

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

MEMORIA DE TÍTULO

**EFFECTO DE DIFERENTES TEMPERATURAS SOBRE LA ACTIVIDAD
RESPIRATORIA DE BERROS (*Nasturtiumofficinale*R. Br.) Y RÚCULA
(*Eruca sativa* Mill.) MÍNIMAMENTE PROCESADAS EN FRESCO**

JORGE ANDRÉS KARSULOVIC CVTANICH

**Santiago - Chile
2012**

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

MEMORIA DE TÍTULO

**EFFECTO DE DIFERENTES TEMPERATURAS SOBRE LA ACTIVIDAD
RESPIRATORIA DE BERROS (*Nasturtiumofficinale*R. Br.) Y RÚCULA
(*Eruca sativa* Mill.) MÍNIMAMENTE PROCESADAS EN FRESCO**

**EFFECTS OF DIFFERENT TEMPERATURES ON RESPIRATORY
ACTIVITY IN MINIMALLY PROCESSED FRESH WATERCRESS
(*Nasturtium officinale*R. Br.) AND SALAD ROCKET LEAVES (*Eruca sativa*
Mill.)**

JORGE ANDRÉS KARSULOVIC CVTANICH

**SANTIAGO – CHILE
2012**

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

**EFFECTO DE DIFERENTES TEMPERATURAS SOBRE LA ACTIVIDAD
RESPIRATORIA DE BERROS (*Nasturtiumofficinale*R. Br.)Y RÚCULA (*Eruca
sativa* Mill.) MÍNIMAMENTE PROCESADAS EN FRESCO**

Memoria para optar atítulo profesional de
Ingeniero Agrónomo
Mención Producción Animal

JORGE ANDRÉS KARSULOVIC CVITANICH

Calificaciones
Profesores Guías

Sr. Víctor Escalona C.
Ingeniero Agrónomo, Dr.

Sr. Luis Lushinger L.
Ingeniero Agrónomo, Ph. D.

Profesores Evaluadores

Sr. Claudio Pastenes V.
Ingeniero Agrónomo, Ph. D.

Sr. Ricardo Marchant S.
Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.

Colaborador

Sra. Andrea Hinojosa
Bioquímico.

Sr. Javier Obando U.
Ingeniero Agropecuario Administrador, Dr.

**Santiago, Chile
2012**

*Dedicado a mis padres, quienes con su
inmensa sabiduría e incondicional apoyo me
dieron las herramientas y la fuerza para
finalizar esta etapa. Tengo la esperanza de algún día
llegar a seral menos la mitad de bueno como padre, hijo,
profesionaly amigo que Ustedes.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Centro de Estudios Postcosecha de la Universidad de Chile (CEPOC) y al Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) por la oportunidad de realizar este trabajo.

Doy las gracias a mi familia, mi novia y hermanos, Dr. Claudio Karsulovic' e Ing. Tomás Karsulovic', quienes con sus largas charlas y ejemplos me dieron la fuerza para no flaquear.

Agradezco especialmente al **Sr. Víctor Escalona**, quien con su enorme paciencia y palabras de aliento y apoyo me acompañó en este largo camino, siendo no sólo un pilar indispensable, sino un vívido ejemplo de la integridad, entereza, rectitud y profesionalismo que debiese ser parte de todo formador. Por ello muchas gracias querido Profesor, le estaré eternamente agradecido.

Asimismo, agradezco a los Profesores Sr. Luis Luchsinger, Ricardo Marchant, Claudio Pastenes y Ricardo Partuzé, quienes con su gran disposición y ayuda hicieron posible finalizar esta etapa.

No puedo dejar de agradecer el apoyo académico y moral que me brindaron a lo largo de mis años de formación, Profesores H. Berger, L. Galletti, S. Muñoz, T. Torres, C. Ríos e I. Homer, entre muchos otros, los cuales no olvido, sino muy por el contrario, siempre recordaré con una gran estima.

A las personas que han estado conmigo dándome fuerza, apoyo, cariño o tendiéndome una mano cuando más lo necesitaba: integrantes del Centro de Estudio Postcosecha CEPOC, académicos, no académicos y amigos, les estoy profundamente agradecido.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
MATERIALES Y METODO	6
Lugar de estudio	6
Materiales	6
Metodología	7
Procedimiento	7
Parámetros medidos	9
Ensayo 1.	
Actividad respiratoria	9
Ensayo 2.	
Color	10
Calidad sensorial	10
Análisis estadísticos	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
Berros Hidropónicos	12
Ensayo 1.	
Actividad respiratoria	12
Ensayo 2.	
Color	13
Evaluación sensorial	16
Rúcula	21
Ensayo 1.	
Actividad respiratoria	21
Ensayo 2.	
Color	22
Evaluación sensorial	25
CONCLUSIONES	30
BIBLIOGRAFÍA	31
ANEXO I	
ANEXO II	
APENDICE I	
APENDICE II	

RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivo determinar el efecto de tres temperaturas (0°, 5°, 8°C) sobre la actividad respiratoria, color y parámetros sensoriales en hojas de berros y rúcula por un periodo de 15 días. La actividad respiratoria se determinó a partir de la medición de muestras gaseosas del espacio cabeza de un frasco de 1 L tras 1,5 horas de cierre, el color fue a través de los parámetros de luminosidad, croma y tono y las propiedades sensoriales según la aceptabilidad, apariencia, color, defectos y turgencia. La actividad respiratoria se midió cada 3 a 4 días, mientras que color y evaluación sensorial cada 6 ó 8 días.

La actividad respiratoria disminuyó en todos los tratamientos para ambas especies en estudio. La medición del color indicó una tendencia a la disminución del color verde y aumento del amarillo en relación directa con el incremento de la temperatura. Respecto a los parámetros sensoriales, a 0°C se presentó la menor variación, disminuyendo solo el atributo aceptabilidad.

En relación a lo anterior, en las hojas de berros, la menor actividad respiratoria se presentó a 0°C, con un promedio durante el ensayo de 49,1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, superior en 23,2 y 37,1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a lo registrado a temperaturas de 5° y 8°C. Asimismo, en hojas de rúcula, la actividad respiratoria más baja se presentó a 0°C, con un promedio de 21,0 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, superior en 26,5 y 38,1 unidades a lo obtenido a 5° y 8°C, respectivamente.

Para ambos ensayos, los parámetros de color medidos instrumentalmente y las propiedades sensoriales evidenciaron el término de vida útil al séptimo día a temperaturas de 5° y 8°C, mientras que a 0°C se extendió hasta los 13 días, presentando el menor deterioro y por ende corresponde a la mejor alternativa, entre las estudiadas, para la conservación de hojas de berros y rúcula mínimamente procesada en fresco.

Palabra clave: respiración, berros, rúcula. postcosecha, vida útil, cortes frescos, mínimo proceso, calidad sensorial

ABSTRACT

The effect of three storage temperatures (0°, 5° and 8°C) on respiratory activity, color and sensory parameters of hydroponic watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) and salad rocket, or arugula, (*Eruca sativa* Mill.) leaves was studied over a 15-day period. Respiratory activity was measured every 3-4 days and the other parameters every 6-8 days.

In both species, respiratory activity decreased in all treatments. Color measurement indicated a tendency to green color decrease and yellow increase in direct relation to temperature increase. With respect to sensory parameters, the least variation occurred at 0°C, where acceptability was the only attribute that decreased.

In watercress leaves, the least respiratory activity occurred at 0°C with an average of 49.1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ during the trial, which was 23.2 and 37.1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ higher than that recorded at 5° and 8°C, respectively. Likewise, in salad rocket leaves the lowest respiratory activity took place at 0°C with an average of 21.0 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, which was 26.5 and 38.1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ higher than that recorded at 5° and 8°C, respectively.

In both trials, the instrumentally measured color parameter and sensory properties showed shelf life termination on the seventh day at 5° and 8°C, whereas at 0°C shelf life extended to 13 days with the least deterioration and therefore this storage temperature appears as the best alternative among those studied here for the preservation of minimally processed fresh watercress and salad rocket leaves.

Key words: respiratory activity, watercress, salad rocket, postharvest, shelf life, minimal process, sensory quality

INTRODUCCIÓN

Considerando las actuales tendencias mundiales por un estilo de vida más saludable, los consumidores han buscado alternativas con el fin de satisfacer estas necesidades, es así como los alimentos frescos, libres de aditivos, con un alto valor nutricional y propiedades antioxidantes y neutralizantes de radicales libres (Wiley, 1997), han evidenciado un importante crecimiento en las últimas dos décadas, surgiendo los productos mínimamente procesados en fresco (MPF) (Artés *et al.*, 2009). Al referirse a ellos, se habla de productos sometidos a un proceso mínimo, representando una transición entre aquellos completamente procesados y los recién cosechados, y que obedecen a procedimientos como lavado, picado, secado y envasado bajo atmósfera modificada y refrigeración. De esta forma, se entrega al consumidor productos que garantizan la seguridad alimentaria y mantienen su calidad nutricional, funcional y sensorial, representando una alternativa altamente conveniente frente a las demandas de una vida cada vez más acelerada (Wiley, 1997; Defilippi y Campos, 2006).

Los MPF son productos frescos, que se procesan con el objetivo de proveer al consumidor un alimento listo para consumir (ready-to-eat), con la misma calidad y atributos a uno recién cosechado (Alzamora *et al.*, 2000). Los consumidores esperan que dichos productos estén libres de defectos, que tengan un grado de madurez óptimo y una elevada calidad sensorial y nutricional, junto a una garantizada seguridad de los alimentos (Watada y Qi, 1999). Estas características han permitido un gran aumento en la elaboración y comercialización de frutas y hortalizas mínimamente procesadas (Raybaudi-Massilia *et al.*, 2007).

Los productos mínimamente procesados es el sub-sector con mayor velocidad de crecimiento en la industria alimentaria los últimos años (Artés, 2004). En Chile, el consumo per capita de hortalizas es cercano a los 90 kg año⁻¹, valor que se espera crezca exponencialmente ante la importante demanda de alimentos frescos y libre de aditivos, para ser consumidos tanto en el hogar como en locales comerciales (Berger, 2004; Berger y Galletti, 2007; Escaff y Giaconi, 2008). Esto ha conducido a que los MPF de frutas y hortalizas se transformen en una ventajosa alternativa para una alimentación sana (Wiley, 1997; Artés, 2004).

Las operaciones necesarias para el proceso de hortalizas MPF comprenden la secuencia: selección del cultivar, elección del grado de madurez óptimo, clasificación, acondicionamiento, lavado del producto, selección, pelado, cortado, lavado y desinfección (Wiley, 1997). Al respecto Escalona y Luchsinger (2008) señalan que estas operaciones pueden llegar a representar una pérdida del 40 al 50% de la materia prima. Una vez que los productos son procesados, se deben envasar en bolsas selladas o bandejas cubiertas, para posteriormente ser almacenados y transportados bajo refrigeración (Wiley, 1997; Gorris y Peppelenbos, 1999), otorgándole al producto una vida útil de 7 a 14 días (Aranceta y Pérez, 2006).

La refrigeración juega un papel preponderante en la intensidad de los procesos metabólicos del vegetal (Artés y Artés-Hernández, 2003). La aplicación de frío moderado, sobre el punto de congelación, reduce la velocidad de las reacciones metabólicas al modificar la velocidad máxima, la energía de activación y la constante de Michaelis-Menten de las reacciones enzimáticas (Lance y Moreau, 1992).

La preparación de productos MPF implica una pérdida de la integridad celular por ruptura de compartimientos, que ponen en contacto enzimas y sustratos, ocasionando pardeamiento y formación de metabolitos secundarios no deseados. Además, se puede producir un aumento de la cantidad de microorganismos, algunos patógenos, por una mayor superficie expuesta del vegetal, que pueden ser potencialmente perjudiciales para el ser humano (Leistner y Gould, 2002; Escalona y Luchsinger, 2008; Artés-Hernández *et al.*, 2009), y que disminuyen la vida útil de los productos (Soylemez *et al.*, 2001; Artés *et al.*, 2009).

Dado lo anterior, la inocuidad y seguridad alimentaria, no se pueden asegurar del todo, dado que su metabolismo continua activo durante el almacenamiento (Orsat *et al.*, 2001), reduciéndose además la calidad y vida útil, reflejado en una producción anormal de etileno, alteración de la actividad respiratoria y procesos enzimáticos y no enzimáticos (Wiley, 1997). Es por esto, que es de vital importancia manejar técnicas de postcosecha que disminuyan la respiración de las hortalizas y permitan asegurar su inocuidad alimentaria, tales como el manejo de la atmósfera o la temperatura (Leistner y Gould, 2002).

La actividad respiratoria involucra la oxidación enzimática de azúcares generándose dióxido de carbono y agua, acompañado por una liberación de energía, que será posteriormente utilizada en reacciones biosintéticas (Taiz y Zeiger, 2006). La determinación de la actividad respiratoria es además un indicador de la velocidad de otras reacciones, tales como la pérdida de vitaminas o deterioro causado por cambios fisiológicos. Por este motivo, se debe tener en consideración la ecuación de Arrhenius (Chang, 1998), la cual establece la dependencia de las constantes de velocidad de una reacción respecto de la temperatura, explicando la aceleración de los procesos enzimáticos que intervienen en el deterioro de las muestras almacenadas conforme la temperatura se incrementa.

La temperatura está estrechamente relacionada con la aptitud de conservación, por ello se hace primordial conocer la actividad respiratoria de un producto hortícola e intentar reducir su intensidad (Wills, 1981; Escalona y Luchsinger, 2008). Según Pretel *et al.* (2000), a una misma temperatura, cuanto más alta sea la actividad respiratoria, más corta será su vida postcosecha.

