

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

**Memoria de Título**

**EFFECTO DE GASES NO CONVENCIONALES SOBRE LA  
CALIDAD FUNCIONAL DE GERMINADOS DE SOYA (*Glycine max*  
L.) BAJO ATMÓSFERA MODIFICADA ACTIVA**

LINDA VALESKA SÁNCHEZ PINTO

SANTIAGO – CHILE

2013

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

ESCUELA DE PREGRADO

**Memoria de título**

**EFFECTO DE GASES NO CONVENCIONALES SOBRE LA CALIDAD  
FUNCIONAL DE GERMINADOS DE SOYA (*Glycine max* L.) BAJO  
ATMÓSFERA MODIFICADA ACTIVA**

**EFFECT OF NON CONVENCIONAL GASES ON FUNCTIONAL QUALITY  
SOY SPROUTS (*Glycine max* L.) UNDER MODIFIED ATMOSPHERE ACTIVE**

**LINDA VALESKA SÁNCHEZ PINTO**

**Santiago, Chile**

**2013**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

ESCUELA DE PREGRADO

**EFFECTO DE GASES NO CONVENCIONALES SOBRE LA CALIDAD  
FUNCIONAL DE GERMINADOS DE SOYA (*Glycine max* L.) BAJO  
ATMÓSFERA MODIFICADA ACTIVA**

Memoria para optar al título profesional de:  
Ingeniera Agrónoma

LINDA VALESKA SÁNCHEZ PINTO

**PROFESOR GUÍA**

Sr. Víctor Escalona C.  
Ingeniero Agrónomo, Dr.

**CALIFICACIÓN**

6,8

**PROFESORES EVALUADORES**

Sr. Herman Silva R.  
Profesor de Biología y Ciencias, Mg. Sc. Dr.

6,0

Sr. Osvaldo Salazar G.  
Ingeniero Agrónomo, M. S. Ph. D.

6,5

**COLABORADORA**

Srta. Andrea Hinojosa M.  
Bioquímico.

**Santiago, Chile**

**2013**

## AGRADECIMIENTOS

La presente memoria de título es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas que con su ayuda han colaborado en su realización de ésta, por lo que me siento profunda y sinceramente agradecida.

Agradezco a la Universidad por la calidad humana del cuerpo docente, por la acogida y entrega del conocimiento. En especial al Dr. Víctor Hugo Escalona, profesor guía de esta investigación, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continua de la misma, pero sobre todo por la motivación, el buen humor y el apoyo recibido a lo largo de estos años.

A la profesora María Luisa Tapia por haber confiado en mi persona, por la paciencia, el apoyo, el amor de madre y el ánimo que me brindó.

A la Bioquímica Andrea Hinojosa, una gran colaboradora, por su apoyo constante, incondicionalidad y buena disposición. Al equipo CEPOC, una gran familia que fortaleció mis debilidades y entregó las herramientas necesarias para la realización exitosa del estudio.

Al ingeniero-químico Héctor Morales, por su paciencia, buena disposición y colaboración en la última etapa de esta investigación.

A mis compañeras y futuras colegas Camila, Ester e Isabel, con quienes compartí experiencia, tiempo y energía, alegraron cada día de medición y nos animamos mutuamente.

A mi madre por creer siempre en mí, por su insistencia y apoyo, por formar mi educación y estar en las etapas más importantes de mi vida. Gracias a mi familia por su colaboración.

A Carlos Patricio por ser un maravilloso compañero de vida, por alentarme, cuidarme y apoyarme en todo momento. Gracias a su familia por su apoyo.

Gracias a mis amigas Carolina, Fernanda, Irene y Nancy, por convivir durante la estadía en la Universidad, por su constante amor, incondicionalidad, amistad y solidaridad. Gracias a todos y todas mis amigos que formaron parte de mi vida en esta etapa tan importante.

Gracias a la agrupación La Trikiñuela por su amor, apoyo y por darme tantas alegrías con la danza, la música, el pasacalle y cada sonrisa que hemos logrado en la calle.

Gracias al proyecto FONDECYT N°1090059 denominado “Technological innovations applied to novel minimally fresh processed leaf vegetables: quality and food safety” por el financiamiento.

