 to 7 days, reaching high CO₂ (>5%) levels and low O₂ (<5%) levels, delaying senescence, so green color was kept. During the storage the green color of leaves were changing slightly to yellow. In the Spring experiment, CSA 500 had lower mesophilic, enterobacterias, and psychrophiles counts with 4.3, 4.7 and 3.1 log/UFC*g respectively, followed by CSA 250 with 5.1, 5.2 y 3.2 log/CFU*g respectively. For Enterobacterias, after 4 days, all treatments exceeded legal limit (>3.7 log/CFU*g), except CSA 500. The sensory quality tended to decline over time, especially appearance, where DC 10 was the best scored with 9.4.

In the 2nd experience all treatments were found effective, therefore, all sanitizers could be used as an alternative to sodium hypochlorite.

Keywords: sodium hypochlorite, vegetables, fresh cut.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas tres décadas, se ha vivido inserto en una sociedad donde los consumidores priorizan la conveniencia y la alta calidad de los productos alimenticios (Ahvenainen, 1996; Watada y Qui, 1999; Ragaert *et al.*, 2006). La actual demanda por frutas y hortalizas mínimamente procesadas o “fresh-cut”, es el resultado de la existencia de consumidores deseosos de alimentos sanos, frescos y sabrosos, ya que éstos son importantes componentes de una dieta saludable. Dichos alimentos contienen compuestos antioxidantes y otros compuestos fitoquímicos que juegan un importante rol en la nutrición y salud humana, debido a las actividades de barrido de los radicales libres y la inducción de genes que codifican las enzimas anti cancerígenas (Van Poppel *et al.*, 1999, Kaur y Kapoor, 2001). Por otro lado, este creciente interés se debe, en gran parte, a los nuevos hábitos familiares de compra y a una mayor conciencia sobre la importancia de consumir productos frescos, bajos en calorías, libres de aditivos e higiénicamente seguros, unido al ahorro de tiempo empleado en la preparación doméstica (Ahvenainen, 1996, Oms-Oliu *et al.*, 2009).

Los productos mínimamente procesados en fresco (MPF) consisten en frutas y hortalizas preparadas y manipuladas mediante operaciones simples como el lavado, cortado, rallado, picado, rebanado entre otras, muchas de las cuales aumentan la perecibilidad del producto (Ahvenainen, 1996). Estas operaciones dan un valor adicional a las hortalizas, pero causan un rápido deterioro por el incremento de la tasa respiratoria y transpiratoria, actividad enzimática y proliferación microbiana, disminuyendo su vida útil a unos cuantos días (Del Nobile *et al.*, 2007). Es así que la perecibilidad microbiológica, sensorial y nutricional de hortalizas mínimamente procesadas es de 4 a 10 días en un rango de temperaturas de 0 – 5° C (Ahvenainen, 1996).

La rúcula (*Eruca vesicaria*), fue introducida al mercado del mínimo proceso debido al interés por “nuevas ensaladas”. Dicha hortaliza pertenece a la familia de las *Brassicaceae* y se encuentra en la mayoría de los países mediterráneos. Como otras de su familia, contiene un amplio rango de fitonutrientes promotores de la salud incluyendo vitamina C, fibra dietética, flavonoides y glucosinolatos (Crozier *et al.*, 1997; Barillari *et al.*, 2005).

En relación a la carga microbiológica, el número y tipo de microorganismos encontrados en productos de mínimo proceso, son altamente variables y las bacterias encontradas en ensaladas son las mismas que se encuentran en campo. La población bacteriana dominante en hortalizas, durante el almacenamiento a bajas temperaturas consiste principalmente en especies pertenecientes a las familias *Pseudomonadaceae* y *Enterobacteriaceae*, pero también a algunas bacterias ácido lácticas (Zagory, 1999). En cuanto a las levaduras se ha encontrado una gran variedad de especies, como *Cándida* y *Pichia*, entre otras (Ragaert *et al.*, 2007). Es importante destacar que la eficiencia de un sanitizante contra

microorganismos se puede ordenar de la siguiente forma: bacterias, virus, esporas, protozoos (Liberti y Notarincola, 1999; citado por Kitis, 2003).

En general, las técnicas de preservación son efectivas cuando se utilizan materias primas con una óptima calidad. Dentro de las técnicas más usadas se encuentran las bajas temperaturas y las atmósferas modificadas. Estas técnicas disminuyen la tasa respiratoria de los vegetales, dando como resultado una prolongación en la vida útil del producto (Day, 2002; Watada *et al.*, 1996). En la cadena productiva del mínimo proceso, la etapa de lavado y/o sanitización es la única operación donde la suciedad, residuos de pesticidas y los microorganismos responsables de la pérdida de calidad se pueden disminuir (Sapers, 2003). Los agentes sanitizantes se añaden al agua del proceso para rebajar la población microbiana y prevenir la contaminación cruzada del producto. El sanitizante seleccionado debe ser efectivo en disminuir la población microbiana, no afectar la calidad sensorial del producto y además no producir efectos adversos en los fitonutrientes (Martínez-Sánchez *et al.*, 2006a).

El éxito del lavado depende del microorganismo que se desea atacar, características de la superficie del vegetal, grado de unión de las células ubicadas en la superficie, tipo de lavado, tiempo de exposición, temperatura, pH, etc. Adicionalmente, la carga microbiana que permanece crece rápidamente alcanzando valores similares a aquellos productos que no han sido lavados, por lo que mantener esta reducción durante el almacenamiento es tan importante como la reducción microbiana posterior al lavado (Ragaert *et al.*, 2007).

El hipoclorito de sodio ha sido el agente sanitizante más utilizado en la industria de los alimentos durante décadas (Martínez-Sánchez *et al.*, 2006a). Sin embargo, la información disponible indica que éste es insuficiente para reducir la microbiota, la cual puede incluir patógenos transmitidos por los alimentos (Foley *et al.*, 2004; Virto *et al.*, 2005). Por otro lado, el hipoclorito de sodio está asociado con la posible formación en agua de compuestos clorados cancerígenos, por lo que su uso está siendo cuestionado (Rico *et al.*, 2007). Eventualmente, la seguridad y eficacia del hipoclorito de sodio puede ser la razón para implementar restricciones por parte de las agencias reguladoras y es por esto, que existe una creciente necesidad de investigar la eficiencia de nuevos sanitizantes comerciales. El uso de agentes sanitizantes alternativos a este agente está siendo adoptado por algunas compañías de mínimo proceso como estrategia de marketing para atraer consumidores (Sapers, 2001).

Entre las alternativas se encuentra el ácido peroxiacético que es un agente oxidante, que produce daño en el ADN o en los lípidos presentes en las células. También, produce la desnaturalización de proteínas y enzimas, y el aumento en la permeabilidad de la pared celular mediante la oxidación de sulfhidrilos y disulfuros. Este ácido es tolerante a distintos factores como bajas temperatura, dureza de las aguas, contaminantes del suelo y actúa en un amplio rango de pH (desde 1 a 8) (Artés *et al.*, 2009). Además, éste ha demostrado ser muy efectivo contra *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes* (Beuchat *et al.*, 2004; Rodgers *et al.*, 2004).

El ácido peroxiacético es soluble en agua y no produce productos tóxicos o mutagénicos, al reaccionar con materia orgánica. Las concentraciones utilizadas varían de 25 a 300 mg/L con un tiempo de 10 a 1 minuto respectivamente (Kitis, 2003).

El clorito de sodio acidificado, es otro sanitizante que posee poder antimicrobiano contra microorganismos patógenos responsables de la pérdida de calidad sensorial (González *et al.*, 2004). Es un poderoso antimicrobiano que se produce por un descenso del pH (2,5 a 3,2) de una solución de clorito de sodio (NaClO_2) con cualquier ácido. Se comercializa como Sanova, y se recomiendan concentraciones de 250 a 500 mg/L a un pH de 2,7 por un tiempo de inmersión de 1 a 5 min (Warf 2001, citado por Allende *et al.*, 2007). Este agente fue aprobado recientemente por la FDA para la aplicación por aspersión o inmersión en productos de mínimo proceso (FDA, 2001 citado por Kim *et al.*, 2007).

Kim *et al.* (2007), encontraron que al lavar hojas de rúcula con 100 mg/L de clorito de sodio en solución acidificada reducen los recuentos iniciales de bacterias aerobias y coliformes en especial de *E. Coli*, que afectan la vida útil de esta especie.

El dióxido de cloro es un gas estable, con alto poder de penetración, actúa como oxidante y es efectivo contra esporas en hortalizas mínimamente procesadas. Además, produce menor cantidad de subproductos halogenados que el hipoclorito de sodio y es eficiente para combatir bacterias y virus a concentraciones muy bajas como 0,1 mg/L. Por otro lado, con un tiempo mínimo de contacto (segundos), es muy efectivo contra *E. Coli*, éste reacciona directamente con los aminoácidos y en el ARN celular pero no está claro si ataca la estructura celular o los ácidos al interior de la célula (Artés *et al.*, 2009; EPA, 1999, Gómez – López *et al.*, 2008).

El dióxido de cloro es un agente soluble en agua fría, que al entrar en contacto con agua permanece como una solución de gas disuelto, siendo 10 veces más soluble en agua que el hipoclorito de sodio (EPA, 1999).

Hipótesis

Los tratamientos sanitizantes reducen los recuentos microbiológicos alargando la vida útil de hojas de rúcula envasada en atmósfera modificada.

Objetivo

Evaluar el efecto de tratamientos sanitizantes para reducir la carga microbiana en hojas de rúcula conservadas bajo atmósfera modificada a 5° C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

Los ensayos se realizaron en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) y en los laboratorios de Evaluación Sensorial y Análisis Microbiológico del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Esta memoria fue financiada por el Proyecto Fondecyt N° 1090059. “Technology Innovations Applied to Novel Fresh-cut Leaf Vegetables: Quality and Food Safety.”

Materiales

Se utilizaron hojas de rúcula (*Eruca sativa* var. *Vesicaria*), proveniente del huerto comercial Más Vida ubicado en camino Lonquén, comuna de Calera de Tango, Región Metropolitana. La rúcula en otoño – invierno se cultivó bajo invernadero y en primavera – verano, bajo siembra escalonada con cubierta. La cosecha se realizó manualmente y sin cuchillo, cada 30 días aproximadamente, en verano y 40 a 50 días en invierno. La longitud de las hojas de rúcula al momento de cosecha fue de 10 cm aproximadamente. En esta investigación se utilizó rúcula de ambas épocas, para el Ensayo I se utilizó rúcula cultivada en otoño – invierno ya que este ensayo se realizó a inicios de primavera (Ensayo I, primavera). Para el Ensayo II se utilizó rúcula cultivada en primavera – verano, ya que este ensayo se llevó a cabo a inicios de verano (Ensayo II, verano).

Para el lavado se utilizaron los siguientes agentes sanitizantes: dióxido de cloro (ClO_2 , Winzaclor-5, marca Winkler), ácido peroxiacético ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$, Tsunami 100, marca Ecolab), clorito de sodio (NaClO_2 , Sigma, marca Aldrich) e hipoclorito de sodio (NaClO , Cloro, marca Clorox).

Las hojas de rúcula se envasaron en bolsas de plástico de 24 x 15cm. La permeabilidad normal al oxígeno de la película plástica usada para el Ensayo I fue de 6 – 14 $\text{mL/m}^2 \text{ d atm}$ a 24° C y a 0% de humedad relativa (Sealed Air, CRYOVAC Chile, 2009) y la permeabilidad al oxígeno de la película plástica para el Ensayo II fue de 3680 $\text{mL/m}^2 \cdot \text{d}$ (Anexo IV); esta tuvo que ser calculada en base a los resultados, ya que la empresa que facilitó las bolsas no contaba con la información necesaria.

Metodología

Selección de la materia prima

Previo al procesamiento, se seleccionó la materia prima y se eliminaron aquellas hojas que presentaron: color no característico (amarillamiento u otro), falta de turgencia (pérdida de agua), daño físico, podredumbres, etc. (Wiley, 1994).

Procedimiento

Una vez que las hojas de rúcula se cosecharon (Figura 1), se transportaron al laboratorio del CEPOC donde se almacenaron de 0 a 1° C en oscuridad y a 95% de humedad relativa durante un día hasta su procesamiento. Desde la cámara de almacenamiento, las hojas se llevaron a una cámara de manipulación y acondicionamiento a 8° C, previamente sanitizada, donde se seleccionó la materia prima y aquellos tallos protuberantes, se cortaron con cuchillo de filo liso y eliminados. Posteriormente, las hojas se lavaron por inmersión durante 5 min en agua potable a 5° C, con el fin de retirar cualquier material extraño en ellas. Luego, las hojas se trataron con los agentes sanitizantes mencionados por 3 min. Los tratamientos y las concentraciones de los sanitizantes se indican en el Cuadro 1.

Posteriormente, las hojas se escurrieron sobre una malla de acero inoxidable por 3 min, se centrifugaron con una centrifuga manual y envasaron en bolsas de plástico de 24 x 15 cm, aproximadamente. En cada bolsa se colocaron 50 ± 3 g de hojas y se termo sellaron. Las hojas se conservaron 10 días a 5° C, simulando las condiciones comerciales y se realizaron evaluaciones periódicas cada 3 días.

Se realizaron dos Ensayos en distinta época, el primero en primavera (octubre 2009), con 8 tratamientos (Cuadro 1). De este ensayo se seleccionaron los tratamientos que tuvieron mayor reducción microbiana y alcanzaron una alta puntuación sensorial.

Cuadro 1. Tipos y concentraciones de sanitizantes y condiciones de envasado utilizadas en hojas de rúcula (Ensayo I, primavera)

* Bolsa perforada (Bp)

Tratam.	Sanitizante	Concentración (mg/L)	Envasado	pH inicial
1	Hipoclorito de sodio (HS)	100	Bp*	8,2
2	Hipoclorito de sodio (HS)	100	AMP**	8,2
3	Dióxido de Cloro (DC)	5	AMP	7,5
4	Dióxido de Cloro (DC)	10	AMP	7,7
5	Clorito de sodio acidificado (CSA)	250	AMP	2,7
6	Clorito de sodio acidificado (CSA)	500	AMP	2,5
7	Ácido peroxiacético (AP)	50	AMP	4,9
8	Ácido peroxiacético (AP)	90	AMP	4,5

** AMP: Atmósfera modificada pasiva (6 – 14 mL/m² d atm a 24° C y a 0% de humedad relativa).

El segundo ensayo, se realizó en verano (diciembre 2009), con 4 tratamientos (Cuadro 2), pero con una bolsa de diferente permeabilidad (Anexo IV).