Respecto al cambio de color presentado por hortalizas hojas verdes, Gómez *et al.* (2007) indica que se asocian a una degradación de la clorofila debido a cambios en el pH y en los sistemas oxidativos, así como un aumento de la actividad de la clorofilasa y la emisión de etileno. Asimismo, hace referencia a la intensidad del color verde como criterio para determinar el nivel de deterioro en el que se encuentra el vegetal.

Según Escalona y Luchsinger (2008) el envasado permite un mayor control de cada porción, disminuir los costos de preparación, la contaminación, la demanda de espacio en bodegas y otorga un producto de calidad y uniformidad. Para prolongar la vida útil de hortalizas, la cantidad de O₂ necesaria suele ser baja, aunque no inferior al 1%, evitándose de este modo, la respiración anaerobia y el desarrollo de microorganismos anaerobios, asimismo, la concentración de CO₂ debe ser alta, para suprimir la síntesis de etileno y reducir el crecimiento microbiano (Hurme *et al.*, 2002).

El berro de agua (*Nasturtium officinalis* L.) pertenece a la familia *Brassicaceae*, es un producto hortícola cultivado durante todo el año, principalmente en la zona centro sur de Chile. Es una

planta herbácea, perenne, rica en glucosinolatos, vitaminas y minerales, principalmente calcio, además de tener propiedades anticarcinogénicas (Navarro *et al.*, 2008), depurativas y antiescorbúticas (Maroto, 1995), convirtiéndola en una especie muy apetecida por los consumidores que buscan una vida saludable; despertando un gran interés en el mercado interno chileno (Díaz y Fraga, 2003; Berger, 2004). Actualmente se comercializa en nuestro país gracias a la utilización de técnicas hidropónicas que disminuyen la posibilidad de contaminación con microorganismos dañinos. En el pasado, esta hortaliza fue recolectada de bordes de acequias y esteros, siendo una importante fuente de transmisión de enfermedades por alimentos (E.T.A.) como *Fasciola hepática*, cólera, *Clostridium perfringens*, entre otras, descontinuándose su consumo (Vilchez, 2008).

La rúcula (*Eruca sativa* Mill.) pertenece a la familia *Brassicaceae*, es anual y originaria del sur de Europa. Esta planta posee hojas de 10 a 25 cm de largo, de color verde o rojizo dispuestas en rosetas que se caracterizan por su sabor ligeramente picante. En algunos países como India, esta especie se utiliza para la elaboración de aceite (Morales y Janick, 2002). En relación a su cultivo, éste se realiza principalmente bajo cubierta con mallas en siembras escalonadas que garantizan la producción durante todo el año (Botto *et al.*, 2003). Su consumo a nivel mundial se ha incrementado y en algunos países europeos se distingue por su agradable y característico sabor amargo así como por su contenido de fitonutrientes con potencial saludable (Barillardi *et al.*, 2005).

Ambas hortalizas son altamente perecederas, por lo que es importante la determinación de la temperatura óptima que permita extender al máximo su vida útil. Ante tales antecedentes se plantean la siguiente hipótesis y objetivos:

Hipótesis

La actividad respiratoria de hojas de berros hidropónicos y de rúcula se ven afectadas por el aumento de la temperatura, disminuyendo su vida útil.

Objetivo general

Evaluar la influencia de tres temperaturas sobre la actividad respiratoria y vida útil de hojas de berros hidropónicos y de rúcula mínimamente procesadas en fresco.

Objetivos específicos

Medir el efecto de tres temperaturas de conservación sobre la actividad respiratoria en hojas de berro y rúcula.

Determinar la evolución del color y de los parámetros sensoriales de hojas de berro y rúcula almacenadas a tres temperaturas.

MATERIALES Y MÉTODO

Lugar de estudio

Los ensayos se realizaron en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) y en los laboratorios de Evaluación Sensorial y Análisis Microbiológicos del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Esta memoria de título fue financiada por el proyecto Fondecyt N° 1090059.

Materiales

Para la realización del presente estudio se utilizaron hojas de berros hidropónicos y de rúcula cultivada mediante técnica de siembra escalonada, proveniente de la empresa comercial “Más Vida S.A.” ubicada en camino a Lonquén, Comuna de Calera de Tango, Región Metropolitana (Chile). Los berros y la rúcula se cosecharon de forma manual sin la utilización de cuchillos y con un criterio de corte de 20 a 25 cm y 25 a 35 cm de altura de cultivo, respectivamente (Figura 1).



Figura 1. Sistema de producción de berros hidropónicos.

Se utilizaron bandejas plásticas de polietileno de 500 mL con tapa, para el almacenaje de las muestras destinadas a la determinación de color y evaluaciones sensoriales, procedentes de la empresa Ultrapac Sudamericana.

Para la determinación de la actividad respiratoria se utilizaron frascos de vidrio transparentes de 1 L.

Metodología

Tratamientos y diseño estadístico.

Ensayo 1. Actividad respiratoria. Se midió la actividad respiratoria como un ensayo independiente en frascos de vidrio herméticos. Para cada especie se realizó un diseño completamente al azar para la determinación de la existencia de diferencias significativas entre tratamientos a través de los tiempos de estudio (tiempo medido en los días 0, 2, 5, 8, 10, 13 y 15). Asimismo, para cada tiempo por separado, se determinó la existencia de diferencias significativas entre mediciones. La unidad experimental utilizada fue el envase de vidrio con cierre hermético de 1 L de capacidad con aproximadamente 40 g de hortaliza, realizándose 3 repeticiones en cada uno.

Ensayo 2. Caracterización física y sensorial. Para la medición de color (luminosidad, croma y tono) y propiedades sensorial se estableció un ensayo con un diseño completamente al azar para la determinación de diferencias significativas entre tratamientos a través del tiempo (tiempo medido en los días 1, 7 y 14 en color, y 1, 7 y 13 en sensorial). Asimismo, se analizó la existencia de diferencias significativas para cada tiempo de forma independiente. La unidad experimental correspondió a envases de plástico de 500 mL de capacidad con aproximadamente 40 g de hortaliza, con 3 repeticiones para cada uno.

Procedimiento

Las hortalizas fueron recepcionadas en el laboratorio CEPOC directamente desde el productor, siendo trasportadas en un camión refrigerado a 5 °C, y almacenadas en oscuridad a 0 °C y 95% de humedad relativa por 24 horas hasta su selección y procesamiento. Posteriormente fueron trasladadas hasta la sala de manipulación y acondicionamiento a 8°C, previamente sanitizada, lugar donde se seleccionaron de forma visual, realizándose eliminación de tallos lignificados y descarte de hojas con color no característico (amarillamiento u otro), falta de turgencia, podredumbres o daños físicos y/o mecánicos (Wiley, 1997).

Las muestras fueron procesadas en la sala antes descrita, siendo lavadas con agua potable a 5 °C con 100 mg L⁻¹ de hipoclorito de sodio por 5 minutos (2 kg de hortaliza en 40 L de agua) con el fin de eliminar materiales extraños en ellas y asegurar su inocuidad. Posteriormente fueron escurridas sobre una malla de acero inoxidable por 5 minutos y el excedente de agua retirado mediante una centrifuga manual (Schlimme y Rooney, 1997; Wiley, 1997).

Finalmente se envasaron 40±0,5 g de hortalizas en recipientes plásticos de 500 mL con tapa y en frascos transparentes de vidrio de 1 L. Las muestras fueron almacenadas en una cámara a 0°, 5° y 8°C y 90±5% de HR por un periodo máximo de 15 días.

En la Figura 2 se observa el diagrama de flujo que describe las operaciones realizadas durante el procesamiento.

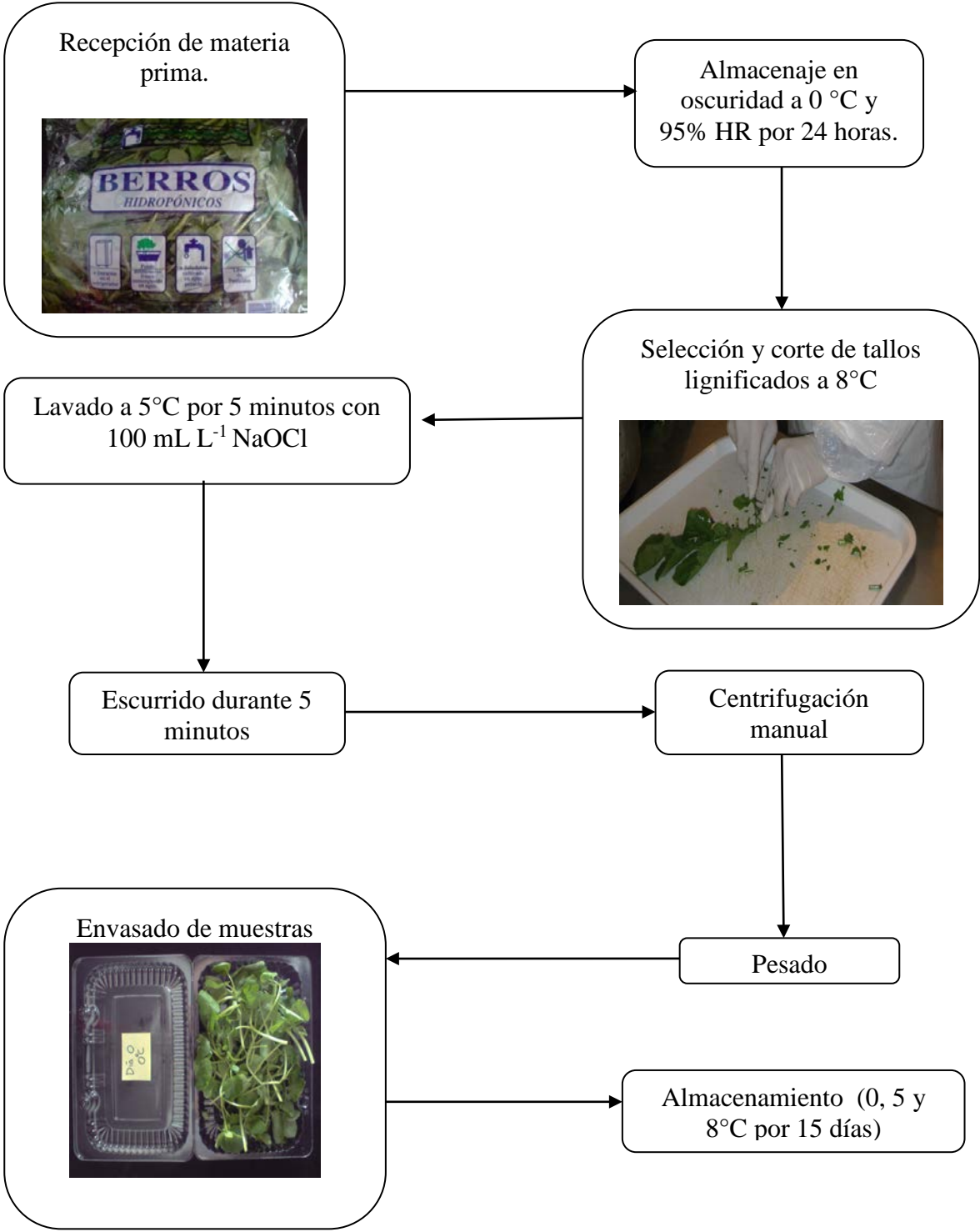


Figura 2. Diagrama de flujo de procesamiento de hojas de rúcula y berros.

Parámetros medidos

Las mediciones de la actividad respiratoria se realizaron a partir de frascos de vidrio herméticos de 1 L cada 2 ó 3 días, en tanto, color y los parámetros sensoriales se realizaron en hojas almacenadas en bandejas plásticas cada 7 días.

Ensayo 1. Actividad respiratoria

Se determinó por medio de un método estático (Kader, 2007). Se depositaron $40 \pm 0,5$ g de hojas en frascos de vidrio de 1 L, herméticamente cerrados y provistos de un septum de silicona en su tapa. Tras 1,5 horas se obtuvieron muestras gaseosas de aire del espacio cabeza del frasco previamente purgado y del ambiente, utilizando una jeringa de plástico (Nitro, Argentina) de 10 mL. La muestra se analizó en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard (Modelo 5890 Serie II, EE.UU.) provisto de un detector de conductividad térmica con una columna Molecular Sieve y Porapak Q (EE.UU.) (Figura 3). Las temperaturas del inyector y horno fueron de 50° y 200°C , respectivamente. El gas transportador fue helio (Indura, Chile) a una presión de 50 psi. Se utilizó un estándar de CO_2 de 1,1% (Indura, Chile) como patrón. Los resultados fueron expresados en $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Con los datos obtenidos se determinó la actividad respiratoria mediante la siguiente fórmula (Kader, 2007):

$$\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1} = \frac{(\% \text{ CO}_2 \text{ muestra} - \% \text{ CO}_2 \text{ ambiente}) \cdot \text{VEL (mL)}}{100 \text{ M (kg) t(h)}}$$

VEL: Volumen espacio libre (mL) = Volumen del frasco - volumen de las hojas

M: Masa de las hojas (kg)

t : Tiempo (h)



Figura 3. Medición de la actividad respiratoria.

Ensayo 2. Caracterización física y sensorial.

Color

El color se determinó por la cara posterior de las hojas sobre un fondo negro opaco en 10 hojas por envase. Se utilizó un colorímetro compacto triestímulo Kónica Minolta Chroma Meter CR – 400, con fuente iluminante D₆₅, con un ángulo observador de 2°, previamente calibrado con un estándar blanco utilizando el sistema CIE Lab (Figura 4).