## ÍNDICE

	Página
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
Hipótesis.....	7
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos.....	7
MATERIALES Y MÉTODO.....	8
Lugar de estudio.....	8
Materiales.....	8
Metodología.....	8
Diagrama que describe el procesamiento.....	10
Parámetros evaluados.....	11
Tasa respiratoria.....	11
Producción de etileno.....	11
Concentración de gases al interior del envase.....	12
Determinaciones físicas.....	12
Color.....	12
Determinación de la calidad sensorial.....	13
Determinaciones químicas.....	13
Concentración de fenoles totales.....	13
Capacidad antioxidante total.....	13
Concentración de azúcares.....	14
Concentración de vitamina C.....	14
Diseño experimental y análisis estadístico.....	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
ENSAYO I.....	16
1.1 Tasa respiratoria.....	16
1.2 Producción de etileno.....	17
1.3 Concentración de gases al interior del envase.....	19
Evolución de la concentración de CO <sub>2</sub> .....	19
Evolución de la concentración de O <sub>2</sub> .....	20
Evolución de la concentración de Ar, He y N <sub>2</sub> O.....	21
1.4 Color.....	22
Luminosidad.....	22
Croma.....	22

Tono.....	23
1.5 Evaluación sensorial.....	25
Apariencia.....	25
Intensidad de color.....	25
Turgencia.....	26
Sabores extraños.....	26
 ENSAYO II.....	 28
Introducción.....	28
2.1 Tasa respiratoria.....	28
2.2 Producción de etileno.....	30
2.3 Concentración de gases al interior del envase.....	31
Evolución de la concentración de CO <sub>2</sub> .....	31
Evolución de la concentración de O <sub>2</sub> .....	32
Evolución de la concentración de Ar, He y N <sub>2</sub> O.....	34
2.4 Color.....	35
Luminosidad.....	35
Croma.....	36
Tono.....	36
2.5 Evaluación sensorial.....	37
Apariencia.....	37
Intensidad de color.....	38
Turgencia.....	40
Sabores extraños.....	40
2.6 Concentración de fenoles totales.....	43
2.7 Actividad antioxidante total.....	45
2.8 Concentración de azúcares.....	47
2.9 Concentración de vitamina C.....	49
 CONCLUSIONES.....	 52
 BIBLIOGRAFÍA.....	 53
 ANEXO.....	 60
 APÉNDICES.....	 61

## RESUMEN

Investigaciones recientes han evaluado el uso de gases no convencionales con propiedades únicas que podrían ayudar a disminuir la perecibilidad de los alimentos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de atmósferas enriquecidas con argón (90% Ar + 10% O<sub>2</sub>), helio (90% He + 10% O<sub>2</sub>), óxido nitroso (90% N<sub>2</sub>O + 10% O<sub>2</sub>) y oxígeno (100% O<sub>2</sub>) sobre la calidad de germinados de soya conservadas durante 12 días a 5 °C, bajo atmósfera modificada activa en envases plásticos con una permeabilidad de 9000 mL CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> y de 3000 mL O<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> (San Jorge Packaging, Chile). Los parámetros evaluados fueron tasa respiratoria, producción de etileno, concentración de gases al interior del envase, color, evaluación sensorial, concentración de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, concentración de azúcares y vitamina C.

La tasa respiratoria de los germinados de soya presentó valores en un rango de 42,1 a 78,1 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> el día del procedimiento que luego se redujo por efecto de los gases no convencionales, oscilando en un rango de 20,1 a 27,7 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> tras 12 días de almacenamiento.

En cuanto a la composición gaseosa de los tratamientos con gases no convencionales, hubo un aumento en la concentración de CO<sub>2</sub>, tras el primer día de almacenamiento presentó valores de 0,4 a 0,6% de CO<sub>2</sub> que luego de 12 días de almacenamiento presentó de 1,9 a 4,2% de CO<sub>2</sub>. Referente a las características sensoriales, las atmósferas lograron mantener los germinados de soya en un nivel aceptable durante toda la conservación, con valores significativamente más altos que el tratamiento aire al día 12. El color no fue afectado por los tratamientos a lo largo de la conservación. Con los resultados obtenidos en este experimento se recomiendan por igual los gases Ar, He, N<sub>2</sub>O. Ninguno de los gases en evaluación generó sabores extraños. Además, todos los tratamientos mantuvieron la calidad funcional, en tanto a los compuestos fenólicos totales presentaron valores de 1,7 a 3,1 mg EAG g<sup>-1</sup> pf, respecto a la capacidad antioxidante tuvo valores de 50,4 a 76,1 mg Trolox g<sup>-1</sup> pf.