Cuadro 2. Concentración de sanitizantes utilizadas en hojas de rúcula (Ensayo II, verano)

Tratamientos	Sanitizante	Concentración (mg/L)	Envasado	pH inicial
1	Hipoclorito de sodio (HS)	100	AMP	8,2
2	Dióxido de Cloro (DC)	5	AMP	7,5
3	Clorito de sodio acidificado (CSA)	500	AMP	2,5
4	Ácido peroxiacético (AP)	50	AMP	4,9

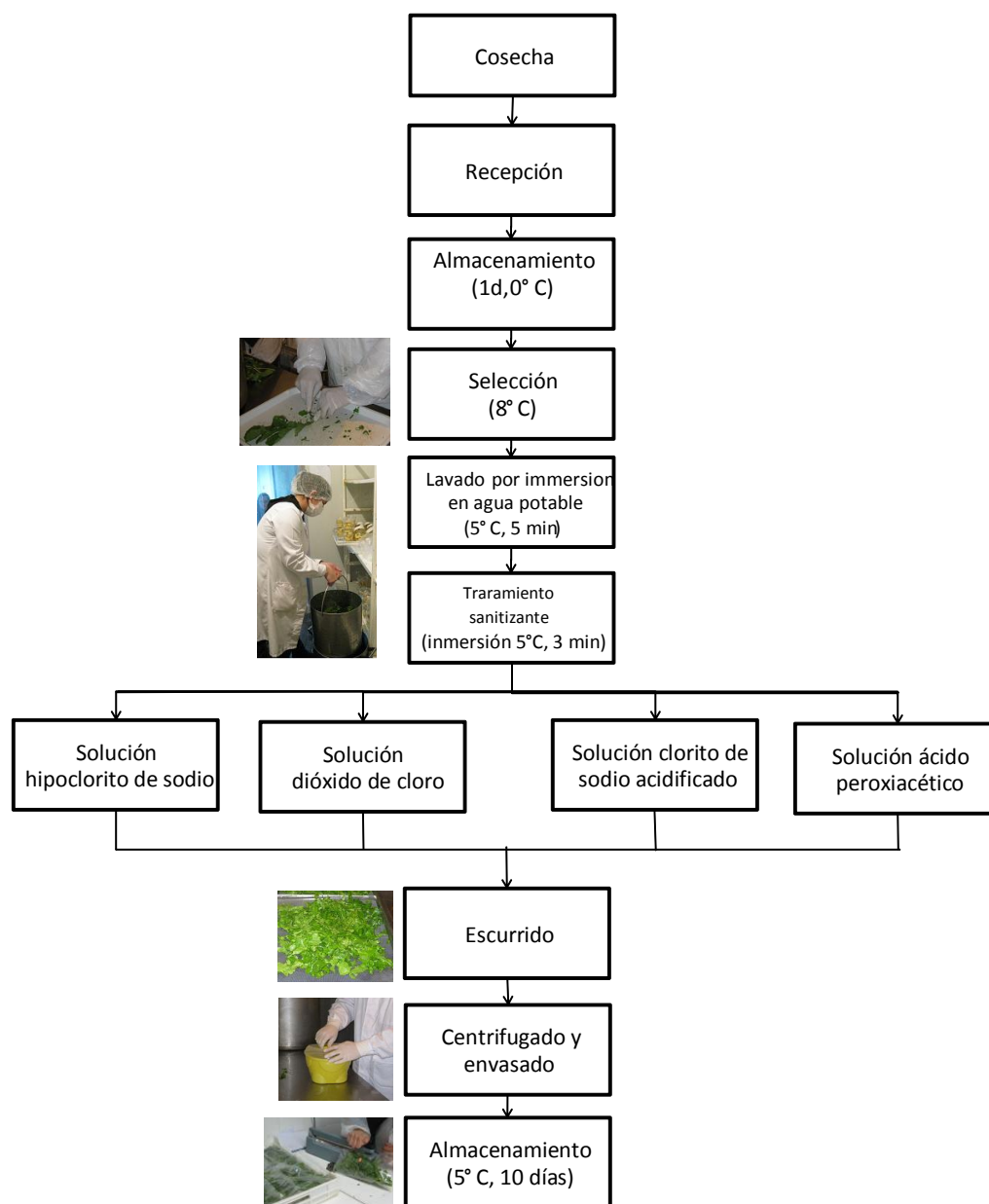


Figura 1. Diagrama de flujo del procesamiento en fresco de hojas de rúcula

Parámetros medidos

Análisis de las hojas de rúcula

Las determinaciones analíticas de las hojas se realizaron los días 1, 4, 7 y 10 de almacenaje a 5° C.

Tasa respiratoria. Se determinó mediante un método estático (Kader *et al.*, 1989), colocando 50 g de hojas en recipientes de vidrio de 1 L con cierre hermético. Los frascos estaban provistos de un septum de silicona en su tapa, a través del cual se tomaron muestras gaseosas de 10 mL, con una jeringa de plástico después de 1 hora y media de cierre. La composición del espacio de cabeza fue monitoreado mediante el uso de un cromatógrafo de gases (Hewlett Packard, modelo 5890 serie II, California, EE.UU). La tasa respiratoria se expresó como la producción de CO₂ (mg/kg h).

Atmósfera modificada. Se evaluó la evolución de la concentración de O₂ y CO₂ al interior de las bolsas. Se tomaron muestras gaseosas de 10 mL con una jeringa de plástico. La medición de los gases presentes en la bolsa se realizó siguiendo la metodología descrita anteriormente. Para HS Bp, se mantuvo la composición gaseosa similar a la del aire durante el transcurso del Ensayo primavera, debido al número y dimensiones de las perforaciones que disponían las bolsas.

Análisis Microbiológico. Se tomó una muestra de 10 g por bolsa que fue homogenizada en 90 mL de agua peptonada estéril y sometida a un digestor en bolsas estériles por aproximadamente 1 minuto (Ministerio de Salud, 1997). Se efectuaron los siguientes análisis:

- **Aerobios mesófilos (RAM):** Se realizó una siembra en profundidad y se incubaron a 37° C durante 48 h en el medio Plate Count Agar (PCA).
- **Enterobacterias:** Se realizó una siembra en profundidad y se incubaron a 37 °C durante 48 h en el medio Eosin Methylene Blue Agar (EMB).
- **Bacterias psicrófilas:** Se realizó una siembra en profundidad en Plate Count Agar (PCA) y se incubaron a 7° C durante 7 días.
- **Levaduras y mohos:** Se sembraron en superficie utilizando 0,1 mL de muestra, como medio de cultivo se utilizó Papa Dextrosa (PD) y se incubaron por 5 días a 22° C.

Los medios de cultivos corresponden a la marca DIFCO (Nueva York, EE.UU.). Los recuentos microbiológicos se expresaron como el logaritmo de la unidad formadora de colonia por g (log ufc/g). La calidad microbiológica se evaluó de acuerdo con la legislación Chilena para frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados listos para el consumo (Anexo III).

Determinaciones físicas

- **Color:** El color de la hoja, se midió por medio de un colorímetro compacto triestímulo (en el primer ensayo se utilizó un Chroma meter CR-400/410, Konica y para el segundo ensayo un Minolta CR-300 Tokio, Japón). Los valores de los parámetros se expresaron como luminosidad (L), croma (C*) y tono (Hab), los cuales, se calcularon a partir de la siguientes fórmulas: $Hab = \arctg(b^*/a^*)$ y $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (Oms-Oliu *et al.*, 2006). Se midieron 10 hojas por bolsa. En el Cuadro 3, se muestra una escala visual de color con los respectivos valores de luminosidad croma y tono, los resultados obtenidos se asociaron a un número de dicha escala de 1 a 8, siendo el 1 color verde amarillo y el 8 verde oscuro.

Cuadro 3. Escala gradual de color para hojas de rúcula

	1	2	3	4	5	6	7	8
L:	60,9	56,8	51,9	47,7	46,4	39,1	37,7	37,3
C*:	39,7	40,5	36,7	30,9	29,5	25,2	23,9	20,3
Hab:	108,4	115,1	121,5	124,3	125	128	125,2	129,1

Evaluación sensorial: Se utilizó el método de análisis descriptivo-cuantitativo, aplicado a un panel de 12 jueces semientrenados, usando una pauta no estructurada de 0 a 15 cm (Anexo 1), donde se evaluó apariencia, color, turgencia y sabor (Espinosa, 2007). A cada juez se le proporcionó una bolsa para apariencia, cada una correspondiente a un tratamiento, identificada con un código de tres dígitos seleccionado al azar. Para el aspecto gustativo, las muestras de cada tratamiento se dispusieron en pocillos igualmente identificados. Los resultados se interpretaron de acuerdo con Araya (2007) (Anexo II). En ambas ensayo, para determinar la calidad sensorial se utilizaron las pautas de valores que se muestran en el Anexo 1. Se consideró una puntuación sobre 7,5 como la media aceptable.

Diseño experimental y análisis estadístico

En el Ensayo I, se utilizó un diseño completamente al azar con 8 tratamientos donde cada tratamiento fue un sanitizante con una determinada concentración. En el Ensayo II, se seleccionaron los 4 mejores tratamientos del ensayo 1. La unidad experimental fue una bolsa con 50 g de rúcula. Los datos obtenidos se sometieron a una prueba de normalidad para analizar su homogeneidad. Posteriormente, los datos se evaluaron con un análisis de varianza (ANDEVA), y en el caso de existir diferencias significativas al 5% entre tratamientos, se aplicó el test de comparaciones múltiples de TUKEY. Todos los resultados se analizaron estadísticamente mediante el programa de software estadístico SAS JMP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo I, Primavera

Respiración

El día 1 de evaluación, hubo diferencias significativas entre tratamientos. Los tratamientos DC 5 y DC 10 presentaron las menores tasas respiratorias con 57,9 y 73,2 mg/kg*h, seguido por HS AMP, CSA 250 y 500 con tasas de 81 a 82 mg/kg*h. AP 50 y 90 presentaron las mayores tasas de respiración, entre 130 y 140 mg/kg*h (Cuadro 4). Llegando el día 10, se encontraron diferencias significativas donde DC 5 y 10 presentaron los menores valores, entre 50 y 55 mg/kg*h. Los tratamientos CSA 500, AP 50 y 90 presentaron tasas superiores a 100 mg/kg*h. El dióxido de cloro tuvo un efecto positivo en la tasa respiratoria ya que al inicio y al final de la conservación, DC 5 y 10 presentaron las menores tasas.

Cuadro 4. Tasa respiratoria (mg/kg*h) de rúcula MPF, tratada con diferentes sanitizantes y almacenada a 5° C durante 10 días

Tratamiento	1	10
HS AMP	81,2 B b*	64,0 AB a
DC 5	57,9 A a	49,9 A a
DC 10	73,2 AB b	54,3 A a
CSA 250	81,3 B ab	77,6 B a
CSA 500	82,1 B a	109,9 C b
AP 50	139,0 C b	117,5 C a
AP 90	129,7 C b	101,0 C a

*Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas entre los días de un tratamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey ($n=3$).

En estudios anteriores, se encontraron diferencias significativas entre lavado con hipoclorito de sodio y agua potable en zanahorias MPF, donde las tasas respiratorias más bajas fueron obtenidas con el lavado con hipoclorito de sodio (Klaiber *et al.*, 2005; Cliffe – Byrnes y O´Beirne, 2005a). Al igual que Martínez-Sánchez (2008) y Allende *et al.* (2007) señalan que un sanitizante podría aumentar la tasa respiratoria como resultado del estrés por la manipulación de una hortaliza, debido al daño físico producido durante el corte, lavado y secado (escurrido y centrifugado) durante el procesamiento. Por el contrario a los resultados obtenidos en este ensayo, Baur *et al.* (2005), en ensayos con lechuga iceberg MPF lavada con cloro o con agua potable, almacenada a 4° C por 10 días, no observaron diferencias en la tasa respiratoria. Estas heridas físicas son inevitables y causan tanto un daño inmediato en los tejidos como un posterior deterioro. La tasa respiratoria de una hortaliza de hoja, puede variar según la edad fisiológica de esta (Fonseca *et al.*, 2002) sin

embargo, es importante señalar que existe poca información publicada sobre el impacto que tienen diferentes sanitizantes en la fisiología vegetal, en especial sobre la tasa respiratoria.

De acuerdo a los resultados, sería conveniente seleccionar un sanitizante en relación al comportamiento respiratorio a lo largo del almacenamiento, donde el sanitizante no debe influir en la tasa respiratoria del vegetal y en caso de hacerlo, no potenciarla. Por lo tanto, los tratamientos DC 5, DC 10 y CSA 250 serían recomendados.

Evolución de gases en las bolsas

En la Figura 5, se observa que todos los tratamientos presentaron un notorio descenso en la concentración de O₂ y aumento en la concentración de CO₂ luego del procesamiento. El día 1, las concentraciones de CO₂ fueron inferiores al 4,3% y las de O₂ superiores al 15,4%, sin diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice I, Cuadros 1 y 2). Tras 4 días, las concentraciones de todos los tratamientos se estabilizaron en 9,8 y 13,5% de CO₂ y entre 7 y 9,7% de O₂, salvo HS AMP, que fue significativamente distinto al resto, con 4% CO₂ y 16% de O₂ y se estabilizó llegando el día 7. En el día 10, HS AMP fue significativamente distinto al resto, acumuló la menor concentración de CO₂, con 12,5% y la mayor de O₂, con 8,2%, mientras que todos los tratamientos presentaron concentraciones entre un 17 a 20,8% de CO₂ y 1,2 a 4,5% de O₂. Esto, confirma que la bolsa utilizada tiene baja permeabilidad a dichos gases y hubo un correcto sellado de las bolsas. Sólo HS AMP fue significativamente distinto, al igual que lo señalado por Cliffe-Byrnes y O'Beirne (2005a), al trabajar con repollo MPF, lavado con agua potable e hipoclorito de sodio y conservado por 10 días a 4° C. En este ensayo, las bajas concentraciones de O₂ (< 1,5%) coinciden con aquellos tratamientos que obtuvieron tasas respiratorias superiores a 100 mg/kg*h (Ap 50 y 90) ya que consumen mayor cantidad de O₂.

Resultados similares fueron obtenidos por Baur *et al.* (2005) en lechuga iceberg MPF lavada con agua potable e hipoclorito de sodio, quienes tampoco observaron diferencias durante la conservación a 4° C durante 10 días. Según Allende *et al.* (2007), lechuga escarola y iceberg MPF, lavadas con agua, hipoclorito de sodio, dióxido de cloro y clorito de sodio acidificado, conservadas a 5 y 8° C por 8 días alcanzaron similares concentraciones de CO₂ (>12%) y de O₂ (<2%).

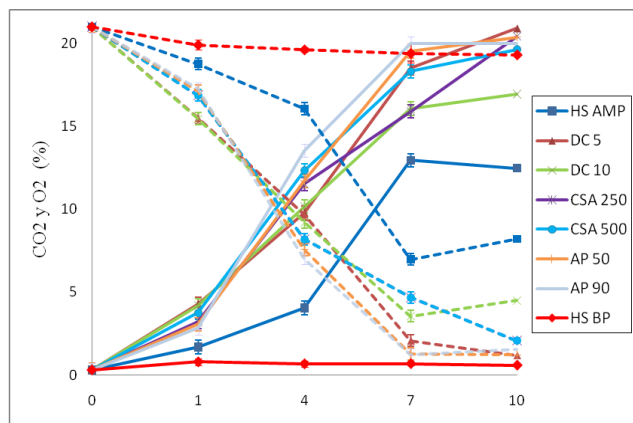


Figura 5. Evolución en las concentraciones de CO_2 (—) y O_2 (----) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5°C [Medias ($n=3$) \pm ES]

Color

Luminosidad. El día 1 y 4 los valores obtenidos fluctuaron entre 39 y 42 sin diferencias entre tratamientos (Apéndice I, Cuadro 3). Al término de la conservación, se observaron diferencias significativas entre tratamientos, HS Bp presentó el valor más alejado con 45. En el Cuadro 3, un alto valor de L se relaciona con un color blanquecino, tendiendo al amarillo al observar las imágenes de este cuadro. HS AMP, DC 10 y AP 90 presentaron los menores valores de 39 a 40,2 (Figura 6). A lo largo de la conservación, solo hubo diferencias significativas entre tratamientos el día 10. Este día, HS Bp fue el único tratamiento que aumentó de valor, posiblemente debido a que las hojas de rúcula estaban en bolsa perforada, es decir en contacto directo con una atmósfera de aire, por lo que en presencia de oxígeno la clorofila fue degradada. La degradación de la clorofila se ve afectada por factores como luz, temperatura, pH y oxígeno y se manifiesta en un cambio de color (Barreiro y Sandoval, 2006).

En el Cuadro 3, (Sección materiales y métodos), en la escala de color verde oscuro a amarillo, se observa que L aumenta de valor, al igual que lo sucedido a lo largo de esta ensayo, salvo el día 10. L varió de 8 a 6 puntos, manteniéndose en los niveles de color verde oscuro. Una vez caracterizadas y procesadas las hojas de rúcula (Figura 3), todos los tratamientos disminuyeron de valor, lo que podría asociarse con un leve oscurecimiento. Por lo que, el lavado con agua y sanitizante podrían tener un efecto positivo en L.