Los valores se expresaron como luminosidad (L), croma (C) y tonalidad (Hue), los que fueron calculados a partir de: $Hue = \arctan(b^*/a^*)$ y $C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (McGuire, 1992). La luminosidad (L), se interpreta mediante el rango 0 a 100, donde 0 corresponde a negro y 100 a blanco; el croma representa la saturación del color, que varía de un color apagado (valor bajo) a uno vivo (valor alto); el tono (Hue) se define como la posición en una rueda de color graduada, donde 0° representa al rojo, 90° al amarillo, 180° al verde y 270° al azul (Koukounaras *et al.*, 2007).

Se elaboró una escala de color de 5 puntos, adaptada de Koukounaras *et al.* (2007), para cuantificar el grado de amarillamiento de las hojas (Anexo I), donde 5 correspondió a un color verde oscuro; 4 verde claro; 3 verde amarillento; 2 amarillo verdoso y 1 amarillo. Se consideró valores inferiores a 3 como no aceptables comercialmente.



Figura 4. Medición de color en hojas de rúcula.

Calidad sensorial

Se utilizó el método de análisis descriptivo-cuantitativo con un panel entrenado conformado por 12 evaluadores, usando una pauta no estructurada de 0 a 15 cm (Anexo II), donde cada evaluador indicó la intensidad del color, apariencia, turgencia y aceptabilidad. De igual modo, los paneles cuantificaron el grado de defectos en las muestras utilizando la misma escala estandarizada. Las muestras fueron presentadas en 3 pocillos de color blanco, identificadas mediante códigos de tres dígitos al azar (Figura 5).

Las muestras se evaluaron según el límite establecido por los consumidores como aceptable (media por encima de 7,5) (adaptado de Allende *et al.* (2004) y Martínez-Sánchez (2008)).

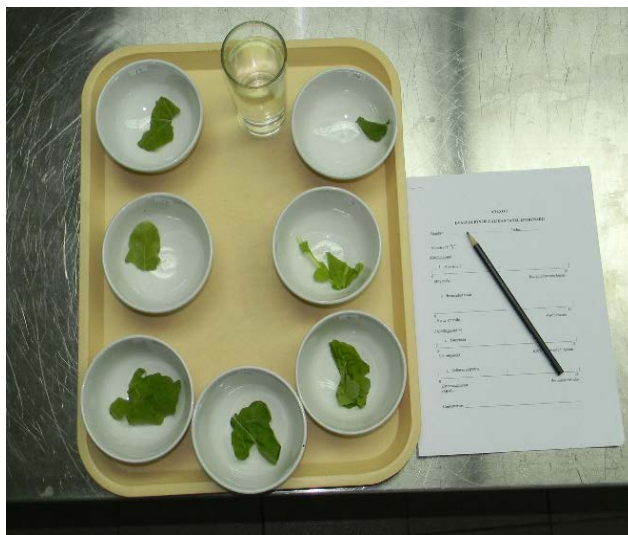


Figura 5. Bandeja entregada a cada evaluador.

Análisis estadístico

Ensayo 1.

Se determinó la ocurrencia de diferencias significativas entre los tratamientos en forma independiente para cada especie a través de un análisis de varianza (ANDEVA) al 95% de confianza. Cuando se presentaron diferencias significativas entre tratamientos se aplicó la prueba de comparación múltiple de TUKEY ($p < 0,05$).

Adicionalmente se comparó el comportamiento a las diferentes temperaturas independientemente en cada tiempo de estudio por medio de una prueba t de Student al 5% de significancia.

Ensayo 2.

Los resultados obtenidos se evaluaron con un análisis de varianza (ANDEVA) al 95% de confianza. De existir diferencias significativas entre tratamientos se aplicó la prueba de comparación múltiple de TUKEY ($p < 0,05$).

Para evaluar la evolución de cada tratamiento en el tiempo se comparó por medio de una prueba t de Student al 5% de significancia. Para la selección de la información representativa entregada por los panelistas sensoriales se utilizó el programa computacional FIZZ (Fizz ® , Biosystemes, Couternon, Francia).

RESULTADOS Y DISCUSION

Berros hidropónicos

Ensayo 1.

1. Actividad respiratoria

Las hojas, indistintamente de su temperatura de conservación, evidenciaron una disminución significativa de su actividad respiratoria al finalizar el estudio (Figura 5). Se observaron diferencias significativas entre temperaturas desde el día 0 al 13. Los valores más altos se registraron posterior al día 0, mientras que los menores al décimo tercer día en las hojas conservadas a 0° y 5°C (71,6 y 116,2 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ respectivamente) y el día décimo quinto en aquellas a 8°C (139,0 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) (Apéndice I, Cuadro 1).

Según Escalona *et al.* (2001), Gómez y Artés (2004) y Allende *et al.* (2004), los mayores registros obtenidos en el día 0 en relación a los demás días se fundamentan principalmente por la manipulación previa al almacenaje, como corte, lavado y secado, los que aumentan la actividad respiratoria y emisión de etileno como resultado del estrés al que se ven sometidos los productos. Asimismo, según Barry-Ryan y O'Beirne (1998), la actividad respiratoria aumenta producto de una aceleración de los procesos metabólicos como respuesta a daños físicos. Cabe hacer notar que Kim *et al.* (2007) detectaron un acelerado incremento de esta actividad luego del procesamiento, alcanzando su valor máximo trascurrido 12 horas de almacenamiento en cilantro MPF conservado a 5°C por un período de 14 días.

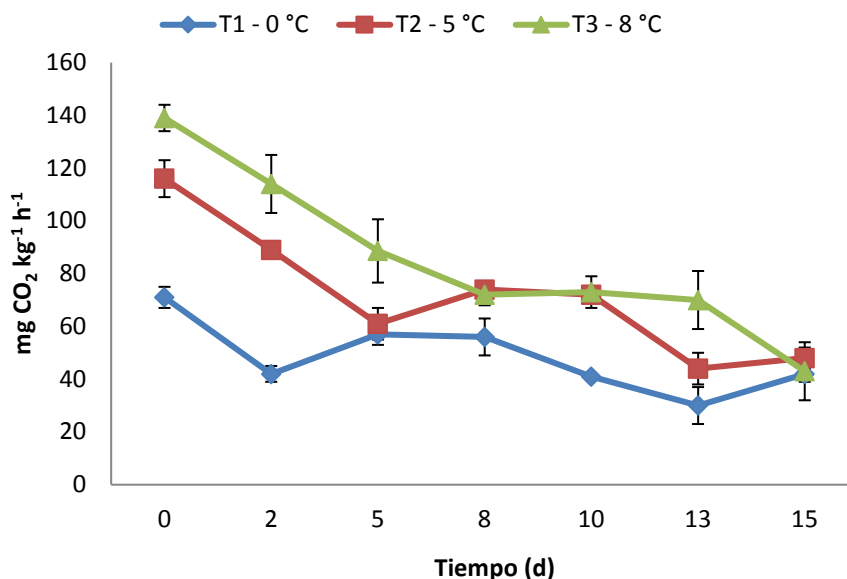


Figura 5. Evolución de la actividad respiratoria (mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) de hojas de berros durante un almacenamiento a 0°, 5° y 8°C por 15 días. Los valores representan la media ± error estándar (n=3).

En el día 2, se observó para las tres temperaturas una disminución de la actividad y diferencias significativas entre tratamientos, obteniéndose registros de 43 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 0°C, 89,7 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 5°C y 114,1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 8°C (Apéndice I, Cuadro 1).

El día 5, a 0°C se registró 57,3 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, mientras que a 5°C se obtuvo 61,2 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ y a 8°C 114,1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. El día 8, se observó una actividad significativamente inferior a 0°C, con 56,3 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respecto a 5° y 8°C (Apéndice I, Cuadro 1).

En el día 13, a 8°C con 70,8 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, registró un valor significativamente más alto respecto a 0° y 5°C (Apéndice I, Cuadro 1).

El día 15, los tratamientos lograron un equilibrio, obteniéndose valores en un rango de 43 a 48,4 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Este día se registró un incremento de la actividad respiratoria a 0°C y una disminución a 8°C en relación a la medición anterior (Apéndice I, Cuadro 1). El incremento obtenido a 0°C, al igual que la tendencia al alza observada a 5°C durante esta última medición podría deberse al deterioro y senescencia de las hojas (Wills *et al.*, 1992; Kader, 2007). Según Artés (2006) los productos vegetales continúan vivos tras la recolección y manifiestan procesos metabólicos de respiración, maduración y senescencia.

Una acelerada disminución de la actividad respiratoria en los primeros días y posteriormente en una menor magnitud fue observada por Magalhães *et al.* (2007) en espinaca y Conesa *et al.* (2007) en pimiento mínimamente procesados en fresco.

En función de la actividad respiratoria inicial se determinó una menor actividad respiratoria a 0°C y mayor a 8°C, coincidiendo con Pretel *et al.* (2001) y Wills *et al.* (1992) quienes indicaron que una menor temperatura disminuye la actividad respiratoria en el tiempo y con Cantwell (2001) quien recomienda el almacenaje de los berros a 0°C para prolongar su vida útil.

Ensayo 2.

1. Color

1.1 Luminosidad (L)

Este parámetro se incrementó significativamente durante el almacenamiento indistintamente de la temperatura de conservación (Figura 6). En todos los tratamientos se obtuvieron los valores más bajos el día 0, con un promedio de 43,1 (Apéndice I, Cuadro 2.1).

El día 7 las hortalizas a 8°C, con un valor de 47,4, registraron una luminosidad significativamente mayor que a 0° y 5°C, con 43 y 44,9 unidades, respectivamente. Asimismo, las muestras a 5° y 8°C presentaron aumentos significativos respecto al registro obtenido el día 0 (Apéndice I, Cuadro 2.1).

El día 14, los tratamientos a 0° y 8°C evidenciaron incrementos significativos de la luminosidad en relación a los días 0 y 7, respectivamente. Del mismo modo, 8°C con un valor de 52, se mantuvo la diferencia significativa en relación a los demás tratamientos con 44,4 a 0°C y 45,3 a 5°C (Apéndice I, Cuadro 2.1).

Koukounaras *et al.* (2007), observó en hojas de rúcula almacenadas a 10°C por 10 días un aumento de L y croma, así como la disminución del tono y de las clorofilas, coincidiendo con las tendencias antes descritas. En relación a esto, Artés y Artés-Hernández (2003) señalan que el color amarillo en hortalizas de hoja verde no resulta atractivo a los consumidores, disminuyendo la posibilidad de venta del producto.

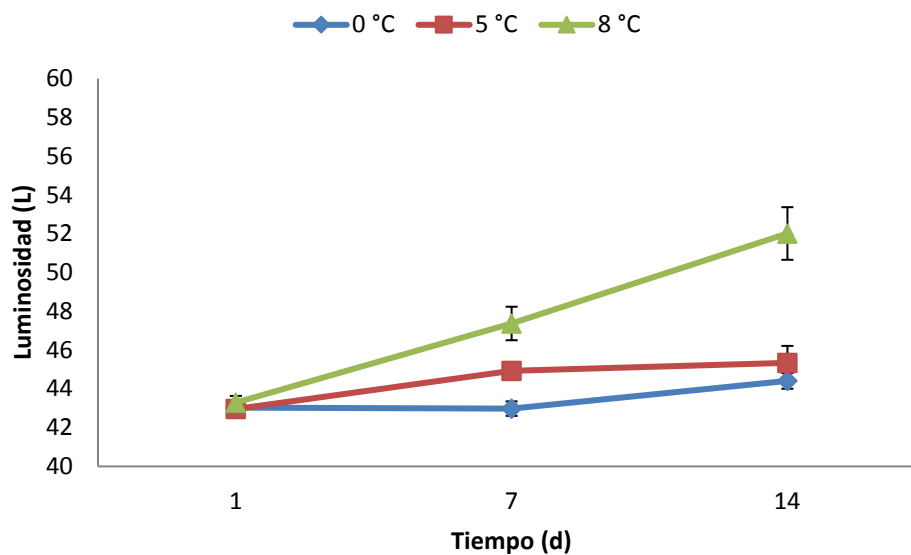


Figura 6. Evolución de la luminosidad en hojas de berros almacenados por 14 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=10).

Según la escala de color adaptada de Koukounaras *et al.* (2007), el día 1 todos los tratamientos obtuvieron una condición de “4”, la que se mantuvo hasta el último día en las muestras a 0°C. El día 7, las hojas conservadas a 8°C se trasladaron a una condición de “3”, mientras que a 5°C no variaron. Al finalizar el ensayo las muestras a 8°C obtuvieron una condición de “1” y a 5°C de “3” (Anexo II).

1.2 Croma (C)

Durante el almacenaje solo las hojas a 5° y 8°C presentaron un incremento significativo del croma, observándose asimismo, diferencias significativas entre tratamientos a partir del séptimo día (Figura 7). Los menores valores se obtuvieron el día 1 con un promedio de 26,0 (Apéndice I, Cuadro 2.2).

El día 7 a 8°C, con una medición de 33,1, registró un croma significativamente mayor en relación a las demás temperaturas, con valores de 26,1 a 0°C y 27,3 a 5°C. Asimismo, a 5° y 8°C

se registró un aumento significativo de este parámetro en relación al día 0 (Apéndice I, Cuadro 2.2).