**Palabras clave:** *Glycine max* L., argón, helio, óxido nitroso, calidad funcional.

**ABSTRACT**

Recent research has evaluated the use of unconventional gases with unique properties that may help reduce the perishability of food. The objective of this research was to evaluate the effect of argon-enriched atmospheres (90% Ar + 10% O<sub>2</sub>), helium (90% He + 10% O<sub>2</sub>), nitrous oxide (90% N<sub>2</sub>O + 10% O<sub>2</sub>) and oxygen (100 % O<sub>2</sub>) on the quality of soybean sprouts stored 12 days at 5 ° C active modified atmosphere in plastic containers with a permeability of 9000 mL CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> and 3000 mL O<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> (San Jorge Packaging, Chile). The parameters evaluated were respiration rate, ethylene production, concentration of gases into the packages, color, sensory quality, total phenolic compounds, antioxidant capacity, sugars and vitamin C contents.

Respiration rate of the bean sprouts have values in a range of 42,1 to 78,1 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> on the process which is then reduced by the effect of non-conventional gases , oscillating in a range of 20,1 to 27,7 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> after 12 days of storage.

Regarding the gas composition of gases conventional treatments, there was an increased CO<sub>2</sub> concentration, after the first day of storage showed levels of 0,4 to 0,6 % CO<sub>2</sub> after 12 days of storage showed from 1,9 to 4,2% CO<sub>2</sub>. Regarding sensory characteristics, atmospheres managed to maintain soybean sprouts at an acceptable level for all conservation, with values significantly higher than air treatment at day 12. The color was not affected by the treatments over conservation. With the results obtained in this experiment are recommended equally gases Ar, He, N<sub>2</sub>O. None of the gases generated in evaluating flavors. Furthermore, all treatments remained functional quality, while a total phenolic compounds had values of 1,7 to 3,1 mg EAG g<sup>-1</sup> pf, regarding the antioxidant had values from 50,4 to 76,1 mg Trolox g<sup>-1</sup> pf .

**Key words:** *Glycine max* L., argon, helium, nitrous oxide, functional quality.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas los hábitos de alimentación de la población han sufrido cambios significativos. El actual ritmo de vida, con escaso tiempo para preparar comidas equilibradas, ha provocado un aumento en la demanda de productos vegetales naturales, frescos, saludables y listos para consumir (Artés-Hernández *et al.*, 2009).

Los productos mínimamente procesados en fresco (MPF) consisten en frutas y hortalizas lavadas, que pueden ser cortadas y/o ralladas y/o picadas y/o rebanadas y posteriormente envasadas para ser inmediatamente consumidas (Wiley, 1997; Lee *et al.*, 2003; Escalona y Luchsinger, 2008). Además, se incorpora una higienización y ocasionalmente un tratamiento de preservación para ser comercializados bajo refrigeración.

La sanitización de la materia prima, es una de las etapas más importantes en el procesamiento de los productos MPF, ya que en su elaboración se ve afectada la calidad, seguridad y la vida útil del producto final (Zagory, 1999). Las hortalizas mínimamente procesadas, debido a su alto pH, humedad y mayor superficie de contacto generada por el corte, facilitan las condiciones para el crecimiento de microorganismos (Ahvenainen, 1996; Wiley, 1997), muchos de ellos patógenos para el ser humano, tales como *Escherichia coli*, *Listeria*, *Yersinia* y *Salmonella* (Kader, 2002). Es por esto, que se requiere una sanitización para reducir los microorganismos presentes en las hortalizas (Martínez-Sánchez *et al.*, 2006). El sanitizante más utilizado por la industria de productos MPF es el cloro, en la forma de hipoclorito de sodio (Vandekinderen *et al.* 2009), pero existe una tendencia a disminuir su utilización debido a que forma compuestos cancerígenos (Ölmez y Kretzschmar, 2009), sin embargo sigue siendo el sanitizante más efectivo y económico utilizado por la industria (Suslow, 1997).

Una atmósfera óptima de conservación es una de las claves para mantener la calidad sensorial y nutricional, así como la seguridad microbiológica de los MPF (Gil *et al.*, 2007), es por esto que diversas investigaciones se han basado en evaluar los efectos de las concentraciones de O<sub>2</sub> y/o de CO<sub>2</sub> bajo envasado en atmósfera modificada (EAM), ya sea pasiva o activa, sobre el metabolismo de los vegetales enteros o MPF.