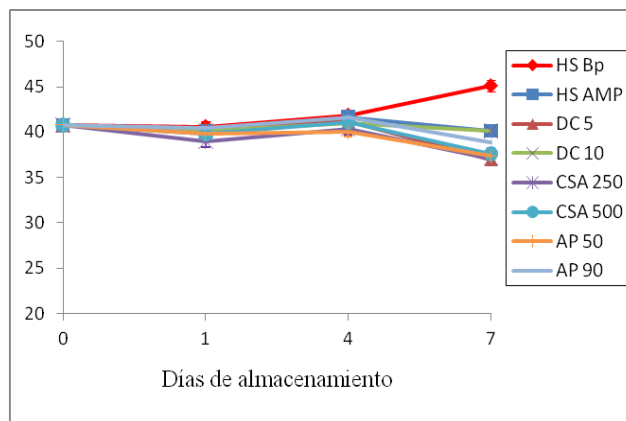


Figura 6. Valores de Luminosidad (L) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C [Medias (n=3) ±ES]

Tono o Hab. Los valores se mantuvieron en un rango de 125,5 a 126,3 y llegando al día 10, como se observa en la Figura 7 sólo HS Bp mostró una significativa reducción (120,9) asociada a un amarillamiento (Apéndice I, Cuadro 4). Este considerable descenso podría estar asociado a que se utilizó una bolsa perforada, por lo tanto, las hojas de rúcula estaban en contacto con el medio ambiente, por lo que el O₂ degradó sus clorofilas, causando una pérdida de color. Al comparar los resultados con los valores de la escala de color del Cuadro 3, estos disminuyeron todo el tiempo, lo que corresponde a una tendencia al amarillo, indicando que el producto continúa su evolución hasta su senescencia, tal como se esperaba. Según la escala de color del Cuadro 3, los valores de tono fueron de 4 a 7.

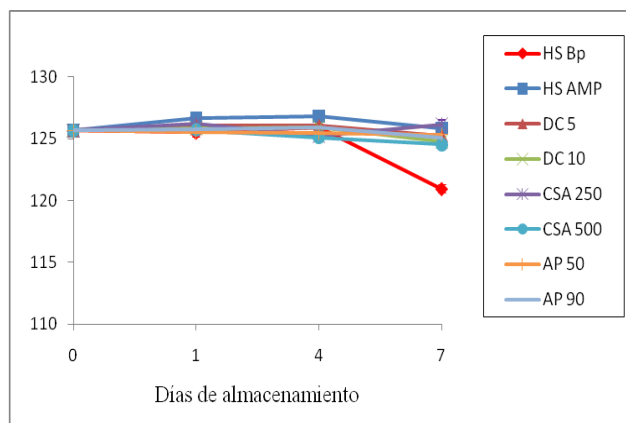


Figura 7. Valores de tono en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C [Medias (n=3) ±ES]

Croma o saturación. Los valores se mantuvieron en un rango de 29,2 a 31,7, durante 10 días a 5° C (Apéndice I, Cuadro 5). Sin embargo, como se puede observar en la Figura 8, el tratamiento HS Bp, alcanzó valores de 36, lo que indica según la escala de color del Cuadro 3, que tendió al amarillo variando entre 4 y 5.

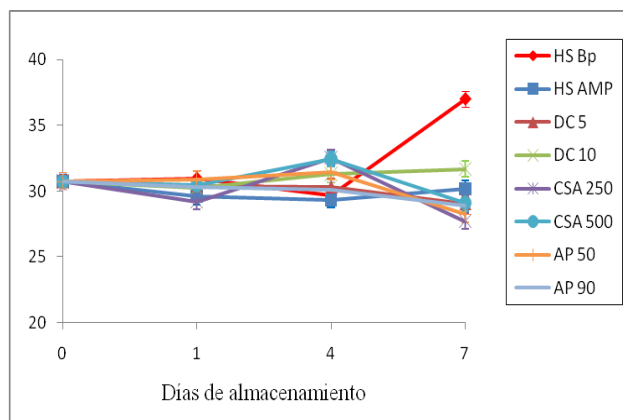


Figura 8. Valores de Cromo (C^*) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C [Medias ($n=3$) \pm ES]

Estos resultados no dan una clara idea del efecto de los sanitizantes sobre el color de las hojas de rúcula, sin embargo queda en evidencia que HS B tuvo un comportamiento distinto al resto de los tratamientos, probablemente debido a que fue el único envasado en bolsa perforada, por lo tanto estaba expuesto a las condiciones ambientales. HS Bp obtuvo los mayores valores de C^* y L y los menores de Hab, lo que significa que presentó la mayor pérdida de color (Cuadro 3). La poca variación del color, se podría atribuir a la concentración de gases alcanzada, es decir, altos valores de CO_2 ($>12,5\%$) y bajos de O_2 ($<8,2\%$). Altas concentraciones de CO_2 y bajas de O_2 y etileno mantuvieron el color. Aun que, este último no se midió, Kader (2002) señala que la rúcula produce muy baja cantidad de etileno ($<0,1 \mu L/kg \cdot h$ a $20^\circ C$).

Las hojas de rúcula mostraron un color verde oscuro intenso, con el avance de los días, se observó en la mayoría de las muestras que el color verde oscuro intenso se fue perdiendo y comenzó a tomar coloraciones amarillas. Sin embargo, en el día 10 de evaluación, esta pérdida de color cesó, probablemente por una mala centrifugación al momento de envasado, por lo que el agua presente en las bolsas podría haber actuado como barrera al O_2 , responsable de la degradación de la clorofila. Al igual que en esta ensayo, Koukounaras *et al.* (2007), al trabajar con hojas de rúcula de diferentes edades y conservadas por 10 días a $10^\circ C$, al evaluar color junto con el amarillamiento y pérdida de clorofila observó que C^* y L presentaban un aumento significativo y Hab una disminución significativa.

Koukonaras *et al.* (2007), señalan que el color es la característica más importante en la calidad de las hojas de rúcula. El mayor problema en su postcosecha es una rápida senescencia, reflejada en un amarillamiento producto de la degradación de las clorofilas, por lo que sería necesario investigar el contenido de clorofilas durante la conservación.

Análisis Microbiológico

Recuento de aerobios mesófilos. Las hojas de rúcula lavadas con agua potable obtuvieron recuentos de 5 log UFC/g. Este valor se consideraría elevado para hojas de rúcula cultivadas bajo invernadero y regadas con agua de pozo. Según Sapers (2003), la contaminación microbiana puede ocurrir durante toda la cadena productiva, afectando negativamente la vida útil de producto. Por esta razón una reducción en la carga microbiana inicial podría ser determinante en la calidad final de una ensalada fresca.

El día 1, los tratamientos que obtuvieron los menores recuentos fueron HS Bp, CSA 500 Y AP 90 con recuentos menores a 2,8 log UFC/g. Como se observa en la Figura 9, DC 5 y DC 10 fueron tratamientos insuficientes ya que los recuentos superaron las 5 log UFC/g (Apéndice I, Cuadro 7). Los demás tratamientos obtuvieron recuentos de 2,9 a 4 log UFC/g. En los días 4 y 7, los recuentos de mesófilos aumentaron llegando a valores de 2,8 a 5 log UFC/g sin diferencias significativas entre ellos. El día 10 de evaluación, CSA 500 presentó los menores recuentos, con 4,3. En cambio, HS Bp, HS AMP y DC 10, presentaron valores superiores a 6,7, donde HS Bp obtuvo los mayores recuentos ya que estaba en contacto con el aire, demostrando que este tiene un efecto sobre la carga de mesófilos. Coincidente con ensayos realizados por Martínez-Sánchez (2008), en crucíferas. Similares resultados obtuvieron López-Gálvez *et al.* (2010) en lechuga Iceberg cortada y lavada con agua, hipoclorito de sodio y dióxido de cloro y conservada por 10 días a 4 y 7° C.

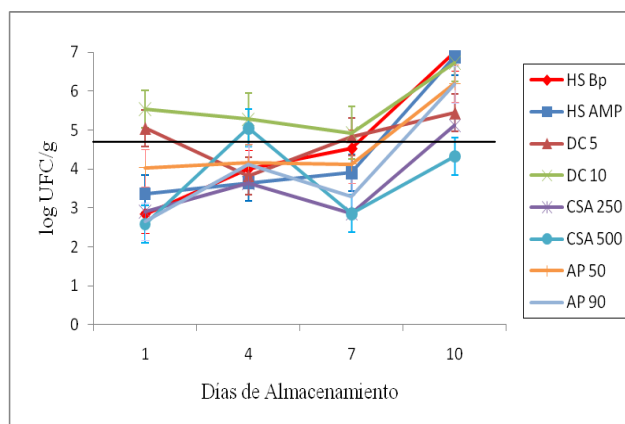


Figura 9. Recuentos de bacterias mesófilas en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C [Medias (n=3) ±ES. La línea horizontal continua corresponde al límite inferior permitido por el Reglamento Sanitario de Alimentos (Ministerio de Salud, 1997)]

Para el final de la conservación todos los tratamientos excedían el límite legal de bacterias mesófilas según lo establecido por el Reglamento sanitario de los alimentos (Ministerio de Salud, 1997) (Anexo III), salvo CSA 500. Estos rangos han sido observados en otras ensaladas como lechuga romana (Allende *et al.*, 2007). Por lo tanto, la vida útil de las hojas rúcula sería de unos 7 días a 5° C. CSA 500 se podría extender a 10 días a 5° C ya que su recuento en el tiempo aún está dentro de lo permitido.

Enterobacterias. El día 1 de evaluación, los tratamientos HS Bp y CSA 500, obtuvieron los menores recuentos con 2,1 log UFC/g y el resto fueron de 2,2 a 2,6 log UFC/g. Tras 4 días de conservación, todos los sanitizantes aumentaron sus recuentos, siendo menores en CSA 250, con 2,9 log UFC/g, en cambio AP 50 obtuvo el mayor recuento con 4,8 log UFC/g (no se lograron establecer diferencias significativas, Cuadro 8). Después de 10 días, HS AMP y CSA 500 lograron los menores recuentos ambos con 4,7 log UFC/g y AP 50 y AP 90 obtuvieron los mayores recuentos ambos con 6 log UFC/g. Para AP 90, este mayor crecimiento microbiano coincide con un aumento en la producción de O₂ el último día de vida útil.

Para enterobacterias, solo CSA 250 y CSA 500 podrían ser comercializados hasta el día 7, según el límite legal establecido por el Reglamento sanitario de los alimentos (Ministerio de Salud, 1997) (Anexo III). El resto de los tratamientos podrían ser comercializados hasta el día 4, salvo AP 50 y 90 que tiene una vida comercial de 1 día (Figura 10).

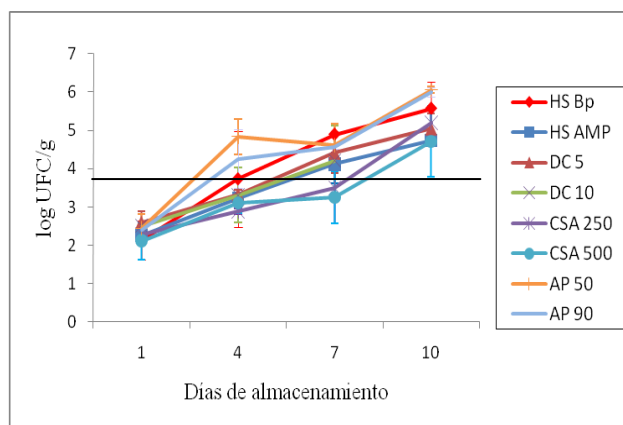


Figura 10. Recuentos de enterobacterias en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C [Medias (n=3) ±ES. La línea horizontal continua corresponde al límite inferior permitido por el Reglamento Sanitario de Alimentos (Ministerio de Salud, 1997)]

Independiente del tratamiento, el día 10 los recuentos variaron de 4,7 a 6 log UFC/g, similar a los recuentos obtenidos en lechuga Iceberg MPF con agua, hipoclorito de sodio y dióxido de cloro y conservada por 10 días a 4 y 7° C, donde los recuentos variaron de 4,5 a 6 (López-Gálvez *et al.*, 2010). Allende *et al.* (2004), al lavar espinaca “baby” con hipoclorito de sodio y conservada bajo atmósfera modificada, por 12 días a 5° C obtuvieron recuentos de 5,7 a 7,5 log UFC/g.

Psicrófilos. El día 1 de conservación, como se puede observar en la Figura 11, los recuentos variaron de 1,4 a 2,8 log UFC/g, sin diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice I, Cuadro 8). En el día 4, el tratamiento CSA 250 obtuvo recuentos de 2 log UFC/g, AP 50 y AP 90 presentaron recuentos de 4,2 a 4,3 log UFC/g y el resto de los

tratamientos fueron de 2,6 a 3,9 log UFC/g. El día 7, DC 10, CSA 250 y CSA 500 presentaron los menores recuentos que fueron de 3,1 a 3,2 log UFC/g, sin diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice I, Cuadro 9).

Coincidente con ensayos realizados por Martínez-Sánchez *et al.* (2006a), en hojas de rúcula lavada con distintos sanitizantes, CSA 250 y CSA 500 fueron los sanitizantes más efectivos en el control de psicrófilos. Por otro lado, HS AMP, fue el que presentó mayor crecimiento de psicrófilos ($4,4 \pm 0,42$ log UFC/g). Cliffe-Byrnes y O'Beirne (2005b), obtuvieron recuentos superiores a 6,7 log UFC/g en repollo picado y envasado en atmósfera modificada y conservado 7 días a 5° C.

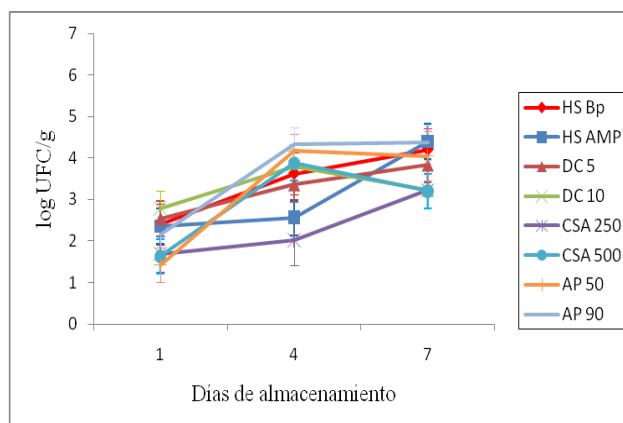


Figura 11. Recuento de psicrófilos en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C [Medias (n=3) \pm ES]

Hongos. Los recuentos de hongos se mantuvieron de 0 a 2,1 log UFC/g sin diferencias significativas entre tratamientos hasta el día 7, donde AP 50 y 90 alcanzaron recuentos de 2 a 2,4 log UFC/g (Cuadro 5).

Cuadro 5. Hongos (log UFC/g) en la vida útil del producto (días)

Tratamiento	1	7
HS Bp	0,65 A a *	0,73 AB a
HS AMP	1,65 A b	1,15 AB ab
DC 5	2,04 A a	1,15 AB a
DC 10	2,12 A b	0,73 AB ab
CSA 250	1,65 A b	0,00 A a
CSA 500	1,95 A b	0,50 AB ab
AP 50	2,04 A a	2,00 B a
AP 90	1,23 A ab	2,38 B b

* Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Levaduras. No se encontraron diferencias significativas durante el almacenamiento, salvo el día 1 (Cuadro 6), donde DC 5, DC 10 y AP 50 alcanzaron recuentos de 2,1 a 2,6 log

UFC/g y en el resto de los tratamientos los valores fueron de 1,1 a 2 log UFC/g. Como se observa en la Figura 8, en el día 7, se observó un aumento significativo en los recuentos que fueron de 3,7 a 4,9 log UFC/g. Martínez-Sánchez *et al.* (2006b), al lavar hojas de rúcula con distintos sanitizantes, obtuvo recuentos que variaron de 1,7 a 3 log UFC/g, el día 7 de conservación a 4° C.