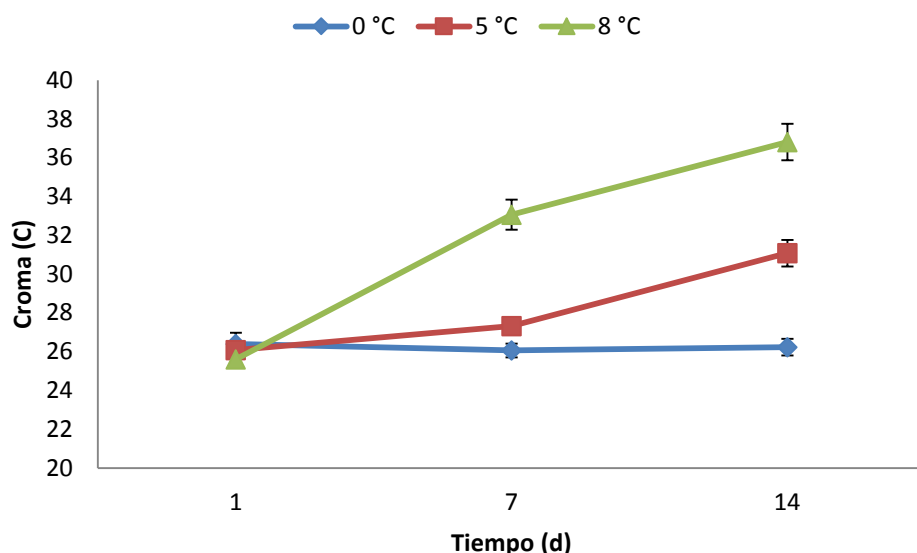


Figura 7. Evolución del croma en hojas de berros almacenados por 14 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=10).

El día 14, los tratamientos a 5° y 8°C presentaron un incremento significativo del croma en relación a la medición anterior, con registros de 31,1 y 36,8, mientras que a 0°C no se evidenció un cambio y se mantuvo como el valor menos significativo entre los tratamientos, con 26,2 (Apéndice I, Cuadro 2.2).

1.3 Tono (Ángulo hue)

Las muestras conservadas a 5° y 8°C presentaron, en cada medición, una disminución significativa del tono, mientras que a 0°C no variaron, observándose diferencias significativas entre tratamientos a partir del séptimo día (Figura 8). Los valores más altos se obtuvieron el día 0, promediando 126,8°, ángulo levemente por encima al establecido en el círculo de color para el verde (120°) (Apéndice I, Cuadro 2.3).

El día 7, las hojas a 5° y 8°C experimentaron una disminución significativa del tono, con valores de 125,4° y 120,5°, mientras que a 0°C no se observó variación, presentando valores que fueron significativamente superiores a los demás tratamientos (Apéndice I, Cuadro 2.3).

El día 14, el tratamiento a 5°C con 122,0° y a 8°C con 114,9° presentaron una disminución significativa del tono, siendo significativamente inferiores a 0°C (125,8°) (Apéndice I, Cuadro 2). Al respecto Yamauchi y Watada (1998), señalan que una disminución del tono es un indicador del decrecimiento del verdor y un incremento del amarillamiento.

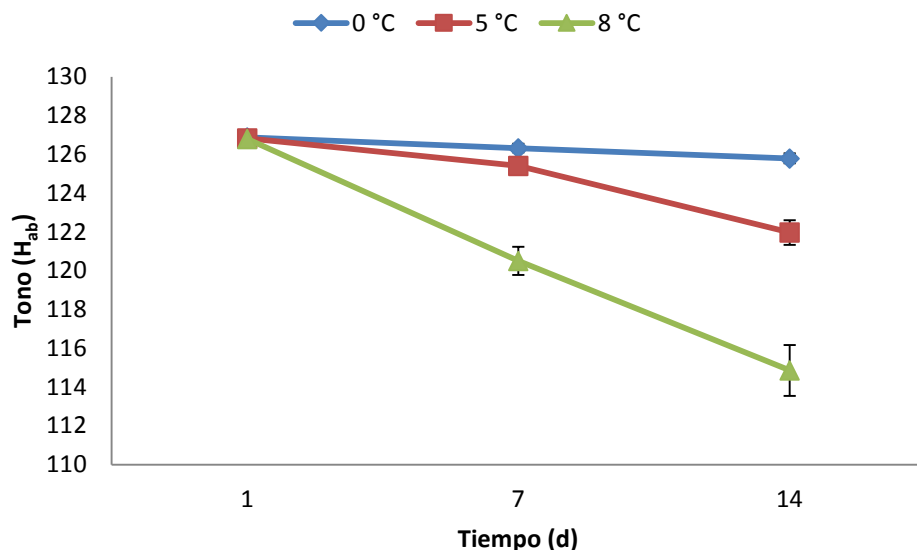


Figura 8. Evolución del tono en hojas de berros almacenados por 14 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=10).

Respecto al comportamiento de los tres parámetros a lo largo del almacenamiento, éstos presentaron una tendencia similar a los resultados encontrados por Castañer *et al.* (1999) en lechuga mínimamente procesada. Estos autores observaron un incremento de la luminosidad y disminución del tono durante el almacenamiento, indicando un aclarado de las hojas. Asimismo, Loaiza y Cantwell (1997) observaron en cilantro conservado a 5°C por 14 días la misma tendencia, indicando que se produjo un incremento del parámetro luminosidad y croma, y una disminución del parámetro tono.

En relación a la vida útil de las hortalizas, en función de los parámetros de luminosidad, croma y tono, se podría establecer como fin de la vida útil el día 7 para las muestras a 8°C y el día 14 a 0° y 5°C. Koukounaras *et al.* (2007) y Kim *et al.* (2007) señalan que mayores temperaturas provocan una aceleración de la senescencia, anticipando su amarillamiento y provocando el rechazo por parte de los consumidores.

2. Evaluación Sensorial

2.1 Apariencia

Este atributo presentó una disminución significativa en las hojas a 5° y 8°C tras 13 días de almacenamiento, observándose diferencias significativas a partir el séptimo día (Figura 9). Los valores más altos se obtuvieron el día 1 con un promedio de 11,9 (Apéndice I, Cuadro 3.1).

El día 7, el tratamiento a 8°C experimentó una disminución significativa de la apariencia, con 6,8 puntos, presentando diferencias significativas en relación a los demás tratamientos, con 11,4 a 0°C y 10,8 a 5°C (Apéndice I, Cuadro 3.1).

El día 13, las hojas conservadas a 5° y 8°C, con puntajes de 8,0 y 4,0, respectivamente, presentaron una disminución significativa de la apariencia en relación a su medición anterior, obteniéndose diferencias significativas entre todos los tratamientos. Las hortalizas conservadas a 0°C no disminuyeron su apariencia durante el periodo de estudio (Apéndice I, Cuadro 3.1).

Las tendencias presentadas en la Figura 9 coinciden con lo señalado por Pretel *et al.* (2000), quienes indicaron que cuanto más alta sea la temperatura menor es la vida útil del producto.

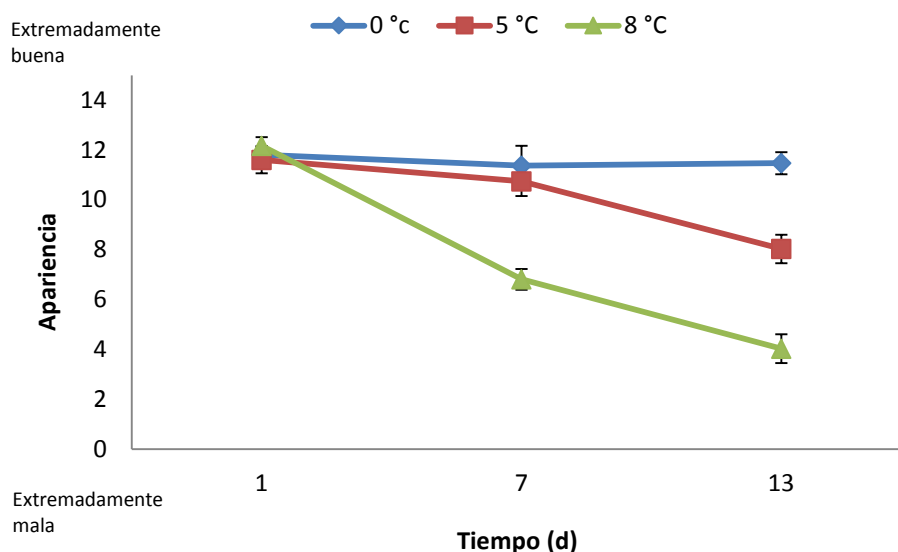


Figura 9. Evolución de la apariencia en hojas de berros almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

2.2 Color

Este parámetro disminuyó significativamente durante el periodo de estudio en las hojas conservadas a 5° y 8°C, mientras que a 0°C no se detectó variación, presentándose diferencias significativas entre tratamientos a partir del séptimo día (Figura 10). Los puntajes más altos se observaron el día 1 con un promedio de 12,7 (Apéndice I, Cuadro 3.2).

El día 7, sólo a 8°C, con 6,8 puntos, se obtuvo una disminución significativa del color, presentando diferencias significativas en relación a 0° y 5°C con registros de 12,5 y 12,7, respectivamente (Apéndice I, Cuadro 3.2).

El día 13, los tratamientos a 5° y 8°C evidenciaron una disminución significativa en relación al día 7, con valores de 6,9 y 3,8, respectivamente, obteniéndose de este modo, diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice I, Cuadro 3.2).

Respecto a lo anterior, las disminuciones de puntaje obtenidas desde el día 5 a 8°C y el día 13 a 5°C se explicarían por la degradación de la clorofila como parte del proceso de senescencia del vegetal acelerado a temperaturas mayores (Gómez *et al.*, 2007). Proceso que ocasionó una

transición de verde a amarillo, coincidentes con los resultados presentados anteriormente en la medición instrumental del color.

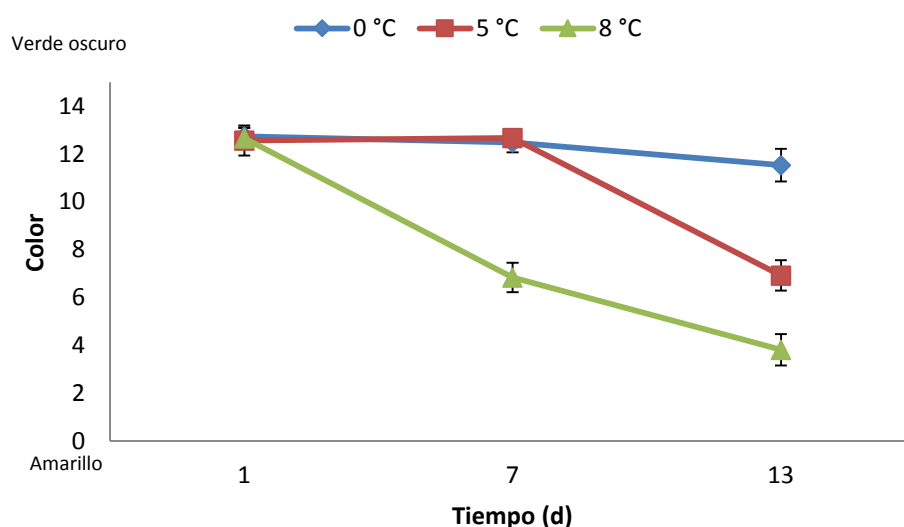


Figura 10. Evolución del color en hojas de berros almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

2.3 Turgencia

Este parámetro no presentó variaciones significativas en ninguno de los tratamientos durante tiempo de almacenamiento, independiente de la temperatura (Figura 11). Los valores más altos se obtuvieron el día 1, promediando 10,0 puntos (Apéndice I, Cuadro 3.3).

El día 7, a 0°C se obtuvo el valor más alto, con un puntaje de 10,8, mientras que 5° y 8°C obtuvieron 9,1 y 7,9, respectivamente. El día 13, 5°C con 8,7 presentó el mayor puntaje, en tanto el menor fue 0°C con 7,5 (Apéndice I, Cuadro 3.3). Se debe considerar, a modo práctico, que las diferencias presentadas no fueron significativas, y por lo tanto, solo hacen referencia a tendencias.

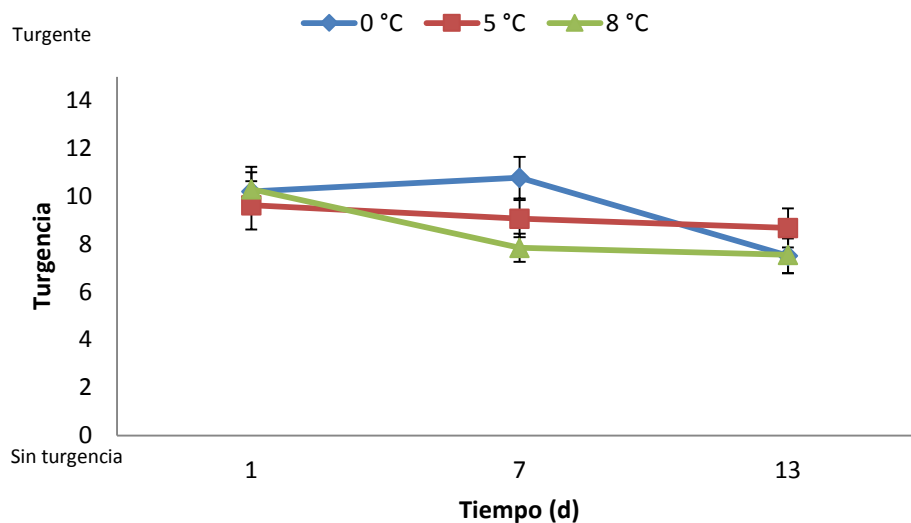


Figura 11. Evolución de la turgencia en hojas de berros almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

2.4 Defectos

Los defectos se incrementaron significativamente en el tiempo a 8°C, mientras que a 0° y 5°C no hubo variaciones. A partir del día 7, 8°C presentó significativamente mayor presencia de defectos que a 0° y 5°C (Figura 12) (Apéndice I, Cuadro 3.4).