El EAM, consiste en utilizar películas plásticas con permeabilidades selectivas al O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, etileno y al vapor de agua, para la generación de una atmósfera de equilibrio adecuada para el producto. Si la atmósfera de equilibrio se logra por la interacción entre la respiración del producto, la permeabilidad del polímero y la atmósfera externa, se denomina atmósfera modificada pasiva (AMP). En cambio, si se inyectan gases dentro del envase, generalmente nitrógeno, o una mezcla gaseosa, para alcanzar antes la atmósfera de equilibrio, se denomina atmósfera modificada activa (AMA) (Kader, 1986, 2002).

Debido a que los MPF presentan mayor susceptibilidad a la deshidratación, a la acción del etileno, desarrollo microbiano, pardeamiento y aumento de la tasa respiratoria que el producto entero, el EAM ha posibilitado una creciente expansión de los MPF (Artés,

2006). El EAM está diseñado para una temperatura y permeabilidad al O<sub>2</sub> específica. Cuando la temperatura aumenta, la tasa respiratoria tiende a aumentar, y lo hace más que la permeación de las películas, por lo que se puede llegar a generar condiciones anaeróbicas, es por esto que una película recomendada para cierta temperatura y permeabilidad al O<sub>2</sub>, puede no ser la adecuada para otra (Cameron *et al.*, 1995). Este problema es importante debido a que en postcosecha los vegetales están expuestos a variaciones en la temperatura durante la manipulación, transporte, almacenamiento y comercialización, las cuales pueden ser perjudiciales para su calidad (Brecht *et al.*, 2003).

Por lo general, en EAM se utilizan concentraciones bajas de O<sub>2</sub>, debido a que se reduce la tasa respiratoria y la biosíntesis de etileno (Kader y Zargory, 1988). Burg y Burg (1965), demostraron que el oxígeno es necesario para la producción y acción del etileno. Las atmósferas bajas en O<sub>2</sub> (1-5 %) y altas de CO<sub>2</sub> (5-20 %) han sido utilizadas para extender la vida útil de los productos MPF (Oms- Oliu *et al.*, 2009). Sin embargo, las concentraciones de O<sub>2</sub> deben ser mayores de 1-3%, dependiendo de la tolerancia del producto (Kader y Zargory, 1988) ya que concentraciones de O<sub>2</sub> por debajo del límite de tolerancia del producto, puede resultar en anaerobiosis (Soliva-Fortuny y Martín-Belloso, 2003), con la consecuente acumulación de etanol y acetaldehído causando malos sabores y olores (Escalona *et al.*, 2008).

Investigaciones recientes, han estudiado el uso de gases nobles como el argón, helio y otros gases como el óxido nitroso, sustituyendo al N<sub>2</sub> y/o atmósferas con elevadas concentraciones de O<sub>2</sub>, superiores a 70% (Artés, 2006), para frenar la tasa respiratoria y la biosíntesis de etileno (Day, 1996). Estos gases tienen propiedades únicas que los hacen interesantes, ya que posiblemente podrían permitir una modificación de la composición atmosférica para ser utilizados en AMA (Saltveit, 2003). Por otro lado, las atmósferas con bajo O<sub>2</sub> combinadas con concentraciones de alto Ar, He o N<sub>2</sub> tienen características difusivas diferentes, ya que tanto el Ar como el He son monoatómicos y de menor tamaño que el diatómico N<sub>2</sub> (Jamie y Saltveit, 2002). En estudios anteriores, se observó que atmósferas de He o Ar 75 % combinados con O<sub>2</sub> 25% redujeron la respiración de las hojas de espinaca MPF comparada con N<sub>2</sub> 75%, todas conservadas a 15 °C (Magalhães *et al.*, 2007).