Cuadro 6. Levaduras (log UFC/g) en la vida útil del producto (días)

Tratamiento	1		7	
HS Bp	1,61	AB a *	4,33	A b
HS AMP	1,95	AB a	4,88	A b
DC 5	2,64	B b	3,69	A b
DC 10	2,17	B b	3,76	A b
CSA 250	1,12	AB a	3,71	A b
CSA 500	1,92	AB b	3,74	A c
AP 50	2,19	B b	4,52	A c
AP 90	0,00	A a	4,74	A b

* Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Extender la vida útil en ensaladas frescas, con el fin de alcanzar altos estándares de calidad e inocuidad es sumamente importante. Por esta razón, reducir la carga microbiana y mantener la calidad sensorial son prioridades durante la conservación.

Evaluación sensorial

En esta investigación, la vida útil de las hojas de rúcula se determinó en función de las características visuales y gustativas, de acuerdo a la aceptabilidad del producto desde el punto de vista del consumidor (puntuación media sobre 7,5), siendo prioritario sobre el análisis estadístico.

Apariencia. Como se puede observar en la Figura 12, en todos los tratamientos hubo una disminución de este atributo, los días 1 y 4 los puntajes fueron de 9 a 12, sin embargo no se encontraron diferencias significativas hasta el día 7 y 10 de evaluación. Este último día, HS AMP, DC 10 y AP 90 obtuvieron las mayores puntuaciones que fueron de 7,2 a 9,4 (Apéndice I, Cuadro 9).

El primer día de evaluación todos los tratamientos fueron evaluados como “buenos” y “muy buenos”, exceptuando CSA 500, que fue evaluado como “más que regular” con 9,4. Para el día 4, DC 10 fue el único evaluado como “muy bueno” con 11,7. Ya en el día 7, sólo HS AMP fue evaluado como “muy bueno”, seguido por CSA 250 con “bueno” con 11,9 y 10,9 respectivamente. El último día de conservación, DC 10 fue el mejor evaluado como “más que regular” con 9,4 siendo el único tratamiento que estuvo sobre la media aceptable (Figura 10).

Intensidad del color verde. Durante la vida útil del producto, varió de “muy bueno” a “bueno” (Anexo II) obteniendo puntajes que fueron de 10,3 a 13,3, sin diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice I, Cuadro 10), dejando en evidencia que hubo una leve pérdida de intensidad de color, lo que podría estar relacionado con las altas concentraciones de CO₂. El día 10 de evaluación, CSA 250, CSA 500 y AP 50 fueron los tratamientos mejor evaluados, como “muy buenos”, con puntajes de 11,5 a 11,6, el resto fue evaluado como “bueno”. Estos tratamientos coinciden con los menores valores obtenidos en L y C* y están asociados a los tonos verde oscuro en la escala de color del Cuadro 3. Como se observa en la Figura 12, el color siempre estuvo sobre la media aceptable.

Un factor prioritario que los consumidores consideran a la hora de adquirir un alimento es su aspecto, donde el color tiene un papel fundamental en la elección, en su preferencia y aceptabilidad (Rico *et al.*, 2007).

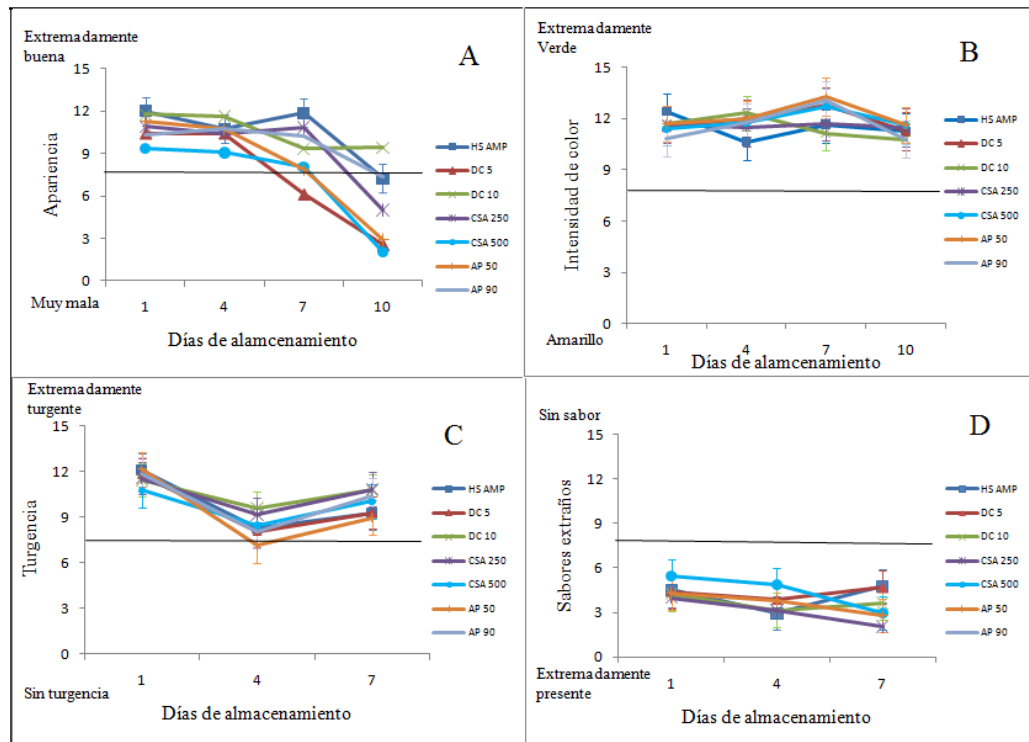


Figura 12. Efecto de diferentes sanitizantes sobre los atributos sensoriales: Apariencia (A), Evolución en la intensidad de color (B), Turgencia (C) y Sabores extraños (D) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C [Medias (n=3) ±ES]

Turgencia. Como se observa en la Figura 12, esta presentó una leve disminución, sin diferencias significativas entre tratamientos a lo largo de la conservación (Apéndice I,

Cuadro 11). Siempre estuvo sobre la media aceptable hasta el día 7. En el día 1, los sanitizantes mejores evaluados fueron HS AMP, DC 5, CSA 250 y AP 50 como “muy alta turgencia” con puntajes que fueron de 11,6 a 12,2. Estos fueron los tratamientos con la menor concentración de sanitizante, el resto fue evaluado como turgencia “levemente alta” (Anexo II). Llegando el día 7, DC 10 y CSA 250 fueron los mejores evaluados como turgencia “levemente alta” ambos con puntaje de 10,8. Para el día 10 de evaluación, se decidió omitir la degustación al panel entrenado, dado que en el día 7, los recuentos microbiológicos superaban el límite legal dispuesto por el Reglamento sanitario de los alimentos (Ministerio de Salud 1997).

Sabores extraños. A lo largo de la conservación, estos tendieron a disminuir como se puede observar en la Figura 12, sin diferencias significativas entre tratamientos a lo largo de la conservación (Apéndice I, Cuadro 12). El día 1, CSA 250 fue el tratamiento mejor evaluado como “suave” con puntuación 4. Llegando el día 7, CSA 250 siguió siendo el mejor evaluado como “muy suave” con 2,1. Todos los sanitizantes presentaron una media aceptable a lo largo de la conservación. Pero dada las bajas concentraciones de O₂ presente en los envases, los sabores extraños también podrían ser atribuidos a una condición de anaerobiosis.

En consecuencia, se fijó la vida útil de las hojas de rúcula de 7 días conservadas a 5° C. Piagentini *et al.* (2005), al trabajar con ensaladas de hoja (lechuga iceberg, romana y achicoria), lavadas con hipoclorito de sodio y conservadas por 12 días a temperaturas entre 1,7 a 20,3° C, observaron que atributos como sabores extraños y color contribuían en el puntaje de apariencia. Además, observaron que este último era el parámetro que más rápido cambiaba su puntuación.

Dado que los sanitizantes como tal, no influenciaron en la calidad visual ni gustativa de las hojas de rúcula, puede decirse que estos tienen un efecto beneficioso, ya que logran mantener parámetros como color y apariencia.

En cuanto a evaluación por parte del panel sobre cada sanitizante, Martínez – Sánchez (2008), obtuvo similar puntuación al trabajar con rúcula salvaje sanitizada con hipoclorito de sodio, dióxido de cloro, clorito de sodio acidificado, entre otros.

En base a los resultados obtenidos en los parámetros microbiológicos y sensoriales discutidos anteriormente, se eligieron las mejores dosis de cada sanitizante para realizar un segundo ensayo. Estos fueron HS AMP, DC 5, CSA 500 y AP 50. Se seleccionaron aquellos sanitizantes que tuvieron los menores recuentos microbiológicos, donde bacterias mesófilas, enterobacterias y psicrofílos fueron los más relevantes. A su vez, lograron una satisfactoria aceptabilidad por parte del panel entrenado, siendo el ítem más relevante la apariencia. Es importante señalar que si un producto muestra una apariencia poco atractiva, un potencial consumidor jamás experimentará el resto de los atributos como sabor, textura u olor, ya que no se sentirá atraído en adquirir este producto (Martínez-Sánchez, 2008).

En el Ensayo II, se trabajó con los 4 sanitizantes seleccionados: HS AMP, DC 5, CSA 500 y AP 50, las condiciones de almacenamiento fueron las mismas, sin embargo, la bolsa se cambió por una de permeabilidad distinta, disponible en el mercado de los productos mínimamente procesado con el fin de estudiar su eficiencia. Se mantuvieron los días de conservación, asumiendo que estos tratamientos persistirían en el tiempo y en base a los resultados, fue calculada la permeabilidad de la bolsa (Anexo IV).

Ensayo II, Verano

Respiración

La tasa respiratoria de las hojas de rúcula luego del procesamiento varió entre 112,7 y 129,3 mg/kg*h sin diferencias significativas (Apéndice II, Cuadro 1). Como se puede observar en la Figura 13, en todos los tratamientos tendió a disminuir significativamente la respiración hasta el día 4. Este día, sí se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, HS AMP fue significativamente distinto al resto, presentando la mayor tasa respiratoria con 93,08 mg/kg*h, para el resto de los tratamientos los valores fueron de 60,7 a 62,4 mg/kg*h. El día 7 y 10 no se encontraron diferencias significativas, pero la tasa respiratoria de HS AMP continuó disminuyendo, mientras que el resto de los sanitizantes aumentó, esto posiblemente debido a un aumento en los recuentos microbianos que será explicado más adelante. A lo largo de la conservación, HS AMP fue el sanitizante que presentó la mayor tasa respiratoria.

Coincidente con Koukounaras *et al.* (2007), al trabajar con hojas de rúcula conservadas por 10 días a 10° C, obtuvo una disminución significativa en la tasa respiratoria luego de 2 días y sin cambios significativos el resto de la conservación.

Estos resultados coinciden con los obtenidos en el ensayo primavera. En trabajos anteriores no se han encontrado diferencias en la tasa respiratoria al tratar lechuga iceberg con cloro o con agua de la red (Baur *et al.*, 2005). En cuanto al uso de ácido peroxiacético, este presentó una marcada baja en la tasa respiratoria lo que concuerda con estudios previos realizados en zanahoria rallada por Vandekinderen *et al.* (2009). Por otro lado, los resultados obtenidos en este ensayo coinciden con aquellos trabajos citados en respiración en el Ensayo I.

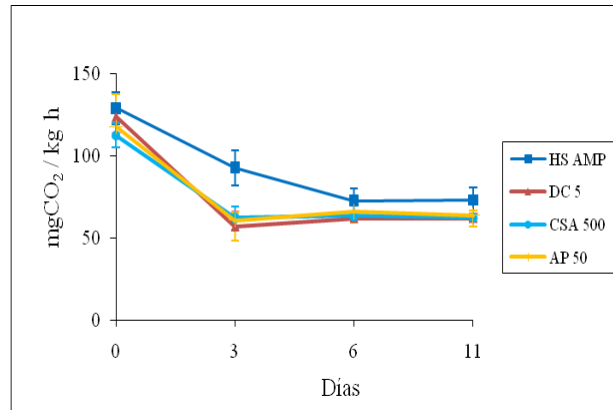


Figura 13. Tasa respiratoria en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C [Medias (n=3) ±ES]

Atmósfera modificada

La composición gaseosa de las muestras envasadas en condiciones de AM cambió durante su conservación como era previsto. Como se puede observar en la Figura 14, todos los sanitizantes alcanzaron el equilibrio el día 4 de conservación, al igual que en el Ensayo primavera, pese a que se utilizaron bolsas de distinta permeabilidad. El día 1 de conservación, se observó una marcada disminución en los niveles de O₂ y un leve aumento en los niveles de CO₂, sin diferencias significativas para CO₂ durante toda la conservación, pero sí para O₂ (Apéndice II, Cuadro 2 y 3). El día 1, HS AMP fue el tratamiento que presentó la mayor concentración de O₂ con 16,2% y AP 50 la menor concentración con 14%. Llegando el día 4, HS AMP fue el que obtuvo menor concentración de O₂ con 3,5% y AP 50, fue el de mayor concentración con 8,3%. Entorno al día 7, todos los tratamientos lograron el equilibrio, salvo HS AMP que lo obtuvo el día 4. Para el día 7 y 10, no hubo diferencias significativas entre sanitizantes en las concentraciones de gas.

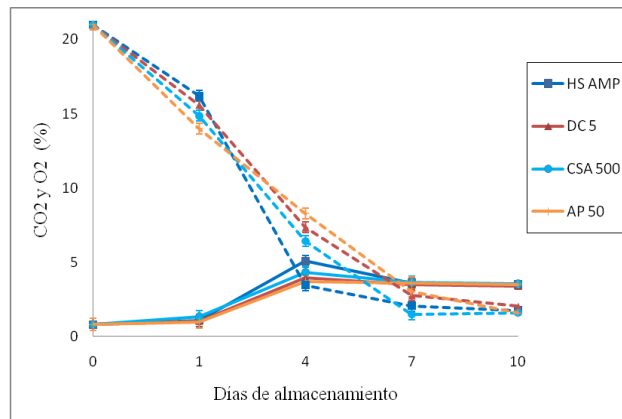


Figura 14. Evolución en los niveles de CO₂ (—) y O₂ (---) en los envases de hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C [Medias (n=3) ±ES]

Los diferentes sanitizantes generaron una composición gaseosa similar, aunque se observaron pequeñas diferencias, posiblemente debido a las diferencias en respiración de las muestras como consecuencia de los lavados.

Pese a que en el Ensayo I, se utilizó una bolsa de distinta permeabilidad, los resultados de este ensayo, en cuanto a la evolución en la concentración de gases, es semejante. Ambos alcanzaron el equilibrio cercano a los días 4 a 7 de conservación. Por ende, los trabajos citados en el ensayo 1, concuerdan con los resultados del presente ensayo. Algunas hortalizas de hoja como el perejil, la espinaca y el cilantro requieren concentraciones de O₂ de 5 a 8 % y de CO₂ de 5 a 10 % (Kader, 2002). Aun que en la literatura no se ha encontrado las concentraciones recomendadas de CO₂ y de O₂ para rúcula, estas hortalizas son las que más se asemejan en características a la rúcula. Por lo que en este ensayo, el CO₂ alcanzó el porcentaje recomendado, no así el O₂, pudiendo haber influenciado la calidad del producto.

Color

Luminosidad. El día 1 de conservación todos los sanitizantes obtuvieron valores de 44 a 44,6 sin diferencias significativas (Apéndice II, Cuadro 4). Llegando el día 4, DC 5 presentó el valor más bajo, con 45,2 y AP 50 el valor más alto con 46,7, presentando diferencias significativas. Como se puede observar en la Figura 15, L presentó un leve aumento. Para el día 7 de evaluación, no se encontraron diferencias significativas entre tratamiento, en cambio para el día 10 si se encontraron. Los tratamientos DC 5 y AP 50 obtuvieron valores de 44,6 a 44,9 mientras que CSA 500, presentó el mayor valor con 46,3. La similitud en la evolución de los sanitizantes coincide con la obtenida en el Ensayo primavera. Durante la conservación L tendió a aumentar de valor, al igual que la escala de color (Cuadro 3), que va de amarillo a verde oscuro y los tratamientos siempre se mantuvieron cercanos al puntaje 5. Un aumento del valor L, en tejidos fotosintéticos durante el almacenamiento se relaciona con un producto más claro (Castañer *et al.*, 1999).