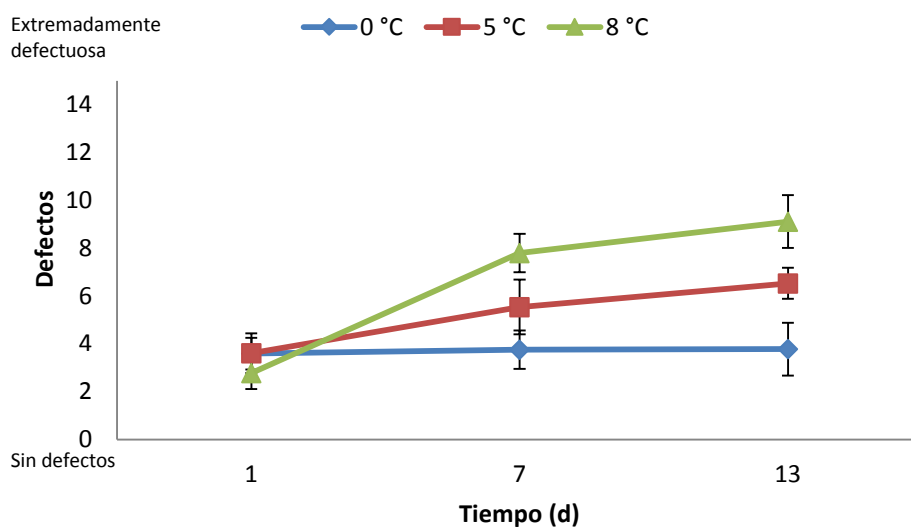


Figura 12. Evolución de los defectos en hojas de berros almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

2.5 Aceptabilidad

Las hojas a 5° y 8°C disminuyeron significativamente su aceptabilidad durante el periodo de almacenamiento, no así a 0°C, observándose diferencias significativas entre tratamientos a partir del séptimo día (Figura 13).

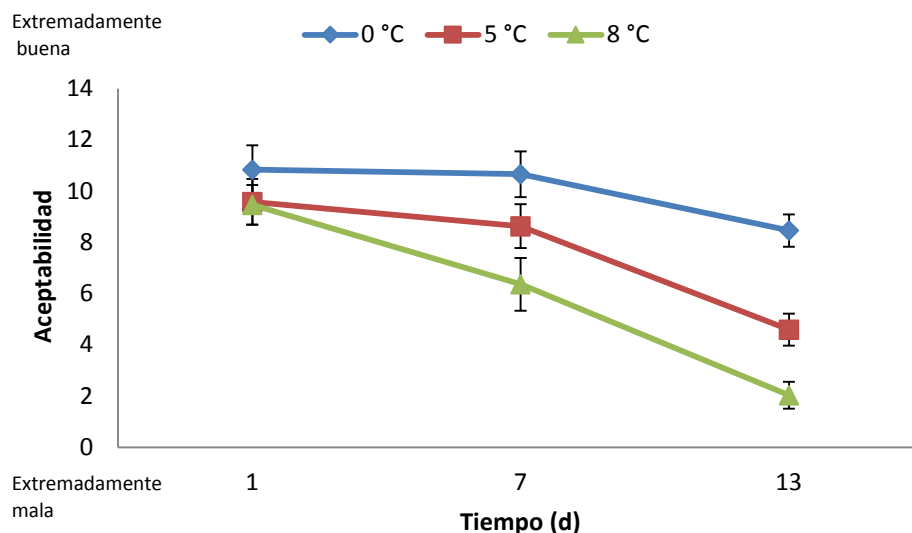


Figura 13. Evolución de la aceptabilidad de hojas de berros almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

El día 7, la puntuación más baja se obtuvo a 8°C, con 6,4, significativamente inferior respecto a 0°C con 10,7. Ninguno de los tratamientos varió significativamente en relación al día 1 (Apéndice I, Cuadro 3.5).

El día 13, las hojas a 5° y 8°C presentaron una disminución significativa de la aceptabilidad en relación a las mediciones anteriores, con puntajes de 4,6 y 2,0, respectivamente, mientras que el tratamiento a 0°C varió (Apéndice I, Cuadro 3.5).

Según Artés (2006) lo habitual es prolongar, por medio de técnicas de conservación como lo es el almacenaje a una temperatura óptima, la supervivencia de los productos hasta el consumo, con una adecuada calidad y seguridad. Gómez *et al.* (2007) señala que los atributos determinantes en la calidad, principalmente sensoriales, como la textura, son fuertemente afectados por procesos desencadenados por mayores temperaturas, siendo claros indicativos de deterioro, y ocasionando el rechazo por parte del consumidor.

En función de los puntajes obtenidos durante la evaluación sensorial los berros podrían almacenarse por 7 días a 8°C y 14 días a 0° y 5°C (Anexo II).

Rúcula

Ensayo 1.

1. Actividad respiratoria

Todos los tratamientos disminuyeron significativamente su actividad respiratoria a lo largo del almacenamiento, presentándose diferencias significativas en el octavo y décimo quinto día (Figura 14) (Apéndice II, Cuadro 1).

Los elevados registros obtenidos el día 0 en comparación con el resto de los días podrían explicarse por un aumento de la actividad metabólica debido a operaciones de procesamiento que provocan rupturas de tejidos (Toivonen y De Ell, 2002; citado por Rico *et al.*, 2007 y Allende *et al.*, 2004).

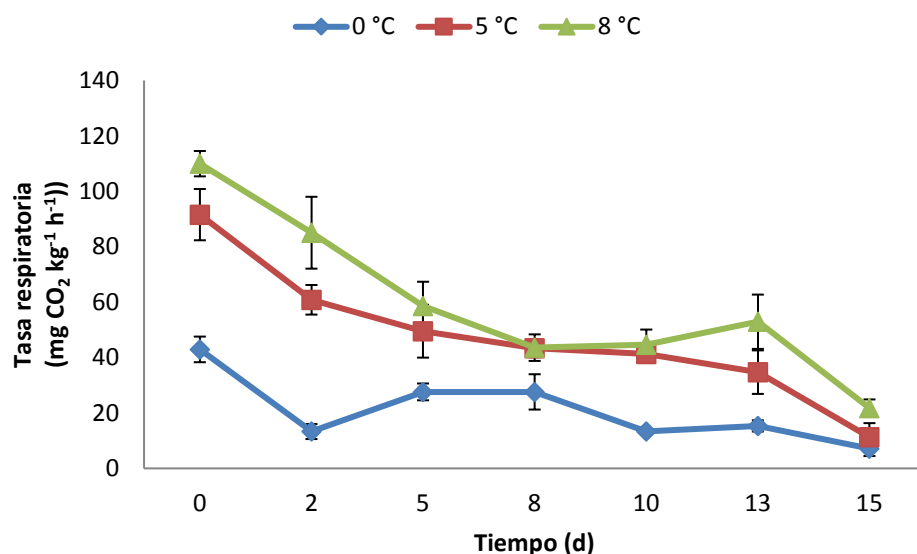


Figura 14. Evolución de la actividad respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de hojas de rúcula durante un almacenamiento a 0° , 5° y 8°C por 15 días. Los valores representan la media \pm error estándar ($n=3$).

En el día 2, todos los tratamientos presentaron una disminución significativa de la actividad respiratoria con diferencias significativas entre ellos. Las hojas a 0°C obtuvieron un valor de $13,3 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ significativamente inferior que a 5° y 8°C , con $60,9$ y $85,1 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectivamente (Apéndice II, Cuadro 1).

El día 8, sólo las hojas a 8°C , con $43,6 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ presentaron un descenso en su actividad respiratoria en relación al día 5, los otros tratamientos no experimentaron variación. A 0°C la respiración fue significativamente inferior a los demás tratamientos, con un valor de $27,6 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. El día 10, la actividad a 5° y 8°C no varió, mientras que 0°C disminuyó significativamente en relación al día 8 (Apéndice II, Cuadro 1).

El día 15, a 8°C se obtuvo 21,8 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ significativamente mayor que a 0° y 5°C, con 7,2 y 11,3 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente. Según Kader (2007) la disminución en la actividad respiratoria durante el almacenamiento se debería a un agotamiento de las reservas alimenticias, que se traducen en la senescencia del vegetal (Apéndice II, Cuadro 1).

La significativa menor actividad respiratoria obtenida a 0°C coincide con las recomendaciones de Cantwell (2001) quien indica para rúcula una temperatura de almacenamiento de 0°C, a modo de prolongar su vida útil.

Una disminución de la actividad respiratoria en el almacenamiento fue descrita por Rivera-López *et al.* (2005) en papaya, Magalhães *et al.* (2007) en espinaca, Conesa *et al.* (2007) en pimiento y Téllez *et al.* (2007) en curuba mínimamente procesados en fresco.

Wills *et al.* (1992), señalaron que el aumento de la vida útil de los productos agrícolas mediante el uso de bajas temperaturas está estrechamente relacionado con la disminución de la actividad respiratoria. Kader (2007), indica que la velocidad de deterioro de frutas y hortalizas es directamente proporcional a la actividad respiratoria.

Ensayo 2

1. Color

1.1 Luminosidad (L)

La luminosidad presentó un incremento significativo durante el tiempo, obteniéndose los valores más bajos el día 0, con un promedio de 40,7. El día 7, todos los tratamientos presentaron un incremento de la luminosidad en relación al día 0, siendo 8°C, con 53,7, significativamente superior a 0° y 5°C con 46,2 y 47,7, respectivamente (Apéndice II, Cuadro 2.1).

El día 14, se presentaron diferencias significativas entre todos los tratamientos, así como un aumento de la luminosidad en relación a la medición anterior en las muestras a 0° y 5°C con valores de 47,4 y 51,3, respectivamente (Apéndice II, Cuadro 2.1).

Respecto al aumento de L, esto se atribuiría según Gómez *et al.* (2007) al proceso de senescencia, el cual implica una pérdida de estructura del citoplasma y cloroplastos, desencadenando el amarillamiento de los tejidos y por lo tanto un aumento de la luminosidad.

Las mismas tendencias fueron descritas por Loaiza y Cantwell (1997) en cilantro y por Koukounaras *et al.* (2007) en rúcula mínimamente procesadas, indicando un incremento de la luminosidad y una disminución en el contenido de clorofilas.

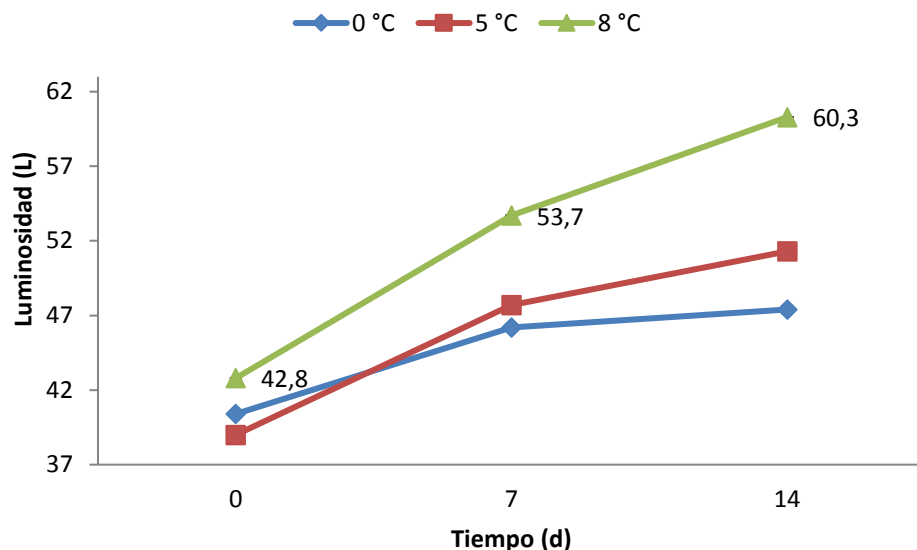


Figura 15. Evolución de la luminosidad en hojas de rúcula almacenados por 14 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=10).

Según la escala de color adaptada de Koukounaras *et al.* (2007), el día 1 todos los tratamientos comenzaron en condición “4”. Al avanzar el estudio, el día 7, las hojas conservadas a 5°C disminuyeron a condición “3” y a 8°C a “2”. Al finalizar el ensayo las muestras a 0°C obtuvieron una condición “3”, mientras que a 5°C fue de “2” y a 8°C de “1” (Anexo I).

1.2 Croma (C*)

Este parámetro aumentó significativamente durante el almacenaje a 5° y 8°C, mientras que a 0°C no se experimentó variación. Se observaron diferencias significativas en todas las mediciones posteriores al día cero (Figura 16). Los valores más bajos se obtuvieron el día 0 con un promedio de 28,1 (Apéndice II, Cuadro 2.2).

El séptimo día, 0°C con 28,7, fue significativamente inferior a 5° y 8°C, con 28,4 y 36,2, respectivamente, presentándose un incremento del cromatismo solo a 8°C en relación a la medición anterior (Apéndice II, Cuadro 2.2).

El día 14, a 5° y 8°C se experimentó un incremento de este parámetro en relación al día 7, con valores de 34,6 y 43,2, mientras que a 0°C no hubo variación, existiendo diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice II, Cuadro 2.2).

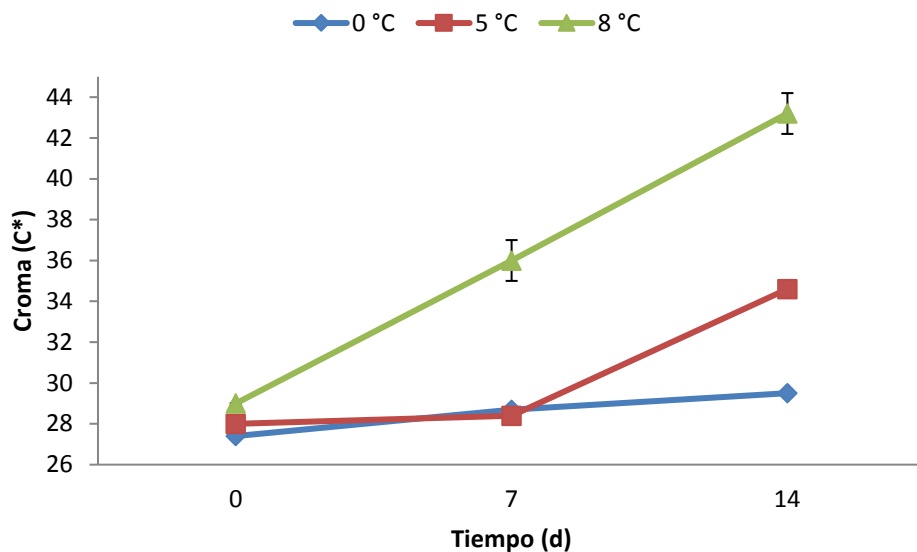


Figura 16. Evolución del croma en hojas de rúcula almacenados por 14 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=10).

1.3 Tono (Ángulo hue)

Este parámetro descendió solo en las hojas almacenadas a 8°C, con diferencias significativas desde el día 7 en relación a las demás temperaturas (Figura 17). Los mayores valores se obtuvieron el día 0 con un promedio de 123,7° (Apéndice II, Cuadro 2.3).

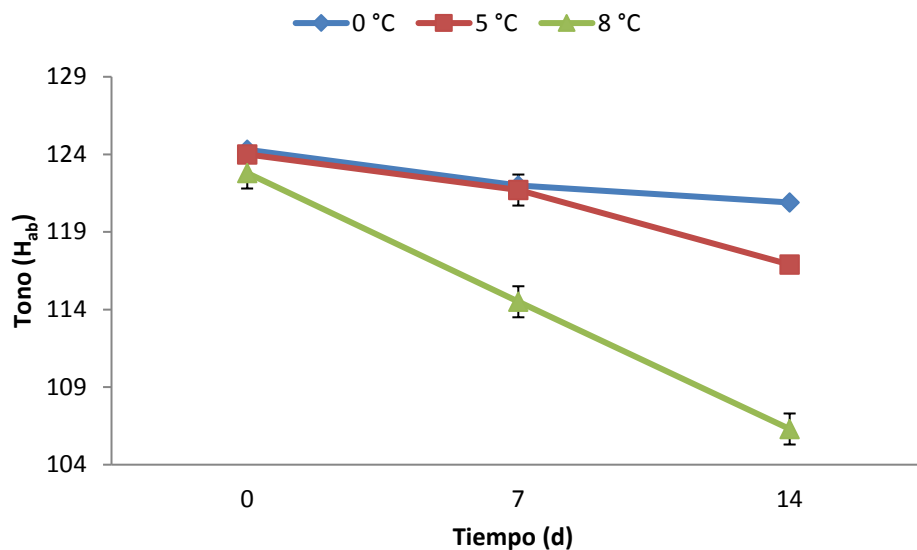


Figura 17. Evolución del tono en hojas de rúcula almacenados por 14 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=10).

El día 7, las hojas a 8°C, con 114,5° presentaron un descenso del tono respecto al día 0, siendo significativamente inferior a las almacenadas 0° y 5°C, con 122,0° y 121,7°, respectivamente (Apéndice II, Cuadro 2.3).

El día 14, se mantuvo las mismas tendencias descritas para el séptimo día, obteniéndose a 8°C un descenso del tono (106,3°) y diferencias significativas en relación a 0° y 5°C, las que obtuvieron valores de 120,9° y 116,9° (Apéndice II, Cuadro 2.3).

Al finalizar el almacenamiento, tal como indicaran Yamauchi y Watada (1998), la reducción del tono implicaría un decrecimiento del color verde y un incremento del amarillo (Apéndice II, Cuadro 2.3).

En un estudio realizado por Castañer *et al.* (1999) en lechuga y Koukounaras *et al.* (2007) en rúcula mínimamente procesada se observó un incremento del parámetro L relacionado directamente con el aclarado de los productos. Asimismo, Gonçalves *et al.*, (2009) obtuvo en berros mínimamente procesados una reducción del tono e incremento del amarillo.

En relación a la vida útil de las hortalizas, en función de los parámetros de color, se estableció como el fin de la vida útil el día 7 para las muestras a 8°C y el día 14 a para 0° y 5°C.

2. Evaluación Sensorial

2.1 Apariencia

La apariencia disminuyó significativamente a 5° y 8°C, mientras que a 0°C no varió, existiendo diferencias significativas a partir del día 7 (Figura 18). Los puntajes más altos se obtuvieron el día 1 con un promedio de 11,1 (Apéndice II, Cuadro 3.1).

El día 7, a 8°C con un puntaje de 5,3 e indicios de marchitamiento se registró una disminución significativa de la apariencia, en relación a 0°C, que obtuvo 11,5 puntos (Apéndice II, Cuadro 3).

El día 13, no se presentaron variaciones respecto a la medición anterior, sin embargo, el tratamiento a 5°C (6,9) disminuyó en relación al día 0, existiendo diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice II, Cuadro 3.1).

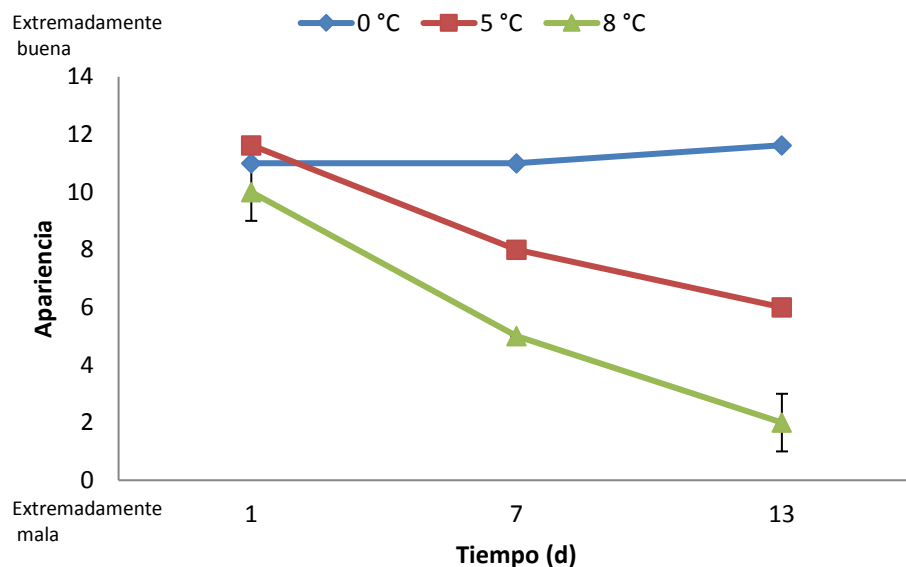


Figura 18. Evolución de la apariencia en hojas de rúcula almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

2.2 Color

Este parámetro presentó una disminución significativa en las muestras conservadas a 5° y 8°C, existiendo diferencias significativas entre tratamientos a partir del día 7 (Figura 19). En el primer día de evaluación se presentaron los puntajes más altos, promediando 11,7 (Apéndice II, Cuadro 3.2).

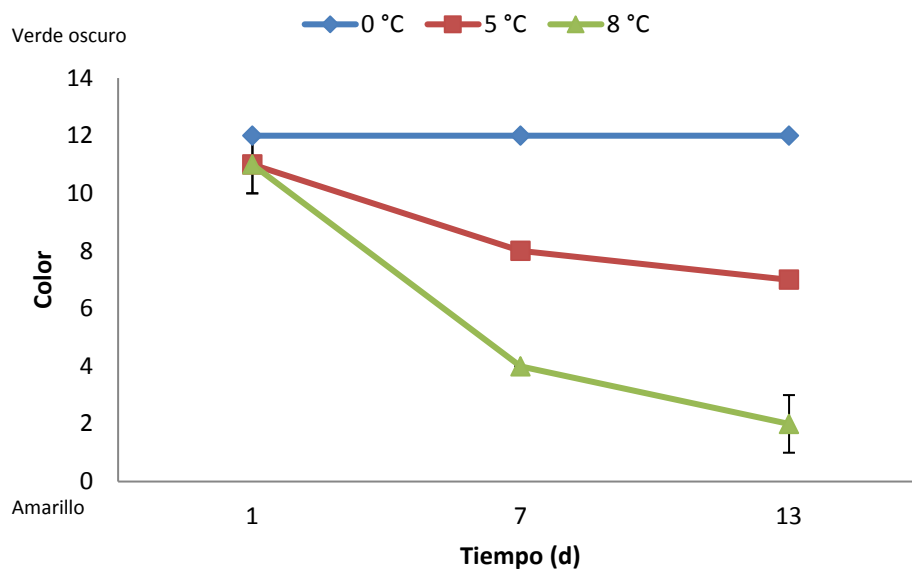


Figura 19. Evolución del color en hojas de rúcula almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

El día 7, a 8°C con 4,6 puntos, se registró una disminución del color, siendo significativamente inferior a 0°C (12,1 puntos). El día 13, no se presentaron disminuciones en relación a la medición anterior, sin embargo, se observaron diferencias significativas entre tratamientos, siendo 0°C el que registró el mayor puntaje (12,2 puntos) (Apéndice II, Cuadro 3.2).

Las tendencias antes descritas coinciden con los resultados obtenidos instrumentalmente, donde las hojas almacenadas a 0°C obtuvieron la mejor evaluación, presentando el menor valor L y C* y el mayor tono (Apéndice II, Cuadro 3.2).

El cambio de color observado en las hojas se debería a la pérdida del citoplasma y cloroplastos producto del ataque de ácidos celulares y enzimas degradativas, desencadenando el amarillamiento de los tejidos (Gómez *et al.*, 2007). Al respecto, Rico *et al.* (2007) indican que la modificación en la coloración de las hojas juega un papel preponderante en la elección del producto por parte de un consumidor, tanto en su preferencia como su aceptabilidad, disminuyendo su posibilidad de venta.

2.3 Turgencia

Durante el almacenamiento, se observaron diferencias significativas entre tratamientos después de 13 días, al igual que una disminución significativa de la turgencia en las hojas conservadas a 5° y 8°C (Figura 20). Los puntajes más altos se obtuvieron el día 0 con un promedio de 11,2 (Figura 10) (Apéndice II, Cuadro 3.3).

El día 13, a 5° y 8°C, se obtuvo un puntaje de 6,9 y 2,7, respectivamente, siendo significativamente inferior que a 0°C (10,3 puntos) (Apéndice II, Cuadro 3.3).

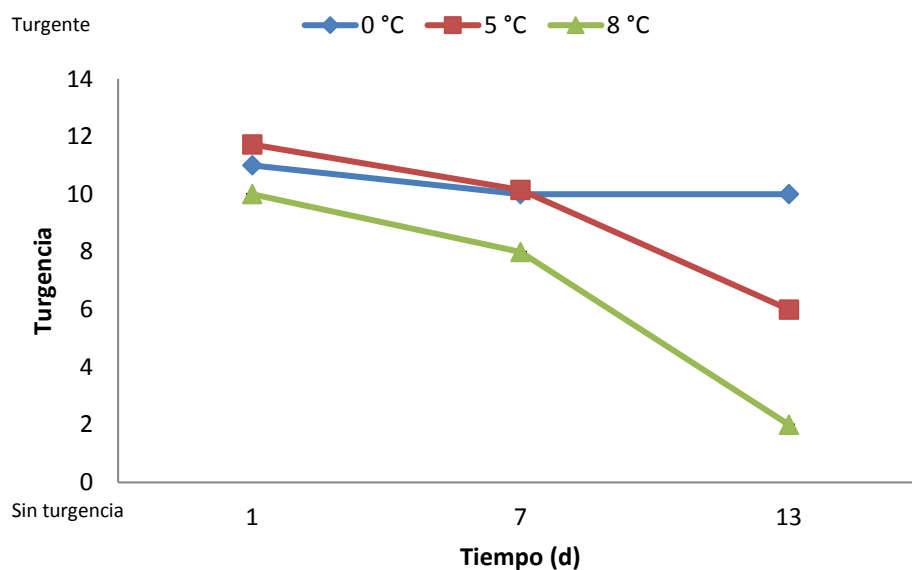


Figura 20. Evolución de la turgencia en hojas de rúcula almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

La pérdida de turgencia observada a 5° y 8°C se fundamentaría según Gómez *et al.* (2006) en la deshidratación de los tejidos, la cual se relacionaría directamente con la temperatura, ocasionando alteraciones sensoriales del producto.

2.4 Defectos

Este parámetro aumentó significativamente durante el almacenamiento en las muestras a 5° y 8°C, existiendo diferencias significativas desde el séptimo día (Figura 21). Los puntajes más bajos se obtuvieron el día 0, con un promedio de 2,3 (Apéndice II, Cuadro 3.4).

El día 7, las hojas a 5° y 8°C, con un puntaje de 5,3 y 9,0, respectivamente, aumentaron significativamente sus defectos, mientras que a 0°C con 3,3 puntos no experimentó variación (Apéndice II, Cuadro 3.4).

El día 13, se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, observándose un incremento significativo en éste parámetro a 8°C (12,9 puntos) en relación a 0° y 5°C con 3,3 y 8,4, respectivamente (Apéndice II, Cuadro 3.4).