Al comparar los resultados de este ensayo con los resultados del Ensayo I, queda en evidencia que los valores de L a lo largo del tiempo son mayores, posiblemente debido a la diferencia estacional en que se desarrolló el cultivo de cada ensayo. El Ensayo II, fue realizado en verano, época en la cual hay mayor radiación y temperatura ambiental.

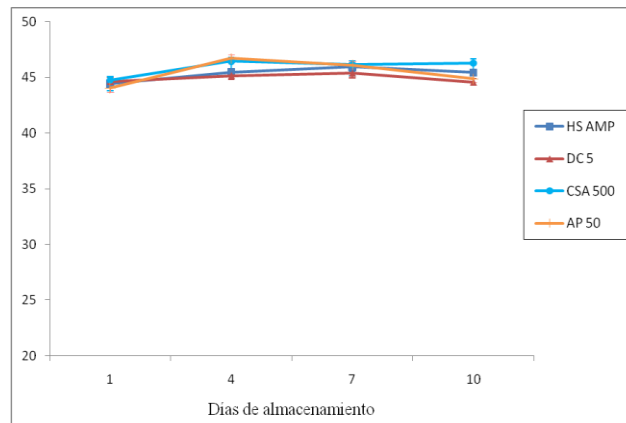


Figura 16. Evolución de Luminosidad (L) hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C [Medias (n=3) ±ES]

Tono. Los valores de tono o hab se mantuvieron en un rango de 124,4 a 125,5 sin diferencias significativas entre tratamientos hasta el día 10 (Apéndice II, Cuadro 5). Como se puede observar en la Figura 16, en el día 10, este parámetro disminuyó para CSA 500 (125,1) y aumentó para DC 5 (128,4). Similares resultados se obtuvieron en el Ensayo I.

Los valores de Hab en este ensayo tendieron a disminuir, al comparar los valores con los de la escala de color (Cuadro 3), estos variaron en la escala del lugar 4 al 6. La reducción en el parámetro tono, corresponde al decrecimiento de la intensidad del verdor y al incremento del amarillo relacionado con la marchitez y senescencia del producto (Gonçalves *et al.*, 2009; Yamauchi y Watada, 1998). Esto coincide con los resultados de ambos ensayos, donde el color de las hojas de rúcula tendió al amarillo al comparar los resultados con los valores del Cuadro 3.

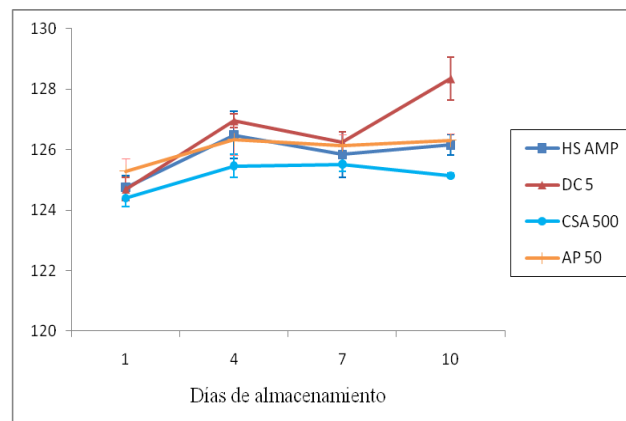


Figura 16. Valores de tono en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C [Medias (n=3) ±ES]

Croma. Como se puede observar en la Figura 17, los valores de C^* se mantuvieron en un rango de 23,1 a 30,2 durante 7 días, sin diferencias significativas entre tratamientos hasta el día 10 (Apéndice II, Cuadro 6). El día 10, AP 50 obtuvo 28,4 siendo significativamente distinto a DC 5 con 32,4. Según la escala de color (Cuadro 3), los valores de C^* tendieron a aumentar, es decir acercándose a colores amarillos, variando en puntuación del lugar 7 a 4.

En el Ensayo I, se obtuvieron valores de C^* mayores que en este ensayo. Esto podría explicarse por la diferencia estacional en que se desarrolló el cultivo. El color verde tendió a disminuir de la misma manera en todas las hojas de rúcula sometidas a los diferentes tratamientos (Figura 18), similar a lo experimentado por Martínez-Sánchez *et al.*, (2006b) en rúcula lavada con distintos sanitizantes. Es importante señalar que existe poca información sobre como distintos sanitizantes afectan la evolución del color de hojas de rúcula, por lo que se recomendaría realizar mediciones en el contenido de clorofila.

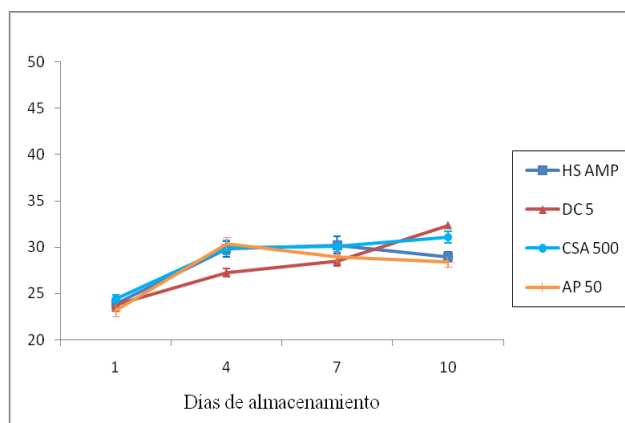


Figura 17. Valores de croma (C^*) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservada a 5° C bajo atmósfera modificada durante 10 días [Medias (n=3) \pm ES]

Koukounaras *et al.* (2007), al estudiar la evolución del color en hojas de rúcula de diferentes edades y conservadas por 10 días a 10° C, observaron que cuando las hojas tendían al color amarillo, presentaban pérdida de clorofila y C^* y L presentaban un aumento significativo y Hab una disminución significativa.

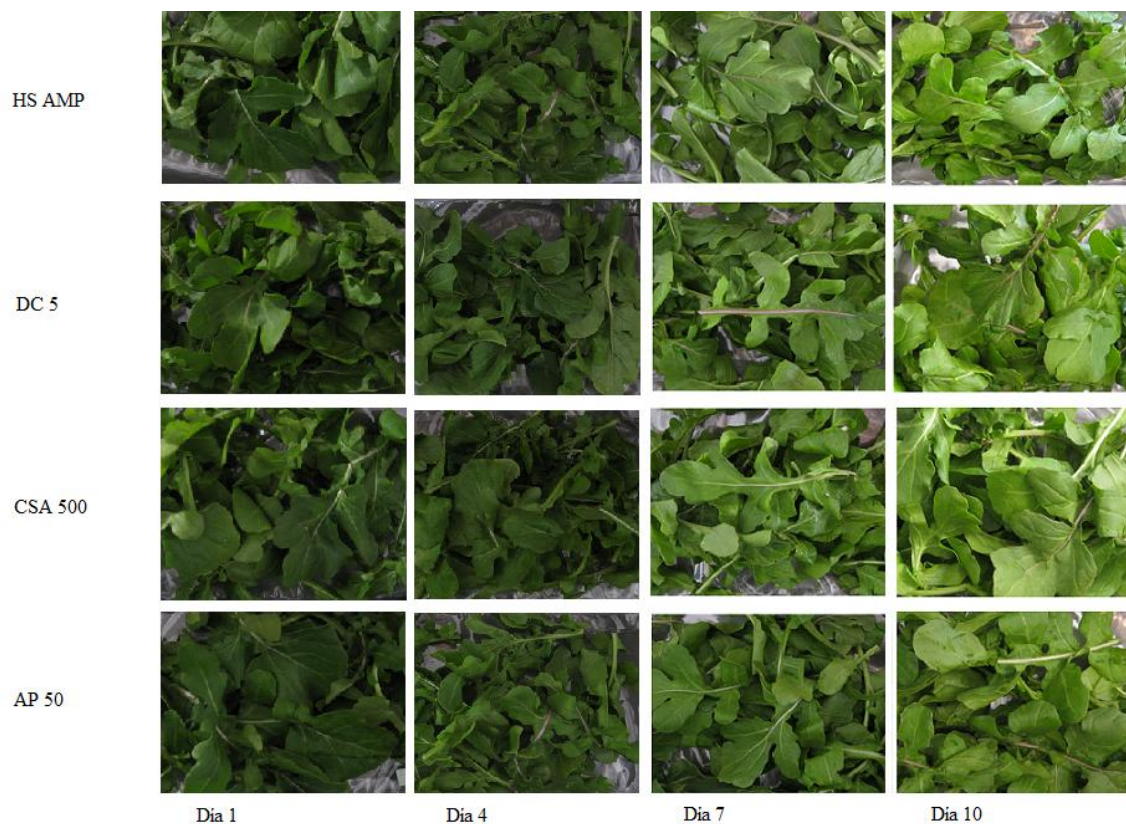


Figura 18. Evolución del color en hojas de rúcula MPF lavada con distintos sanitizantes y conservada a 5° C bajo atmósfera modificada durante 10 días.

Análisis Microbiológico

Aerobios mesófilos. Después del lavado con agua los recuentos de aerobios mesófilos se redujeron levemente ($< 0,5 \log \text{ UFC/g}$), coincidente con el resultado obtenido en el Ensayo I y el de los autores citados en esta. Como se puede observar en la Figura 19, luego de lavar con los distintos sanitizantes, el tratamiento más efectivo fue HS AMP, que redujo de 5,2 a 3,2 $\log \text{ UFC/g}$.

El día 1, los valores de mesófilos fueron de 4,9 a 5,2, $\log \text{ UFC/g}$ salvo HS AMP que fue significativamente menor al resto de los sanitizantes con 3,2 $\log \text{ UFC/g}$ (Apéndice II, Cuadro 7). El día 4, HS AMP fue significativamente menor al resto con 3,8 $\log \text{ UFC/g}$, CSA 500 y AP 50 superaron las 5 unidades logarítmicas. Llegando el día 7 y 10, no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, como se puede observar en la Figura 20 los valores fueron de un rango de 6,4 a 7 $\log \text{ UFC/g}$.

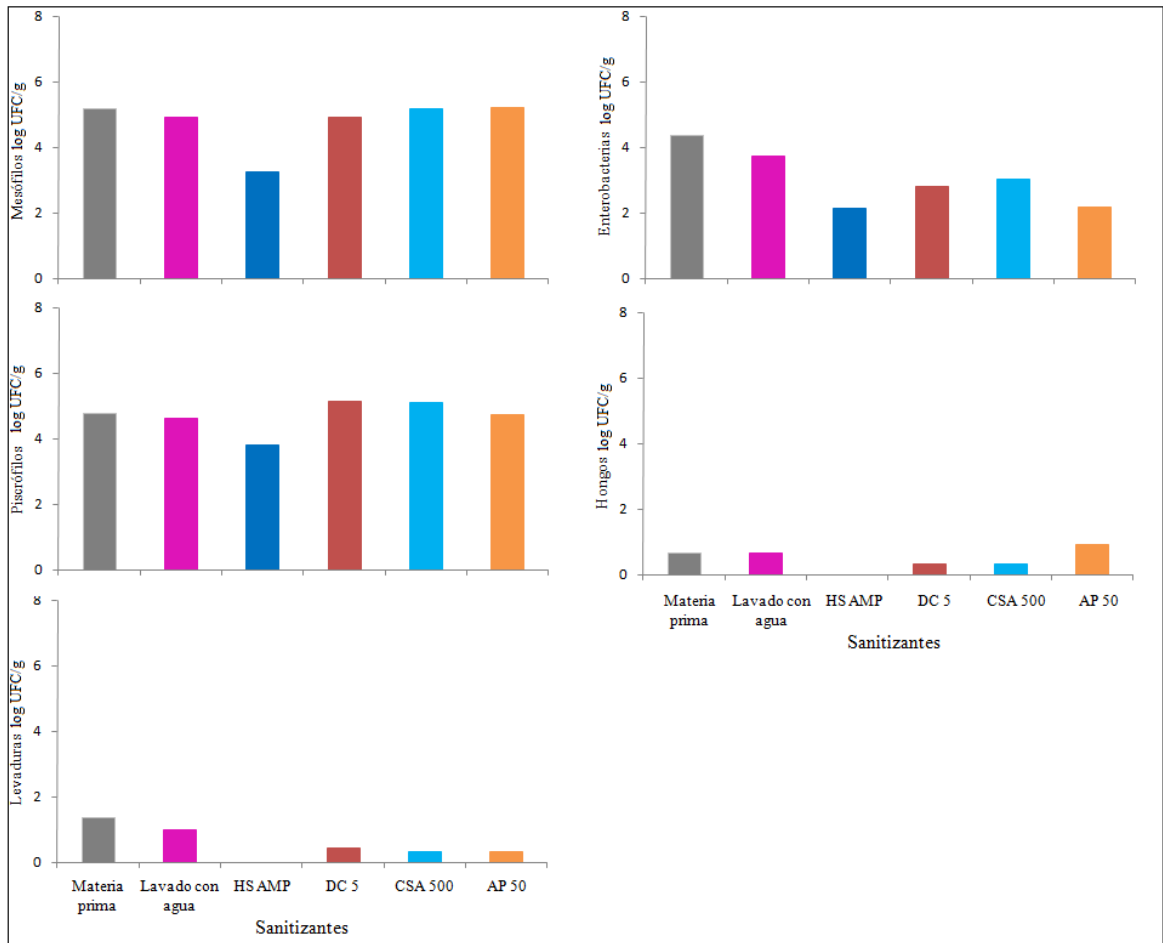


Figura 19. Recuentos microbiológicos (log UFC/g) luego del procesamiento en hojas de rúcula, sin lavar, lavadas con agua y lavadas con los distintos sanitizantes.

En el Ensayo I, a lo largo de la conservación CSA 500 fue el mejor tratamiento (Apéndice II, Cuadro 8), en este ensayo, luego del procesamiento, el mejor fue HS AMP y al final de la conservación fueron todos iguales. Sobre la reducción inicial de bacterias mesófilas, Allende *et al.* (2004), al trabajar con cilantro MPF lavado con hipoclorito de sodio, clorito de sodio y clorito de sodio acidificado, encontraron que el hipoclorito de sodio también fue el más eficiente reduciendo los recuentos en 1 log UFC/g. Por el contrario, en el día 1 los recuentos obtenidos no coinciden con el trabajo de López-Gálvez *et al.* (2010) en lechuga romana MPF (*Lactuca sativa*) lavada con hipoclorito de sodio y dióxido de cloro, entre otros, que logró reducciones iniciales ente 1,3 – 1,7 unidades logarítmicas, independiente del sanitizante empleado. Sin embargo, para el final de la conservación, los recuentos finales si coinciden con los alcanzados en este ensayo.

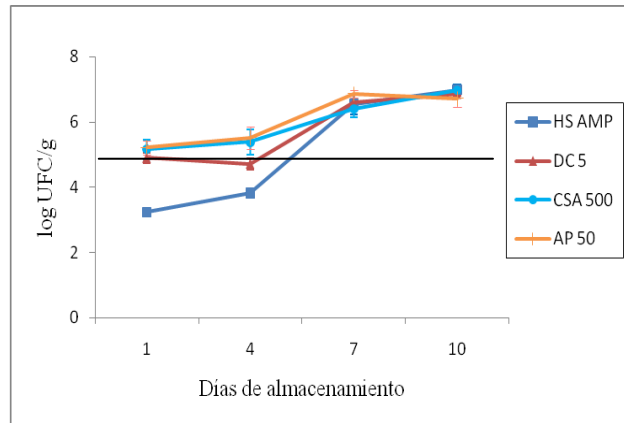


Figura 20. Recuentos de bacterias mesófilas en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C. [Medias (n=3) ±ES. La línea horizontal continua corresponde al límite inferior permitido por el Reglamento Sanitario de Alimentos (Ministerio de Salud, 1997)]

Enterobacterias. Como se observa en la Figura 21, el lavado con agua potable redujo de 4,4 a 3,7 log UFC/g los recuentos. En cuanto al lavado con sanitizantes, HS AMP y AP 50 redujeron de 3,7 a 2,2 log UFC/g los recuentos, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos a lo largo de la conservación (Apéndice II, Cuadro 9). El día 1, los valores fueron de 2,1 a 3 log UFC/g. Mientras que en el día 10, los valores fueron de 6,4 a 7,2 log UFC/g. Antes del día 4 el límite legal fue superado (Anexo III). Por lo que la vida comercial de hojas de rúcula es solo hasta el día 3.