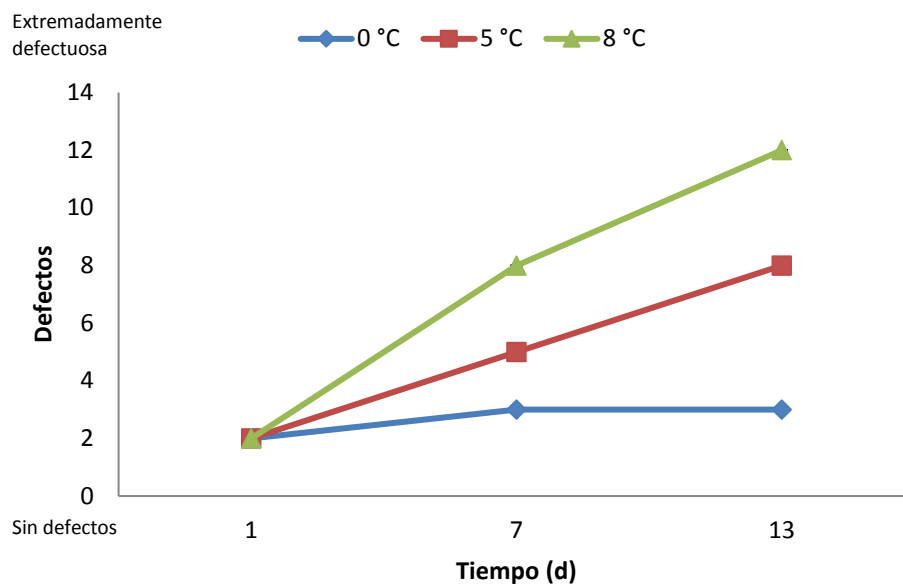


Figura 21. Evolución de los defectos en hojas de rúcula almacenadas por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

Los incrementos obtenidos desde el día 7 a 5° y 8°C se deberían en parte a los daños físicos sufridos durante el procesamiento de las hortalizas (Escalona *et al.*, 2001; Gómez y Artés, 2004; Allende *et al.*, 2004) y a la senescencia del vegetal, relacionada directamente con la temperatura de almacenamiento (Wills *et al.*, 1992; Kader, 2007).

2.5 Aceptabilidad

Durante el período de almacenamiento, la aceptabilidad disminuyó significativamente en todos los tratamientos, independiente de la temperatura de conservación. Se observaron diferencias significativas a partir del día 7 (Figura 22). Las puntuaciones más altas se obtuvieron el día 0 con un promedio de 13,8 (Figura 10) (Apéndice II, Cuadro 3.5).

El día 7, se observó una disminución de este atributo en todos los tratamientos, obteniéndose un puntaje significativamente superior a 0°C (11,6 puntos) en relación a 5° y 8°C con 8,8 y 7,9 puntos, respectivamente (Apéndice II, Cuadro 3.5).

En el día 13, a 0°C con 9,6 puntos no experimentó variación, en tanto, 5° y 8°C registraron un descenso significativo de la aceptabilidad, obteniéndose puntajes de 4,6 y 1,7, los que fueron significativamente inferiores en relación a 0°C (Apéndice II, Cuadro 3). Resultados que coinciden con estudios realizados por Nielsen *et al.* (2008) y Koukounaras *et al.* (2007), relacionados con la aceleración de procesos degradativos por encima de la temperatura óptima (0°C).

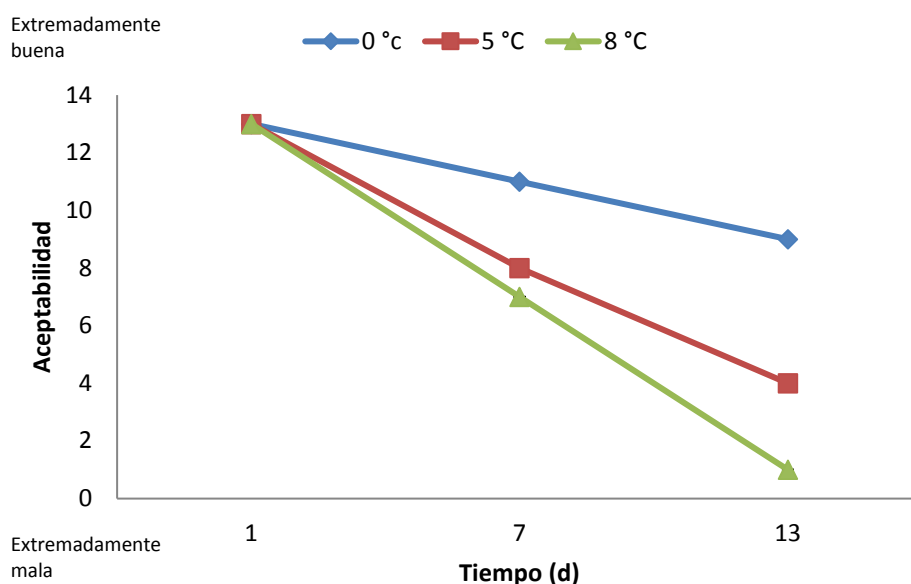


Figura 22. Evolución de la aceptabilidad de hojas de rúcula almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

En función de los puntajes obtenidos durante el almacenaje, se definió como fin de la vida útil el día 7 para las hojas a 8°C y el día 14 para las muestras a 0° y 5°C (Anexo II)

CONCLUSIONES

Existe un efecto de la reducción de la temperatura sobre la actividad respiratoria de berros hidropónicos y rúcula mínimamente procesados entre un rango de 8° a 0°C durante un período de 15 días.

Una temperatura de conservación de 0 °C permite prolongar la vida útil y calidad sensorial de hojas berros y rúcula mínimamente procesados en fresco en relación a 5 ° y 8°C, extendiendo su tiempo máximo de almacenaje a 14 días.

BIBLIOGRAFÍA

- Alzamora, S.M., A. López-Malo and M.S. Tapia. 2000. Minimally processed fruits and vegetables. Fundamental aspects and application. Aspen Publisher, Inc., Gaithersburg, Maryland, EE.UU. 351p.
- Allende, A., E. Aguayo and F. Artés. 2004. Microbial and sensory quality of comercial fresh processed red lettuce throughout the production chain and shelf life. *International Journal of Food Microbiology* 91: 109 – 117.
- Aranceta. J. y C. Pérez. 2006. Frutas, verduras y salud. Ed. Masson, Barcelona, España. 288p.
- Artés, F. y F. Artés-Hernández. 2003. Etapas decisivas y diseño de instalaciones para la elaboración de productos procesados en fresco. Instituto de Investigación Agraria. Productos hortofrutícolas mínimamente procesados. Ed. Gobierno de Canarias. España. 57-78.
- Artés, F. 2004. Refrigeration for preserving the quality and enhancing the safety of plant foods. Postharvest and Refrigeration Group, Department of Food Engineering. Technical University of Cartagena, España. *International Institute of Refrigeration LXXXIV*, 1: 5-25.
- Artés, F. 2006. El envasado en atmosfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnologías Postcosecha* 7(2): 61-85.
- Artés, F., P. Gómez, E. Aguayo, V. Escalona and F. Artés-Hernández, 2009. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cutplant commodities. *Postharvest Biology and Technology* 51: 287–296.
- Artés-Hernandez, F., V.H. Escalona, P. Robles, G. Martinez and F. Artés. 2009. Effect of UV-C radiation on quality of minimally processed spinach leaves. *Journal of Food Science* 89: 414 – 421.
- Barillari, J., D. Canistro, M. Paolini, F. Ferroni, G. Pedulli, R. Iori and L. Valgimigli. 2005. Direct antioxidant activity of purified glucoerucin, the dietary secondary metabolite contained in rocket (*Eruca sativa* Mill.) seeds and sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 2475- 2482.
- Barry-Ryan, C. and D. O’Beirne. 1998. Quality and shelf-life of fresh-cut carrot slices as affected by slicing method. *Journal Food Science* 63: 851-856.
- Berger, H. 2004. Situación comercial, técnica y de innovación de los productos mínimamente procesados en el Gran Santiago, Chile. p 25-30. En: Simposio “Estado actual del mercado de frutos y vegetales cortados en Iberoamérica”. San José, Costa Rica. Abril 28 – 30, 2004. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Berger, H. y L. Galletti. 2007. Procedimientos utilizados en investigación para lograr inocuidad en vegetales frescos cortados. *Mundo Alimentario (En-Feb)*:15-21.

Botto, E., M. Riquelme, A. Folcia, J. López, A. Andorno y E. Saini. 2003. Implementación práctica del control biológico de plagas hortícolas en invernaderos. p 51-55. En: *Plagas y Enfermedades en Manejo Orgánico: Una mirada Latinoamericana*. Bonn, Alemania. Diciembre 2003. Ed. Dina Foguelman, Buenos Aires, Argentina.

Cantwell, M. 2001. Properties and recommended condition for long-term storage of fresh fruits and vegetables. UC Davis Postharvest Technology. Disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/files/109107.pdf>. Leído el 10 de Diciembre de 2012.

Castañer, M., M.I. Gil, M.V. Ruiz, and F. Artés. 1999. Browning susceptibility of minimally processed baby and romaine lettuce. *European Food Research and Technology* 209:52-56.

Chang, R. 1998. *Química*. Sexta edición. Ed. McGraw-Hill, Ciudad de México, México. p 526-532.

Conesa, A., F. Artés-Hernandez, B. Verlinden, B. Nicolai y F. Artés. 2007. Modelización de la actividad respiratoria en pimiento mínimamente procesado en fresco. p. 685-692. En: V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Cartagena, España. 29 Mayo – 1 Junio.

Defilippi, B. y R. Campos. 2006. Postcosecha de frutas mínimamente procesadas. *Tierra adentro*, Nov-Dic: 20-21.

Díaz, K. y A. Fraga. 2003. Productos cuarta gama. *Revista Tattersall* 184. Disponible en: <http://www.tattersall.cl/revista/rev184/reportaje.html>. Leído el 6 de Agosto de 2012

Escalona, V., E. Aguayo y F. Artés. 2001. Quality attributes and shelf life of minimally processed fennel. p 343-346 In: 8th International Controlled Atmosphere Research Conference. Rotterdam, The Netherlands. 8-13 July.

Escalona, V. y L. Luchsinger. 2008. Una revisión sobre frutas y hortalizas mínimamente procesadas en fresco. *Revista Aconex* 99: 23-28.

Escaff, M. y V. Giacconi. 2008. *Cultivo de hortalizas*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 336p.

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

Gómez, P. and F. Artés. 2004. Improved keeping quality of minimally fresh processed celery sticks by modified atmosphere packaging. *Food Sciences Technology International* 38: 323-329.

Gómez, P., S. Geysen, B. Verlinden, F. Artés and B. Nicolai. 2006. Modelling the effect of superatmospheric oxygen concentration on invitro mushroom PPO activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 2387-2394.

Gómez, P., F. Artés-Hernández, E. Aguayo, V. Escalona y F. Artés. 2007. Problemática de los alimentos vegetales mínimamente procesados en fresco. p 124-130. En: *Symposium Internacional Phytoma-España Sobre Tecnologías y Sanidad de las Frutas y Hortalizas en Postcosecha. Comercialización y Seguridad alimentaria* 17. Valencia, España. 18-19 Abril.

Gorris, L. and H. Peppelenbos. 1992. Modified atmosphere packaging of produce. *Journal American Society for Horticultural Science* July/Sep 2(3): 303-309.

Hurme E., R. Sipiläinen-Malm, R. Ahvenainen and T. Nielsen. 2002. Active and intelligent packaging. In T. Ohlsson and N. Bengtsson, *Minimal processing technologies in the food industry*. Ed. Woodhead, Cambridge, United Kingdom. 86p.

Kader, A. 2007. *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. Tercera Edición. Pub 3311. Universidad de California, Davis. EE.UU. 570p.*

Kim, J., 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 Biology and Technology* 46: 144-149.

Koukounaras, A., A.S. Siomos and E. Sfakiotakis. 2007. Postharvest CO₂ and ethylene production and quality rocket (*Eruca sativa* Mill.) leaves as affected by leaf age and storage temperature. *Postharvest Biology and Technology* 46: 167-173.

Lance, C. and F. Moreau. 1992. Les effets metaboliques du froid. p 27-50. En: *Les vegetaux et le froid*. Ed. D. Côme. France.

Leistner, L. and G. Gould. 2002. *Hurdle Technologies: Combination treatments for food stability, safety and quality*. Plenum Publishers, New York, USA. 185p.

Loaiza J. and M. Cantwell. 1997. Postharvest physiology and quality of cilantro (*Coriandrum sativum* L.). *Journal American Society for Horticultural Science* 32:104-107.

Magalhães, A., V. Escalona y F. Artés. 2007. Actividad respiratoria de hojas de espinaca bajo atmósferas modificadas innovadoras. p 676-684 En: *V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones*. Murcia, España. 29 Mayo – 1 Junio.

Martínez-Sánchez, A., A. Allende, Y. Cortés-Galera and M. Gil. 2008. Respiration rate response of four baby leaf *brassica* species to cutting at harvest and fresh-cut washing. *Postharvest Biology and Technology* 47: 382-388.

Maroto, J. 1995. *Horticultura, herbácea especial*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 611p.

Mcguire, R. 1992. Reporting of objective color measurements. *Journal American Society for Horticultural Science* 27:1254-1255.

Morales, M. and J. Janick, 2002. Arrugula: A promising specialty leaf vegetable. p 418-423. In: Jules Janicks and Anna Whipkey (ed.). *Trends in New Crops and New Uses*. American Society for Horticultural Science Press. Virginia, EE.UU.

Navarro, A., A. Padilla, R. Dávila, M. Pérez y R. Sosa. 2008. Evaluación de la actividad antioxidante del berro (*Nasturtium officinale*). *Revista Sociedad Química del Perú* 74:40-45.

Nielsen, T., B. Bergstrom and E. Borch. 2008. The origin of off-odours in packaged rucola (*Eruca sativa*). *Food Chemistry* 110:96-105.

Orsat, V., Y. Gariépy, G. Raghavan and D. Lyew. 2001. Radio-frequency treatment for ready-to-eat fresh carrots. *Food Research International Journal* 34: 527-536.

Pérez Gago, M., M. Serra and M. del Río. Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coating. *Postharvest Biology and Technology* 39: 84-92.

Pretel, M., M. Souty and F. Romojaro. 2000. Use of passive and active modified atmosphere packaging to prolong the postharvest life of three varieties of apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Journal European Food Research and Technology* 211: 191-198.

Raybaudi-Massilia, R., J. Mosqueda-Melgar, A. Sobrino-López, R. Soliva-Fortuny and O. Martín-Belloso. 2007. Shelf-life extension of fresh-cut “Fuji” apples at different ripeness stages using natural substances. *Postharvest Biology and Technology* 45: 265–275.

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

Schlimme, D. y M. Rooney. 1997. Envasado de frutas y hortalizas mínimamente procesadas. p 131-178. *En: Wiley, R. (Ed). Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

Soylomez. G., M. Brashears., D. Smith and S. Cuppett. 2001. Microbial quality at alfalfa seeds and sprouts after a chlorine treatment and packing modifications. *Journal of Food Science* 66: 153–157.

Téllez, C., G. Fischer y O. Quintero. 2007. Comportamiento fisiológico y fisicoquímico de frutos de curuba (*Passiflora mollissima* Bailey) encerados y almacenados a dos temperaturas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 1: 67-80.

Toivonen, P. and J. De Ell. 2002. Physiology of fresh-cut fruits and vegetables. p 91-123. In: Olusola Lamikana. *Physiology of fresh-cut fruits and vegetables: science, technology and market*. Ed. CRC Press, Florida, EE.UU.

Vilchez, H. 2008. Evaluación económica de berros (*Nasturtium officinale*) hidropónicos a través

del estudio de casos de productores de la Región Metropolitana. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agronómicas. Talca, Chile. 45p.

Watada, A. and L. Qi. 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology* 15: 201-205.

Wiley, R. 1997. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. 362 p.



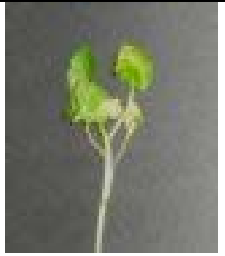

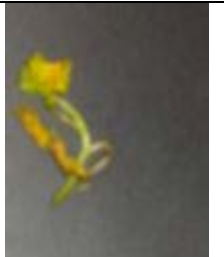
Wills, R. 1981. *Postharvest: An introduction to the physiology and Handling of fruits and Vegetables*. Ed. AVI. Westport, Connecticut, EE.UU. 161p.






Wills, R., T. Lee, W. McGlasson y D. Graham. 1992. Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post recolección. Ed. Acribia, Zaragoza, España. 270p.

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

ANEXO I

Escala gradual para la evaluación de la evolución del color en hojas de berros hidropónicos y rúcula.

BERROS					
	5	4	3	2	1
					
L	39	46	48	53	58
C*	21	26	28	32	38
H	130	126	124	119	107

RÚCULA					
	5	4	3	2	1
					
L	37	45	48	56	60
C*	20	22	30	36	43
H	129	126	122	118	106

Fuente: Adaptada de Koukounaras *et al.* (2007)

ANEXO II

EVALUACION DE CALIDAD PANEL ENTRENADO

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

Muestra N°

Aspecto Visual

1.- Apariencia

0	15
Extremadamente Mala	Extremadamente Buena

2.- Color

0	15
Amarillo	Verde oscuro

3.- Defectos

0	15
Sin Defectos	Extremadamente Defectuosa

4.- Turgencia

0	15
Sin Turgencia	Turgente

Aspecto Gustativo

1.- Aceptabilidad

0	15
Extremadamente Mala	Extremadamente Buena

APENDICE I – Berros

Ensayo 1.

Cuadro 1. Evolución de la actividad respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) de hojas de berros durante un almacenamiento a 0 °, 5 ° y 8 °C por 15 días. Los valores representan la media \pm error estándar (n=3).

Tratamiento (°C)	Día						
	0	2	5	8	10	13	15
0	71,0 \pm 4,6 c ²	43,0 \pm 3,1 c	57,3 \pm 4,1 b	56,3 \pm 7,6 b	41,9 \pm 1,1 b	30,5 \pm 7,5 b	43,0 \pm 3,6 a
5	116,2 \pm 7,5 b	89,7 \pm 1,8 b	61,2 \pm 6,8 b	74,3 \pm 3,3 a	72,2 \pm 1,3 a	44,3 \pm 6,3 b	48,4 \pm 4,8 a
8	139,0 \pm 5,6 a	114,1 \pm 11,9 a	89,6 \pm 12,7 a	72,0 \pm 4,6 a	73,7 \pm 6,3 a	70,8 \pm 11,8 a	43,3 \pm 11 a

² Letras diferentes indican diferencias significativas $p < 0,05$ entre columnas

Ensayo 2.

Cuadro 2.1. Evolución de la luminosidad en hojas de berros almacenados por 14 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=10).

Temperatura (°C)	Día		
	0	7	14
0	43,0 \pm 0,4 a ^z	43,0 \pm 1,0 b	44,4 \pm 0,7 b
5	43,0 \pm 0,3 a	44,9 \pm 1,5 b	45,3 \pm 0,4 b
8	43,3 \pm 0,5 a	47,4 \pm 0,9 a	52,0 \pm 0,7 a

^z Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,05 entre columnas

Cuadro 2.2. Evolución del croma en hojas de berros almacenados por 14 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=10).

Temperatura (°C)	Día		
	0	7	14
0	26,4 \pm 0,6 a ^z	26,1 \pm 0,5 c	26,2 \pm 0,8 c
5	26,1 \pm 0,4 a	27,3 \pm 0,2 b	31,1 \pm 1,2 b
8	25,6 \pm 0,4 a	33,1 \pm 0,9 a	36,0 \pm 0,7 a

^z Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,05 entre columnas

Cuadro 2.3. Evolución del tono en hojas de berros almacenados por 14 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=10).

Temperatura (°C)	Día		
	0	7	14
0	126,9 \pm 0,7 a ^z	126,3 \pm 0,1 a	125,8 \pm 0,5 a
5	126,8 \pm 0,2 a	125,4 \pm 0,2 b	122,0 \pm 0,9 b
8	126,8 \pm 0,2 a	120,5 \pm 0,7 c	114,9 \pm 1,3 c

^z Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,05 entre columnas

Cuadro 3.1. Evolución de la apariencia en hojas de berros almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

Temperatura (°C)	Día		
	0	7	13
0	11,8 \pm 0,8 a ^z	11,4 \pm 1,7 a	11,5 \pm 1,0 a
5	11,6 \pm 1,2 a	10,8 \pm 1,3 a	8,0 \pm 1,2 b
8	12,2 \pm 0,8 a	6,8 \pm 0,9 b	4,0 \pm 1,3 c

^z Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,05 entre columnas

Cuadro 3.2. Evolución del color en hojas de berros almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

Temperatura (°C)	Día		
	0	7	13
0	12,7 \pm 0,8 a ^z	12,5 \pm 0,9 a	11,5 \pm 1,5 a
5	12,6 \pm 1,4 a	12,7 \pm 0,8 a	6,9 \pm 1,4 b
8	12,7 \pm 0,9 a	6,8 \pm 1,3 b	3,8 \pm 1,4 c

^z Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,05 entre columnas

Cuadro 3.3. Evolución de la turgencia en hojas de berros almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

Temperatura (°C)	Día		
	0	7	13
0	10,0 \pm 1,7 a ^z	10,8 \pm 1,9 a	7,5 \pm 1,6 a
5	9,6 \pm 2,2 a	9,1 \pm 1,7 a	8,0 \pm 1,8 a
8	10,3 \pm 2,0 a	7,9 \pm 1,3 a	7,6 \pm 1,7 a

^z Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,05 entre columnas

Cuadro 3.4. Evolución de los defectos en hojas de berros almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

Temperatura (°C)	Día		
	0	7	13
0	3,6 \pm 1,3 a ^z	3,8 \pm 2,2 b	3,8 \pm 1,7 b
5	3,6 \pm 1,8 a	5,5 \pm 2,5 b	6,5 \pm 1,4 ab
8	2,8 \pm 1,4 a	7,8 \pm 1,7 a	9,1 \pm 2,4 b

^z Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,05 entre columnas

Cuadro 3.5. Evolución de la aceptabilidad de hojas de berros almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

Temperatura (°C)	Día		
	0	7	13
0	10,8 \pm 2,0 a ^z	10,7 \pm 1,9 a	8,5 \pm 1,4 a
5	9,6 \pm 1,9 a	8,6 \pm 1,8 ab	4,0 \pm 1,4 b
8	9,5 \pm 1,7 a	6,4 \pm 2,2 b	2,0 \pm 1,1 c

^z Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,05 entre columnas

APENDICE II – Rúcula

Ensayo 1.

Cuadro 1. Evolución de la actividad respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) de hojas de rúcula durante un almacenamiento a 0 °, 5 ° y 8 °C por 15 días. Los valores representan la media \pm error estándar (n=3).

Tratamiento (°C)	Día						
	0	2	5	8	10	13	15
0	43,0 \pm 4,6 c ²	13,3 \pm 2,7 c	27,6 \pm 3,0 b	27,6 \pm 6,4 b	13,3 \pm 1,0 b	15,3 \pm 2,0 c	7,2 \pm 2,7 b
5	91,6 \pm 9,3 b	60,9 \pm 2,2 b	49,5 \pm 7,2 a	43,3 \pm 3,2 a	41,3 \pm 1,2 a	34,0 \pm 7,9 b	11,3 \pm 5,1 b
8	110,0 \pm 4,6 a	85,1 \pm 13,0 a	58,6 \pm 8,8 a	43,6 \pm 4,8 a	44,6 \pm 5,5 a	52,9 \pm 9,8 a	21,8 \pm 3,1 a

² Letras diferentes indican diferencias significativas $p < 0,05$ entre columnas

Ensayo 2.

Cuadro 2.1. Evolución de la luminosidad en hojas de rúcula almacenados por 14 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=10).

Temperatura (°C)	Día		
	0	7	14
0	40,4 \pm 1,4 a ²	46,2 \pm 2,3 b	47,4 \pm 1,1 c
5	39,0 \pm 1,3 a	47,7 \pm 1,6 b	51,3 \pm 0,8 b
8	42,8 \pm 2,5 a	53,7 \pm 1,4 a	60,3 \pm 0,9 a

² Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,05 entre columnas

Cuadro 2.2. Evolución del croma en hojas de rúcula almacenados por 14 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=10).

Temperatura (°C)	Día		
	0	7	14
0	27,4 \pm 1,2 a ²	28,7 \pm 1,6 b	29,5 \pm 1,0 c
5	28,0 \pm 2,0 a	28,4 \pm 2,6 b	34,6 \pm 1,7 b
8	29,0 \pm 2,8 a	36,0 \pm 3,2 a	43,2 \pm 3,5 a

² Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,05 entre columnas

Cuadro 2.3. Evolución del tono en hojas de rúcula almacenados por 14 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=10).

Temperatura (°C)	Día		
	0	7	14
0	124,3 \pm 1,7 a ²	122,0 \pm 1,9 a	120,9 \pm 1,4 a
5	124,0 \pm 2,6 a	121,7 \pm 3,4 a	116,9 \pm 2,9 a
8	122,8 \pm 3,5 a	114,5 \pm 3,7 b	106,9 \pm 4,9 b

² Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,05 entre columnas

Cuadro 3.1. Evolución de la apariencia en hojas de rúcula almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

Temperatura (°C)	Día		
	0	7	13
0	11,6 \pm 1,4 a ²	11,5 \pm 0,7 a	11,6 \pm 1,1 a
5	11,6 \pm 1,8 a	9,0 \pm 1,2 b	6,9 \pm 1,7 b
8	10,0 \pm 2,2 a	5,3 \pm 1,4 c	2,6 \pm 2,3 c

² Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,05 entre columnas

Cuadro 3.2. Evolución del color en hojas de rúcula almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

Temperatura (°C)	Día		
	0	7	13
0	12,1 \pm 1,1 a ²	12,1 \pm 0,9 a	12,2 \pm 1,1 a
5	11,9 \pm 2,1 a	8,0 \pm 1,3 ab	7,2 \pm 2,0 b
8	11,1 \pm 2,3 a	4,0 \pm 0,9 b	2,0 \pm 2,2 c

² Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,05 entre columnas

Cuadro 3.3. Evolución de la turgencia en hojas de rúcula almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

Temperatura (°C)	Día		
	0	7	13
0	11,5 \pm 1,5 a ²	10,4 \pm 2,0 a	10,3 \pm 1,2 a
5	11,7 \pm 1,6 a	10,0 \pm 1,1 a	6,9 \pm 1,2 b
8	10,3 \pm 2,0 a	8,5 \pm 1,6 a	2,7 \pm 1,1 c

² Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,05 entre columnas

Cuadro 3.4. Evolución de los defectos en hojas de rúcula almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

Temperatura (°C)	Día		
	0	7	13
0	2,0 \pm 0,7 a ^z	3,3 \pm 1,0 b	3,3 \pm 1,7 c
5	2,0 \pm 0,8 a	5,3 \pm 1,8 b	8,4 \pm 1,7 b
8	2,8 \pm 0,9 a	9,0 \pm 1,7 a	12,9 \pm 1,2 a

^z Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,05 entre columnas

Cuadro 3.5. Evolución de la aceptabilidad en hojas de rúcula almacenados por 13 días a tres temperaturas. Los valores representan la media \pm error estándar (n=12).

Temperatura (°C)	Día		
	0	7	13
0	13,8 \pm 0,4 a ^z	11,6 \pm 1,0 a	9,6 \pm 1,0 a
5	14,0 \pm 0,3 a	8,0 \pm 0,9 b	4,0 \pm 1,0 b
8	13,7 \pm 0,4 a	7,9 \pm 0,8 b	1,7 \pm 0,6 c

^z Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,05 entre columnas