López-Gálvez *et al.* (2010), indican que al trabajar en lechuga romana mínimamente procesada (*Lactuca sativa*), independiente del sanitizante con que fue lavada, luego de 10 días obtuvieron recuentos entre 4,5 y 6 log UFC/g, por el contrario, en este ensayo se alcanzaron recuentos superiores a 7 log/UFC g.

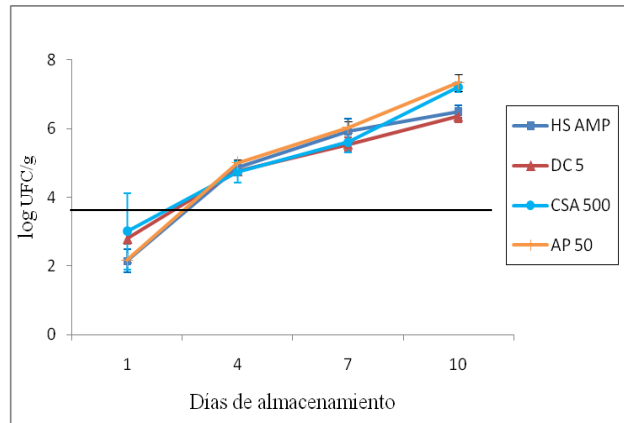


Figura 21. Recuentos de enterobacterias en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C. [Medias (n=3) ±ES. La línea horizontal continua corresponde al límite inferior permitido por el Reglamento Sanitario de Alimentos (Ministerio de Salud, 1997)]

Psicrófilos. El lavado con agua redujo en 0,1 log UFC/g los recuentos de en la materia prima, quedando en 4,7 log UFC/g, similar a los resultados obtenidos por Martínez-Sánchez *et al.* (2006b), después de lavar hojas de rúcula con agua potable. Luego del lavado con sanitizantes, los recuentos estuvieron en un rango de 3,8 a 5,2 log UFC/g. Lopez-Gálvez *et al.* (2010), encontraron en lechuga mínimamente procesada reducciones iniciales en aerobios mesófilos y psicrófilos similares a las obtenidos en este ensayo.

El día 1, HS AMP, promedió los menores recuentos (3,8 log UFC/g), siendo diferente al resto de los tratamientos, que sus valores fueron de 4,7 a 5,1 log UFC/g (Apéndice II, Cuadro 9). Para los días 4 y 7 de evaluación, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, los valores variaron de 4,9 a 6,2 log UFC/g. Al final de la conservación, los valores de HS AMP y DC 5 fueron de 6,3 y 5,9 log UFC/g respectivamente, en cambio CSA 500 y AP 50 obtuvieron valores de 7,3 y 7,4 log UFC/g respectivamente (Figura 22).

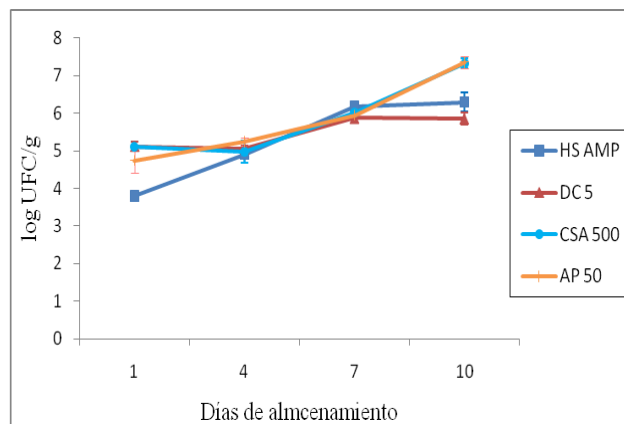


Figura 22. Recuentos de psicrófilos en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C [Medias (n=3) ±ES]

Hongos. El lavado con agua no redujo los recuentos de la materia prima, y los sanitizantes que redujeron lo hicieron en no más de 0,6 unidades logarítmicas (Figura 23). A lo largo de la conservación, no se encontraron diferencias significativas entre sanitizantes y los valores estuvieron en un rango de 0 a 1,7 (Apéndice II, Cuadro 10). Coincidente con el Ensayo primavera, los recuentos de hongos también se mantuvieron bajo las 2,4 Log UFC/g.

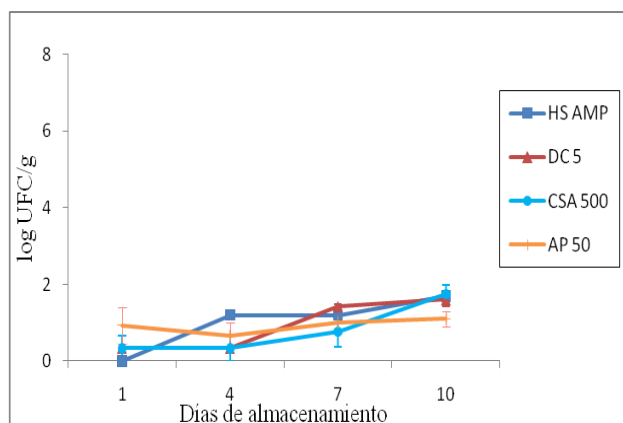


Figura 23. Recuentos de hongos en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C [Medias (n=3) ±ES]

Allende *et al.*(2007), al trabajar con cilantro mínimamente procesado, lavado con distintos sanitizantes, a los 8 días de conservación a 5 – 8° C, obtuvieron recuentos mayores a 3,9 log UFC/g, superiores a los obtenidos en este ensayo.

Levaduras. El lavado con agua redujo de 1,4 a 1 log UFC/g y los tratamientos sanitizantes redujeron casi en su totalidad los recuentos (Figura 24). Durante la conservación, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice II, Cuadro 11). Como se puede observar en la Figura 24, los recuentos variaron entre 0 y 1,5 log UFC/g, donde HS AMP fue el que tuvo menor crecimiento de hongos. Al comparar estos resultados con los de el Ensayo primavera y el trabajo citado en esta, se obtuvieron menores recuentos.

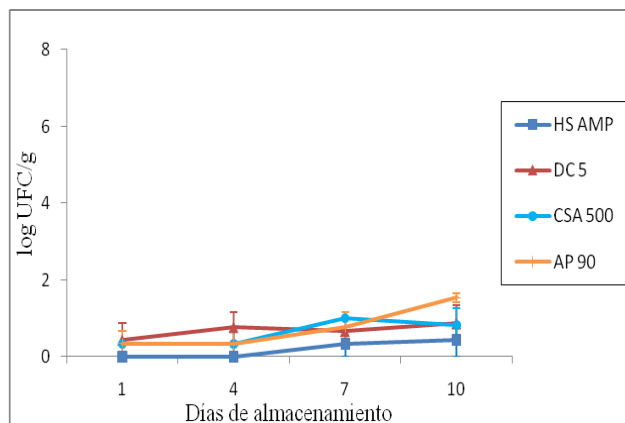


Figura 24. Recuentos de levaduras en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C [Medias (n=3) ±ES]

Es importante señalar, que el uso de algunos sanitizantes en la industria de hortalizas MPF demuestran eficiencia reduciendo la carga microbiana inicial, lo que demuestra que en el día 0 aquellas muestras desinfectadas reportan menores recuentos que aquellas muestras que no lo están, pero estas diferencias desaparecen a lo largo de la conservación (Beuchat *et al.*, 2004).

Evaluación sensorial

Apariencia. El primer día de evaluación AP 50 fue evaluado como “excelente” y el resto de los sanitizantes como “muy buenos”, sin diferencias significativas entre tratamientos ninguno de los días de evaluación (Apéndice II, Cuadro 12). El día 11, todos los sanitizantes fueron evaluados como “buenos” salvo HS AMP que fue evaluado como “más que regular”, coincidiendo con la mayor tasa respiratoria (73,2 mg/kg*h). Los puntajes variaron de 10,4 a 13,3. Comparando los resultados con los de la Ensayo primavera, los resultados de este ensayo fueron mejores.

Como se puede observar en la Figura 25, todos los sanitizantes se mantuvieron sobre la línea aceptable. En cambio, en el Ensayo primavera, ya en el día 7, DC 5, CSA 500 y AP 50 estaban bajo la línea aceptable.

Intensidad del color verde. Durante la vida útil del producto, este parámetro varió de “muy bueno” a “bueno” y no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ninguno de los días de evaluación (Apéndice II, Cuadro 13), dejando en evidencia que hubo una leve pérdida de intensidad de color, lo que podría estar relacionado con las altas concentraciones de CO₂ y bajas de O₂ al igual que en la Ensayo I. El puntaje varió de 13 a 11,1. Del día 1, hasta el día 7, el color fue evaluado como “muy bueno” y el día 10 de evaluación, todos los sanitizantes fueron evaluados como “bueno”, salvo DC 5 que fue evaluado como “muy bueno”. Coincidiendo con los menores valores de C* y L y mayor

valor de Hab, asociados según la escala de color, a un verde más oscuro (Cuadro 3). Como se puede observar en la Figura 25, el color fue siempre evaluado sobre la media aceptable.

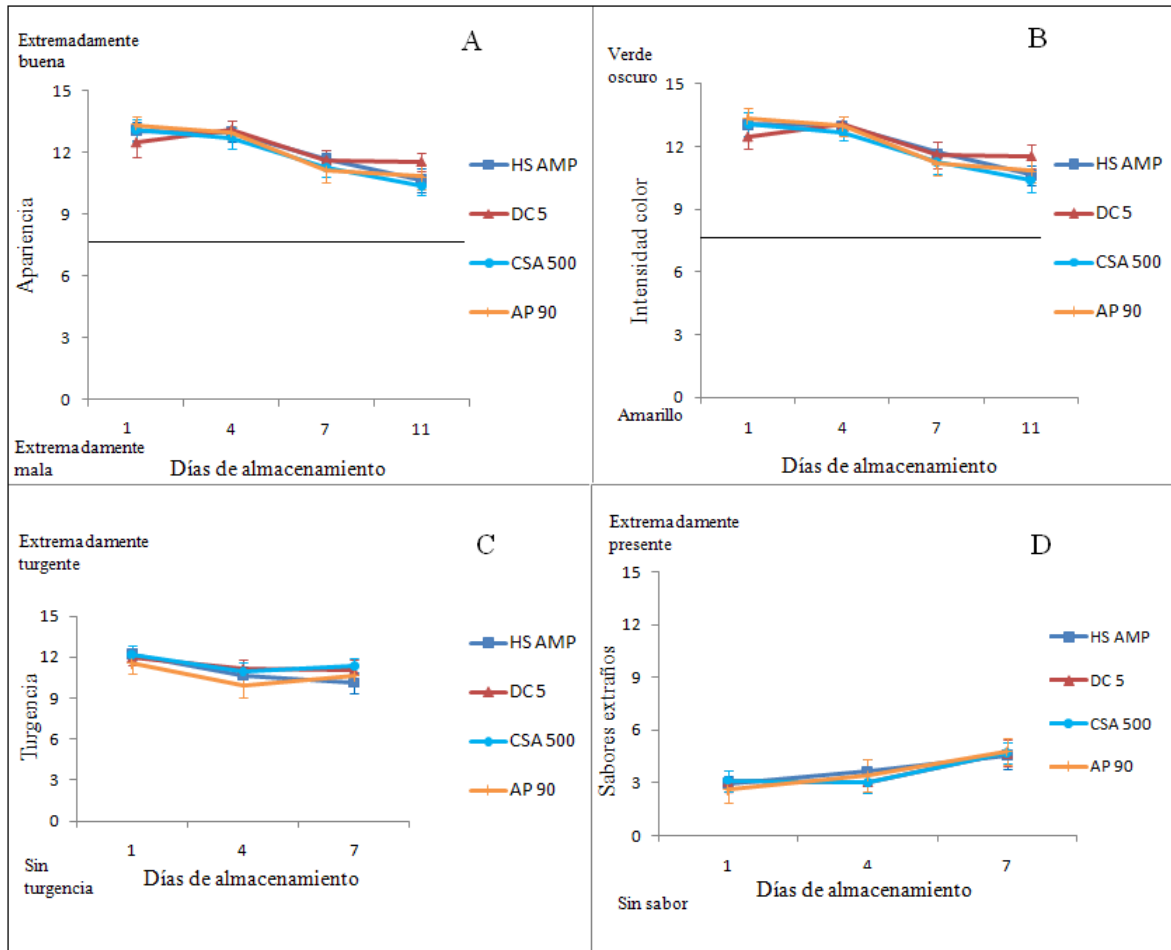


Figura 25. Efecto de diferentes sanitizantes sobre los atributos sensoriales: Apariencia (A), Evolución en la intensidad de color (B), Turgencia (C) y Sabores extraños (D) en hojas de rúcula lavadas con distintos sanitizantes y conservadas bajo atmósfera modificada durante 10 días a 5° C [Medias (n=3) \pm ES]

Turgencia. Como se puede observar en la Figura 25, esta presentó una tendencia a disminuir a lo largo del tiempo sin diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice II, Cuadro 14), el puntaje varió de 8,7 a 5,1. El día 1, todos los tratamientos fueron evaluados con “muy alta” turgencia. Llegando el día 7, los tratamientos fueron evaluados como “alta” turgencia y para el día 11 no se realizó degustación de las muestras ya que los recuentos microbiológicos excedían el límite legal, por lo que no se determinó turgencia ni sabores extraños. CSA 500 fue el mejor evaluado a lo largo de la conservación, seguido por DC 5 (Figura 28), todos los sanitizantes se mantuvieron sobre la media aceptable.

Sabores extraños. Con el avance de los días estos tendieron a aumentar de intensidad, como se puede observar en la Figura 25, sin embargo no se encontraron diferencias significativas (Apéndice II, Cuadro 15) ninguno de los días de evaluación. El día 1 de evaluación, todos los tratamientos fueron evaluados como sabores extraños “muy suaves” y sin diferencias significativas. El día 7 de evaluación, todos los tratamientos fueron evaluados como “suaves”, HS AMP fue el tratamiento mejor evaluado. Por el contrario, para estos días en la Ensayo I, AP 50 fue el mejor evaluado.

En general, la evaluación sensorial no varió significativamente según el tratamiento sanitizante aplicado, ya que en ambos ensayos no se encontraron diferencias significativas. El parámetro más afectado por el tiempo fue apariencia.

CONCLUSIONES

En ambos ensayos, los tratamientos sanitizantes en combinación con atmósfera modificada, redujeron la carga inicial de microorganismos en hojas de rúcula preservando la calidad sensorial y microbiológica de las hojas.

Ensayo I, primavera: los tratamientos sanitizantes no ejercieron un efecto en la evolución del color. La atmósfera de conservación afectó de forma positiva el color, HS Bp al estar en contacto con la atmósfera de aire, tendió al color amarillo en menor tiempo que los tratamientos envasados en atmósfera modificada.

CSA 500 fue el tratamiento más efectivo en reducir los recuentos microbianos y mantener una calidad sensorial aceptable, recomendando su utilización por un periodo de conservación de 10 días.

Ensayo II, verano: todos los sanitizantes tuvieron recuentos similares en todos los parámetros evaluados. Se recomienda por igual el uso de HS AMP, DC 5, CSA 500 y AP 50, pero con una bolsa distinta a la utilizada en este ensayo con el fin de prolongar la vida útil. Se recomiendan concentraciones de O₂ entorno al 5% y de CO₂ entorno al 18%.

Los resultados de esta investigación, considerando la calidad microbiológica, sensorial y concentración de gases, muestran que los sanitizantes utilizados podrían ser empleados como alternativas al hipoclorito de sodio.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahvenainen, R., 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trend Food Sci. Technol.* 7: 179 – 187.
- Allende, A., Y. Luo, J.L. McEvoy, F. Artés and C.Y. Wang, 2004. Microbial and quality changes in minimally processed baby spinach leaves stored under super atmospheric oxygen and modified atmosphere conditions. *Postharvest Biol. Technol.*, 33, 51 – 59.
- Allende, A., M. Selma, F. López-Gálvez, R. Villaescusa and M. I. Gil, 2007. Role of commercial sanitizers and washing systems on epiphytic microorganisms and sensory quality of fresh-cut escarole and lettuce. *Postharvest Bio. Technol.* 49: 155 –163.
- Araya, E. 2007. Guía de Laboratorio curso: Evaluación Sensorial de los alimentos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas Departamento de Agroindustria y Enología. 81 p.
- 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 Biol. Technol.* 51: 288 – 290.
- Barillari, J., D. Canistro, M. Paolini, F. Ferroni, G.F. Pedullini, R. Iori and L. Valgimigli, 2005. Direct antioxidant activity of purified glucoerucin, the dietary secondary metabolic contained in rocket (*Eruca sativa* Mill.) seeds and sprouts. *J. Agric. Food Chem.* 53
- Barreiro, J.A. y A.J. Sandoval, 2006. Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. Ed. Equinoccio. Caracas Venezuela. 45.
- Baur, S., R.G. Klaiber, H. Wei, W.P. Hammes and R. Carle, 2005. Effect of temperature and chlorination of pre-washing water on shelf-life and physiological properties of ready-to-use iceberg lettuce. *Innov. Food Sci. Emerg. Tech.* 6: 171–182.
- Beuchat, L.R., B.B. Adler and M. Lang, 2004. Efficacy of chlorine and a peroxyacetic acid sanitizer in killing *Listeria monocytogenes* on iceberg and romaine lettuce using simulated commercial processing conditions. *J. Food Protect.* 67: 1238 – 1242.
- Castañer, M., M.I. Gil, M.V. Ruiz and F. Artés, 1999. Browning susceptibility of minimally processed Baby and Romaine Lettuces. *European Food Res. Tech.* 209: 52 – 56.
- Cliffe-Byrnes, V. and D. O’Beirne, 2005a. The effects of cultivar and physiological age on quality and shelf-life of coleslaw mix packaged in modified atmospheres. *Int. J. Food Sci. Technol.* 40, 165 – 175.

Cliffe-Byrnes, V. and D., O'Beirne, 2005b. Effects of chlorine treatment and packaging on the quality and shelf-life of modified atmosphere (MA) packaged coleslaw mix. *Food Control* 16: 707 – 716.

Crozier, A., M.E.J. Lean, M.S., Mc Donald and C. Black, 1997. Quantitative analysis of the flavonoid content of commercial tomatoes, onions, lettuce and celery. *J. Agric. Food Chem.* 45: 590 – 595.

Cryovac Chile, Sealed Air Corporation. Ficha técnica bolsas BB4L. Santiago, Chile.

Day, M.D., 2002. Fruit and vegetable processing, Improving quality. *Food Sci. Tech.* 140: 140 – 141.

Del Nobile, M.A., F. Licciardello, C. Scrocco, G. Muratore and M. Zappa, 2007. Design of plastic packages for minimally processed fruits. *J. Food Eng.* 79: 217 – 224.

Environmental Protection Agency (EPA), 1999. Guidance manual: Alternative Desinfectants and Oxidants: Chlorine Dioxide. USA. 4 – 36.

Espinosa, J. 2007. Evaluación sensorial de los alimentos. Ed. Universitaria. Ciudad de la Habana, Cuba. 116.

Fonseca, S., F. Oliveira and J.K. Brecht, 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *J. Food. Ing.* 52: 99 – 119.

Foley, D., M. Euper, F. Caporaso and A. Prakash, 2004. Irradiation and chlorination effectively reduces *Escherichia coli* O157:H7 inoculated on cilantro (*Coriandrum sativum*) without negatively affecting quality. *J. Food Protect.* 67: 2092 – 2093.

Gómez-López, V.M., Devlieghere, F., Ragaert, P., Chen, L., Ryckeboer and J. Debevere, , 2008. Reduction of microbial load and sensory evaluation of minimally processed vegetables treated with chlorine dioxide and electrolysed water. *Ital. J. Food Sci.* 20: 321–331.

Gonçalves, E.M., R.M.S. Cruz, M. Abreu, T.R.S. Brandao and C.L.M. Silva. 2009. Biochemical and colour changes of watercress (*Nasturtium officinale* R.Br.) during freezing and frozen storage. *J. Food Eng.* 93: 32-39

González, R.J., Y. Luo, S. Ruiz-Cruz and J.L. Mc Evoy, 2004. Efficacy of sanitizers to inactive *Escherichia coli* O157:H7 on fresh cut carrot shreds under simulated process water conditions. *J. Food Protect.* 67: 2375 – 2380.

Kader, A.A., D. Zagory and E.L. Kerbel, 1989. Modified atmosphere packaging on fruits and vegetables. *Crit Rev. Food Sci. Nutr.* 42: 1542 – 1551.

Kader, A. 2002. Tecnología Postcosecha de cultivos Hortofrutícolas. Universidad de California Davis. Estados Unidos. 570 p.

Klaiber, R.G., S. Baur, W. Wolf, W.P. Hammes and R. Carle, 2005. Quality of minimally processed carrots as affected by warm water washing and chlorination. *Innov. Food Sci. Emerg. Tech.* 6, 351 – 362.

Kaur, C. and H.C. Kapoor, 2001. Antioxidant in fruits and vegetables-the millenium's health. *Int. J. Food Sci. Tech.* 36: 703 – 725.

Kitis, M., 2003. Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. *Env. Inter.* 30: 47 – 55.

Kim, J.G, Y. Luo and Y. Tao, 2007. Effect of the sequential treatment of 1-methylcyclopropene and acidified sodium chlorite on microbial growth and quality of fresh cut cilantro. *Postharvest Biol. Tech.* 46: 144 – 149.

Koukounaras, A., A.S. 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 Biol. Technol* 46: 167 – 173.

López-Gálvez, F., A. Allende, P. Truchado, A. Martínez-Sánchez, J.A. Tudela, M.V. Selma, M.I. Gil, 2010. Suitability of aqueous Chlorine dioxide versus Sodium hypochlorite as an effective sanitizer for preserving quality of fresh-cut lettuce while avoiding by-product formation. *Postharvest Biol. Technol* 55: 53 – 60.

Martínez-Sánchez, A., A. Allende, R. Bennet, F. Ferreres and M.I. Gil, 2006 a. Microbial, Nutritional and sensory quality of rocket leaves as affected by different sanitizers. *Postharvest Biol. and Tech.* 42: 86 – 87.

Martínez-Sánchez, A., A. Marín, R. Llorach, F. Ferreres and M.I. Gil, 2006 b. Controlled atmosphere preserve quality and antioxidant constituents in wild rocket (*Diplotaxis tenuifolia* L.). *Postharvest Biol. Tech.* 40, 26 – 33.

Martínez-Sánchez, A., 2008. Caracterización de compuestos bioactivos en crucíferas de uso en iv gama: aspectos relacionados con la fisiología y tecnología postrecolección. Doctor Europeo, Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Cartagena, España. 267p.

Ministerio de Salud, 1998. Manual de técnicas microbiológicas para alimentos y aguas.

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE. 1997. Reglamento sanitario de los alimentos . Diario oficial 13 de mayo 1997. Decreto supremo 977. Actualizado en abril del 2009. Depto. de Asesoría Jurídica. Santiago. 150 p.

Oms-Oliu, G., I. Aguiló-Aguayo and O. Martín-Belloso. 2006. Inhibition of Browning on Fresh-cut Pear Wedges by Natural Compounds. *J. Food Sci.* 71: 216 – 224

Oms-Oliu, G., M.A. Rojas-Grau, L. Alandes, P. Varela, R. Soliva-Fortuny, M. I. Hernando, I. Perez, S. Fiszman and O. Martin-Belloso, 2009. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. *Postharvest Biol. Tech.* 57: 139 – 148.

Piagentini, A., J. Méndez, D. Guemes and M.E. Pirovani, 2005. Modeling changes of sensory attributes for individual and mixed fresh-cut leafy vegetables. *Postharvest Biol. Tech.*, 38: 202 – 212.

Ragaert, P., F. Devlieghere and J. Debevere, 2007. Role of microbiological and physiological spoilage mechanisms during storage of minimally processed vegetables. *Postharvest Biol. Tech.* 44: 186.

Ragaert, P., F. Devlieghere, S. Loos, J. Dewulf, H. Van Langenhove, I. Foubert, P.A. Vanrolleghem and J. Debevere, 2006. Role of yeast proliferation in the quality degradation of strawberries during refrigerated storage. *Int. J. Food Microbiol.* 108: 42 – 50.

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

Rodgers, S.L., J.N. Cash, M. Siddiq and E.T Ryser, 2004. A comparison of different chemical sanitizers for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in solution on apples, lettuce, strawberries, and cantaloupe. *J. Food Protect.* 67: 72 – 731.

Sapers, G.M., 2001. Efficacy of washing and sanitizing methods for disinfection of fresh fruit and vegetables products. *Food Technol. Biotechnol.* 39: 305 – 311.

Sapers, G.M., 2003. Washing and sanitizing raw materials for minimally processed fruit and vegetable products. In: Novak, J.S., Sapers, G.M., Juneja, V.K. (Eds.), *Microbial Safety of Minimally Processed Foods*. CRC Press, Boca Raton/London/New York/Washington DC, pp. 221 – 253.

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

Van Poppel, G., D.T. Verhoeven, H. Verhagen and R.A. Goldbohm, 1999. Brassica vegetables and cancer prevention. *Epidemiology and mechanism. Adv. Exp. Med. Biol.* 472: 159 – 168.

Virto, R., D. Sanz, I. Alvarez, S. Condon and J. Raso, 2005. Comparison of the chlorine inactivation of *Yersinia enterocolitica* in chlorine demand and demand-free systems. *J. Food Protect.* 68: 1816 – 1822.

Watada, A.E., N.P. Ko and D.A. Minott, 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biol. Tech.* 9: 115 – 125.

Watada, A.E. and L. Qui, 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biol. Tech.* 15: 20 – 205.

Wiley, R.C., 1994. 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. 4p.

Yamauchi, N. and A. Watada, 1998. Chlorophyll and xanthophylls changes in broccoli florets stored under elevated CO₂ or ethylene-containing atmosphere. *HortScience* 33: 114-117.

Zagory, D., 1999. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. *Postharvest Biol. Tech.* 15, 313 – 321.

ANEXO I

EVALUACIÓN DE CALIDAD PANEL ENTRENADO

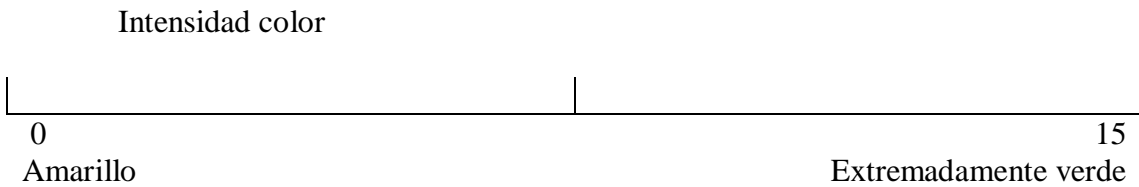
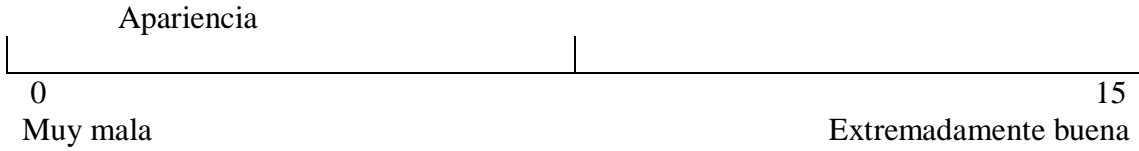
Nombre:.....Fecha:.....

Instrucciones:

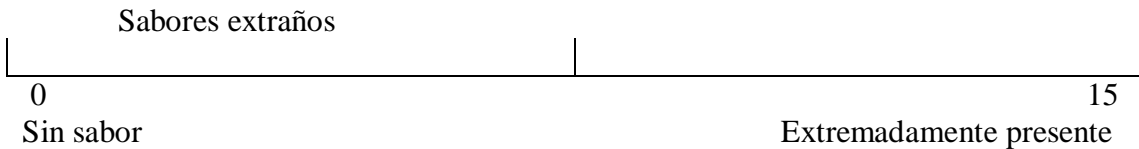
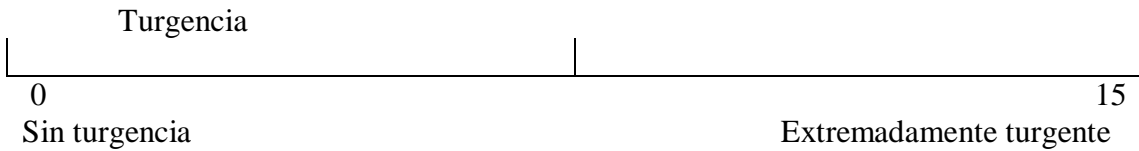
Por favor, indique con una línea vertical la intensidad de su sensación para cada una de ellas. En el caso de *intensidad de color*, marque el color que más represente a la muestra.

Muestra N° ____

Aspecto visual



Aspecto gustativo



Comentarios: _____

ANEXO II

Pauta de valores para Evaluación Sensorial en Rúcula Mínimamente Procesada:

Apariencia

Muy mala	0 – 1,75
Mala	1,76 – 3,50
Deficiente	3,51 – 5,24
Menos que regular	5,25 – 6,99
Regular	7,00 – 7,99
Más que regular	8,00 – 9,75
Buena	9,76 – 11,50
Muy buena	11,51 – 13,25
Excelente	13,26 – 15

Intensidad de color

Negativo	0 – 0,94
Ordinario	0,95 – 1,88
Insuficiente	1,89 – 3,75
Suficiente	3,76 – 7,50
Bueno	7,52 – 11,25
Muy bueno	11,26 – 13,13
Excelente	13,12 – 15

Turgencia

Sin turgencia	0 – 1,75
Muy baja	1,76 – 3,50
Baja	3,51 – 5,24
Levemente baja	5,25 – 6,99
Moderada, normal	7,00 – 7,99
Levemente alta	8,00 – 9,75
Alta	9,76 – 11,50
Muy alta	11,51 – 13,25
Extremadamente alta	13,26 – 15,00

Sabores extraño

Sin sabor extraño	0 – 1,75
Muy bajo, suave	1,76 – 3,50
Bajo, suave	3,51 – 5,24
Levemente bajo, suave	5,25 – 6,99
Moderado, normal	7,00 – 7,99
Levemente alto	8,00 – 9,75
Alto	9,76 – 11,50
Muy alto	11,51 – 13,25
Extremadamente alto	13,26 – 15,00

Fuente: Araya (2005)

ANEXO III

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)
Enterobacteriaceas	6	3	5	1	5×10^3 (3,7 log)	5×10^4 (4,7 log)
E.coli	6	3	5	1	10	10^2
S.aureus	6	3	5	1	10	10^2
Salmonella en 25 g	10	2	5	0	0	---

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

ANEXO IV

Diseño de un envase para hojas de rúcula

Teniendo en cuenta la tasa respiratoria expresada en O₂ emitido, la concentración de O₂ 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 O₂ que debiera tener la bolsa a utilizar:

$$RO_2 \times M = S \times y \times (0,21 - O_{env}) \times 1/24$$

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

En donde:

RO₂: actividad respiratoria O₂ consumido [mL/kg h]

M: masa del producto [kg]

S: superficie total del envase [m²]

0,21: concentración de O₂ atmosférico

O₂: concentración de O₂ en el interior del envase [%]

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

y: permeabilidad al O₂ de la película plástica [mL m⁻² d⁻¹]

De acuerdo a Kader (2002) las hojas de rúcula están clasificadas por su tasa respiratoria en clase “muy alta”, (26 a 31 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 5 °C).

Existe escasa información sobre la conservación de rúcula bajo envasado en atmósfera modificada. Sin embargo, en hortalizas de hoja como el perejil, espinaca y cilantro se recomiendan concentraciones de O₂ de 5 a 8 % y de CO₂ de 5 a 10 % (Kader, 2002).

Para los cálculos de permeabilidad se utilizó una tasa respiratoria de 36,5 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. 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 O₂ y 5% de CO₂.

Cálculo de permeabilidad:

Tasa respiratoria: 35,7 mL O₂ kg⁻¹ h⁻¹ (Figura 13)

Concentración esperada O₂: 0,05

Masa: 50 g

Superficie envase: 0,0364 m²

Permeabilidad al O₂:

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

$$y = \frac{35,7 \text{ [mL/kg h]} \times 0,05 \text{ [kg]} \times 24 \text{ [h/d]}}{0,0364 \text{ [m}^2\text{]} \times (0,21 - 0,05) \times 2}$$

$$y = 3680 \text{ mL m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ O}_2$$

De acuerdo a estos cálculos, la permeabilidad de la bolsa utilizada en el Ensayo II, es de 3680 mL m⁻² d⁻¹ para O₂ y se encuentra en el rango de permeabilidad deseada para el envase de hojas de rúcula.

APÉNDICE I

Cuadro 1. Evolución del % de CO₂ en la atmósfera interna de los envases de rúcula mínimamente procesada, almacenada a 5° C por 10 días

Tratamiento	1	4	7	10
HS AMP	1,69 A a ¹	4,04 A a	12,93 A b	12,47 A b
DC 5	4,28 A a	9,77 B b	18,51 B c	20,89 B c
DC 10	4,19 A a	10,15 B b	16,05 AB c	16,92 AB c
CSA 250	3,20 A a	11,51 B b	15,88 AB c	20,41 B c
CSA 500	3,75 A a	12,33 B b	18,29 B c	19,62 B c
AP 50	3,05 A a	11,69 B b	19,52 B c	20,36 B c
AP 90	2,84 A a	13,53 B b	19,99 B c	19,95 B c

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 2. Evolución del % de O₂ en la atmósfera interna de los envases de rúcula mínimamente procesada, almacenada a 5° C por 10 días

Tratamiento	1	4	7	10
HS AMP	18,74 A b ¹	16,05 B b	6,97 B a	8,20 B a
DC 5	15,47 A c	9,67 A b	2,07 A a	1,19 A a
DC 10	15,44 A c	9,21 A b	3,55 AB a	4,48 AB a
CSA 250	16,85 A c	8,18 A b	4,67 AB ab	2,07 A a
CSA 500	16,56 A c	7,32 A b	2,84 AB a	2,32 A a
AP 50	17,11 A c	7,55 A b	1,28 A a	1,22 A a
AP 90	17,26 A c	7,01 A b	1,23 A a	1,55 A a

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 3. Color de las hojas parámetro L en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1	4	10
HS Bp	40,60 A a ¹	41,86 A a	45,11 C b
HS AMP	40,10 A a	41,65 A a	40,16 B a
DC 5	40,32 A b	41,19 A b	36,99 A a
DC 10	40,14 A a	41,02 A a	40,17 B a
CSA 250	38,96 A b	40,33 A b	37,10 A a
CSA 500	39,78 A b	41,08 A b	37,59 A a
AP 50	39,80 A b	40,05 A b	37,35 A a
AP 90	40,41 A ab	41,61 A b	38,89 AB a

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 4. Color de las hojas parámetro Hab en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1	4	10
HS Bp	125,52 A b ¹	125,89 AB b	120,97 A a
HS AMP	126,65 A b	126,81 B b	125,84 BC b
DC 5	126,10 A b	126,07 AB b	125,24 BC b
DC 10	125,86 A b	125,96 AB b	124,81 BC b
CSA 250	126,25 A b	125,26 A b	126,14 C b
CSA 500	125,73 A c	125,12 A bc	124,53 B b
AP 50	125,52 A b	125,48 AB b	125,35 BC b
AP 90	125,78 A b	125,89 AB b	125,12 BC b

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 5. Color de las hojas parámetro C* en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Trat.	1	4	10
HS Bp	30,95 A a ¹	29,66 A a	36,99 D b
HS AMP	29,59 A a	29,32 A a	30,15 BC a
DC 5	30,37 A a	30,33 ABC a	29,01 AB a
DC 10	30,24 A a	31,29 ABC a	31,67 C a
CSA 250	29,20 A a	32,53 C b	27,71 A a
CSA 500	30,44 A b	32,42 BC b	29,09 AB a
AP 50	30,89 A b	31,46 ABC b	28,24 AB a
AP 90	30,29 A a	30,11 AB a	28,86 AB a

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 6. Mesófilos (log UFC/g) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1	4	7	10
HS Bp	2,84 A a ¹	4,01 A a	4,53 A a	7,00 B b
HS AMP	3,35 ABC a	3,64 A a	3,90 A a	6,87 B b
DC 5	5,04 BC a	3,82 A a	4,83 A a	5,44 AB a
DC 10	5,54 C a	5,27 A a	4,92 A a	6,72 B a
CSA 250	2,91 AB a	3,63 A a	2,85 A ab	5,11 AB b
CSA 500	2,58 A a	5,04 A a	2,85 A ab	4,32 A b
AP 50	4,02 ABC a	4,15 A a	4,12 A a	6,19 AB b
AP 90	2,64 A a	4,11 A a	3,28 A a	6,16 AB b

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 7. Enterobacterias (log UFC/g) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1	4	7	10
HS Bp	2,13 ¹	3,72	4,89	5,56
HS AMP	2,25	3,23	4,11	4,73
DC 5	2,60	3,33	4,41	5,04
DC 10	2,50	3,31	4,20	-
CSA 250	2,29	2,89	3,49	5,19
CSA 500	2,12	3,10	3,25	4,71
AP 50	2,44	4,83	4,61	6,05
AP 90	2,41	4,26	4,55	6,00

¹ No se logro establecer diferencias significativas.

Cuadro 8. Psicrófilos (log UFC/g) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1	4	7
HS Bp	2,40 A a ¹	3,62 AB ab	4,20 A b
HS AMP	2,36 A a	2,56 AB a	4,40 A b
DC 5	2,53 A a	3,35 AB a	3,83 A a
DC 10	2,77 A a	3,80 AB a	3,22 A a
CSA 250	1,69 A a	2,01 A ab	3,22 A b
CSA 500	1,62 A a	3,87 AB b	3,14 A b
AP 50	1,42 A a	4,16 B b	4,04 A b
AP 90	2,15 A a	4,32 B b	4,37 A b

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 9. Variación de puntaje en Apariencia en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1	4	7	10
HS AMP	12,01 A a ¹	10,72 A a	11,86 A a	7,24 AB b
DC 5	10,43 A a	10,44 A a	6,12 C b	2,55 C c
DC 10	11,78 A a	11,65 A a	9,35 AB b	9,42 A b
CSA 250	10,92 A a	10,43 A a	10,85 A a	5,01 B b
CSA 500	9,36 A a	9,07 A a	8,06 B a	2,05 C b
AP 50	11,25 A a	10,72 A a	7,85 B b	2,92 C c
AP 90	10,33 A a	10,77 A a	10,22 A a	7,36 AB b

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 10. Variación de la intensidad de color en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1		4		7		10	
HS AMP	12,42	A a ¹	10,63	A a	11,65	A a	11,25	A a
DC 5	11,52	A a	12,01	A a	12,75	A a	11,24	A a
DC 10	11,66	A a	12,31	A a	11,15	A a	10,79	A a
CSA 250	11,66	A a	11,49	A a	11,71	A a	11,47	A a
CSA 500	11,67	A a	11,77	A a	12,69	A a	11,60	A a
AP 50	10,85	A a	11,95	A a	13,28	A a	11,62	A a
AP 90	10,33	A a	11,79	A a	13,09	A a	11,62	A a

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 11. Variación de turgencia en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1		4		7		10
HS AMP	12,12	A a ¹	8,27	A b	9,29	A b	-
DC 5	11,80	A a	8,06	A b	9,29	A b	-
DC 10	11,45	A a	9,63	A b	10,78	A a	-
CSA 250	11,58	A a	9,15	A b	10,84	A a	-
CSA 500	10,78	A a	8,44	A a	10,05	A a	-
AP 50	12,15	A a	7,14	A b	8,98	A b	-
AP 90	11,85	A a	8,09	A b	10,43	A a	-

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 12. Variación de sabores extraños en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1		4		7		10
HS AMP	4,52	A a ¹	2,95	A b	4,77	A a	-
DC 5	4,42	A a	3,90	A a	4,69	A a	-
DC 10	4,25	A a	3,15	A a	3,64	A a	-
CSA 250	3,99	A a	3,15	A a	2,06	A a	-
CSA 500	5,45	A a	4,90	A a	2,99	A b	-
AP 50	4,30	A a	3,79	A a	2,79	A a	-
AP 90	4,56	A a	5,00	A a	2,08	A b	-

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

APENDICE II

Cuadro 1. Evolución en la tasa respiratoria (mL/Kg*h) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1	4	7	10
HS AMP	129,34 A b ¹	93,08 B a	72,93 A a	73,19 A a
DC 5	124,51 A b	60,74 A a	62,32 A a	62,32 A a
CSA 500	112,65 A b	62,41 A a	63,60 A a	62,57 A a
AP 50	117,97 A b	61,04 A a	66,45 A a	64,06 A a

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 2. Evolución del % de CO₂ en la atmósfera interna de los envases de rúcula mínimamente procesada, almacenada a 5° C por 10 días

Tratamiento	1	4	7	10
HS AMP	1,08 A a ¹	5,05 A c	3,14 A b	3,49 A b
DC 5	1,01 A a	3,94 A c	2,79 A b	3,39 A bc
CSA 500	1,31 A a	4,33 A b	3,35 A b	3,54 A b
AP 50	0,96 A a	3,68 A b	3,12 A b	3,49 A b

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 3. Evolución del % de O₂ en la atmósfera interna de los envases de rúcula mínimamente procesada, almacenada a 5° C por 10 días

Tratamiento	1	4	7	10
HS AMP	16,18 B cb ¹	3,45 A ab	2,06 A b	1,75 A a
DC 5	15,60 AB c	7,34 BC b	2,76 A a	2,01 A a
CSA 500	14,84 AB c	6,41 B b	1,46 A a	1,57 A a
AP 50	14,01 A c	8,27 C b	3,02 A a	1,56 A a

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 4. Color de las hojas parámetro L en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1	4	7	10
HS AMP	44,42 A a ¹	45,44 AB ab	45,94 A b	45,42 AB ab
DC 5	44,64 A a	45,16 A a	45,36 A a	44,56 A a
CSA 500	44,77 A a	46,44 BC b	46,14 A b	46,27 B b
AP 50	44,04 A a	46,70 C b	46,11 A b	44,85 A a

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 5. Color de las hojas parámetro Hab en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1		4		7		10	
HS AMP	124,75	A a ¹	126,48	A a	124,4	A a	126,16	AB a
DC 5	124,69	A a	126,95	A ab	125,14	A ab	128,35	B b
CSA 500	124,41	A a	125,46	A a	125,46	A a	125,14	A a
AP 50	125,28	A a	126,33	A a	125,52	A a	126,31	AB a

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 6. Color de las hojas parámetro C* en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1		4		7		10	
HS AMP	23,86	A a ¹	29,79	A b	30,19	A b	28,97	AB b
DC 5	23,73	A a	27,24	A ab	28,49	A b	32,35	B c
CSA 500	24,36	A a	29,96	A b	30,07	A b	31,08	AB b
AP 50	23,13	A a	30,34	A b	28,90	A b	28,37	A b

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 7. Mesófilos (log UFC/g) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1		4		7		10	
HS AMP	3,23	A a ¹	3,82	A a	6,54	A b	6,98	A b
DC 5	4,89	B a	4,71	B a	6,59	A b	6,85	A b
CSA 500	5,16	B a	5,39	B a	6,40	A b	6,98	A b
AP 50	5,22	B a	5,52	B a	6,86	A b	6,72	A b

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 8. Enterobacterias (log UFC/g) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1		4		7		10	
HS AMP	2,14	A a ¹	4,86	A b	5,92	A bc	6,49	A c
DC 5	2,78	A a	4,76	A b	5,54	A bc	6,35	A c
CSA 500	3,01	A a	4,73	A b	5,60	A b	7,21	A c
AP 50	2,17	A a	5,00	A b	5,91	A bc	7,15	A c

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 9. Psicrófilos (log UFC/g) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1	4	7	10
HS AMP	3,79 A a ¹	4,90 A b	6,19 A c	6,29 A c
DC 5	5,12 B a	5,04 A a	5,87 A b	5,85 A b
CSA 500	5,11 B a	4,97 A a	6,01 A b	7,33 B c
AP 50	4,74 B a	5,23 A a	5,95 A b	7,35 B c

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 10. Hongos (log UFC/g) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1	4	7	10
HS AMP	0,00 A a ¹	1,20 A b	1,20 A b	1,69 A b
DC 5	0,33 A a	0,33 A a	1,41 A b	1,60 A b
CSA 500	0,33 A a	0,33 A a	0,76 A ab	1,49 A b
AP 50	0,92 A a	0,66 A a	1,00 A a	1,33 A a

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 11. Levaduras (log UFC/g) en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1	4	7	10
HS AMP	0,00 A a ¹	0,00 A a	0,33 A a	0,43 A a
DC 5	0,43 A a	0,76 A a	0,66 A a	0,86 A a
CSA 500	0,33 A a	0,33 A a	1,00 A a	0,82 A a
AP 50	0,33 A a	0,33 A a	0,76 A a	1,53 A a

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 12. Variación de puntaje en apariencia en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1	4	7	11
HS AMP	13,04 A b ¹	13,00 A b	11,68 A ab	10,63 A a
DC 5	12,48 A a	13,07 A a	11,61 A a	11,53 A a
CSA 500	13,07 A b	12,68 A b	11,25 A ab	10,36 A a
AP 50	13,31 A c	12,94 A bc	11,12 A b	10,82 A a

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 13. Variación en la intensidad de color verde en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1		4		7		11	
HS AMP	12,40	A a ¹	12,76	A a	11,58	A a	11,07	A a
DC 5	12,31	A a	12,84	A a	11,25	A a	11,27	A a
CSA 500	11,98	A ab	12,94	A b	11,78	A ab	10,58	Aa
AP 50	12,69	A a	12,71	A a	12,39	A a	11,08	A a

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 14. Variación de turgencia en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1		4		7	
HS AMP	12,21	A b ¹	10,66	A ab	10,11	A ab
DC 5	11,97	A ab	11,16	A ab	11,01	A b
CSA 500	12,21	A b	10,98	A ab	11,35	A ab
AP 50	11,52	A a	9,92	A a	10,59	A a

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.

Cuadro 15. Variación de sabores extraños en hojas de rúcula lavadas con diferentes sanitizantes y conservadas a 5° C por 10 días

Tratamiento	1		4		7	
HS AMP	2,98	A a ¹	3,68	A a	4,56	A a
DC 5	3,08	A a	3,06	A a	4,70	A a
CSA 500	3,15	A a	3,06	A a	4,72	A a
AP 50	2,62	A a	3,41	A a	4,79	A a

¹ Letras mayúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ($P \leq 0,05$), según la prueba de rango múltiple Tukey.