Tal es el caso del argón (Ar), gas clasificado como un aditivo misceláneo y que está actualmente permitido para el uso en alimentos por la Unión Europea (Day, 1998). Aunque este gas es químicamente inerte, investigaciones han indicado que puede tener efectos bioquímicos, probablemente debido a su mayor solubilidad en agua comparada con la del nitrógeno y que parece interferir con los sitios receptores enzimáticos del oxígeno (Spencer, 1995 citado por Rocculi *et al.*, 2005). Estudios ejecutados por Gorny y Agar (1998), concluyen que atmósferas enriquecidas con Ar, no afectan directamente el metabolismo de los tejidos vegetales por la reducción de la actividad de las enzimas, como la ACC oxidasa precursora de la síntesis de etileno (EC 1.14.17.4). Además esta enzima incrementa la difusión de gases como el CO<sub>2</sub> y etileno desde los tejidos vegetales, debido a que tiene mayor densidad que el nitrógeno. Se ha señalado que un

EAM enriquecido en Ar redujo el crecimiento microbiano y la pérdida de calidad tanto en brócoli como en lechuga MPF, almacenados a 7 y 15 °C, respectivamente (Jamie y Saltveit, 2002).

Algo similar ocurre con una atmósfera enriquecida en helio (He), la cual aumenta la difusión del O<sub>2</sub>, por lo que disminuye el gradiente de concentración entre el interior y exterior de la célula, permitiendo mantener el material vegetal en oxígeno ultra-bajo, minimizando el riesgo de fermentación anaeróbica (Day, 1998).

Paralelamente el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) es un gas atmosférico, utilizado generalmente como anestésico en la industria médica y del cual existe poca información sobre el efecto que tiene en los vegetales (Gouble *et al.*, 1995). Este gas posee relativa estabilidad, alta solubilidad en agua y propiedades físicas similares a las del CO<sub>2</sub>, conocido como un supresor del crecimiento fúngico (El-Goorani y Sommer, 1981). Esto ha generado un gran interés por los beneficios del óxido nitroso aplicado en AMA; pareciera ser que el N<sub>2</sub>O se une a lípidos y proteínas como la citocromo C oxidasa (EC 1.9.3.1) (Gouble *et al.*, 1995; Day, 1996). Se ha demostrado que el N<sub>2</sub>O causa una parcial y reversible inhibición de la respiración y de la actividad de la citocromo C oxidasa en mitocondrias aisladas de semillas, hojas o suspensiones celulares (Sowa y Towill, 1991), lo que generaría una disminución en el metabolismo del producto y por ende aumentaría su vida de almacenamiento. Una atmósfera enriquecida en N<sub>2</sub>O fue apropiada para reducir la tasa respiratoria en bulbos de cebolla almacenados a 18,8 °C, incrementando la concentración de ácidos orgánicos y reduciendo el desarrollo de enfermedades (Benkeblia y Varoquaux, 2003).

Existen diversas investigaciones que han estudiado el efecto de los gases no convencionales sobre distintos productos vegetales como en paltas y tomates (Gouble *et al.*, 1995); brócoli y lechuga (Jamie y Saltveit, 2002); ajos (Benkeblia y Varoquaux, 2003); kiwi (Rocculi *et al.*, 2005); espárragos (Zhang *et al.*, 2008) y piña (Rocculi *et al.*, 2009). Sin embargo, existe muy poca información sobre los beneficios de estos gases no convencionales sobre las hortalizas germinadas.

Rocculi *et al.* (2005) observaron que una atmósfera de 90% Ar, 5% O<sub>2</sub> y 5% CO<sub>2</sub>, mantuvieron la firmeza y aceptabilidad de rebanadas de kiwi hasta 8 días a 4 °C, pero con alteraciones en el color debido a la degradación. Sin embargo, en el mismo estudio, se concluyó que 90% N<sub>2</sub>O, 5% O<sub>2</sub> y 5% CO<sub>2</sub> fue la mejor mezcla de gases en la retención de color, firmeza y concentración de sólidos solubles. En esta investigación, se concluye que los efectos del N<sub>2</sub>O y Ar podrían deberse a la alta capacidad de estos gases de disolverse en la capa acuosa de frutos cortados y a través de las células de la pulpa. Por lo tanto pueden ser más efectivos que el N<sub>2</sub> en inactivar algunos sitios químicamente activos de las enzimas y/o reducir la concentración de oxígeno disuelto, cuya presencia es necesaria para enzimas oxidativas que catalizan reacciones metabólicas.

La soya (*Glycine max* L.) es una especie de la familia de las *Fabaceae* cultivada por sus semillas, de alta concentración en lípidos y proteínas. El grano de soya y sus subproductos (aceite y harina de soya, principalmente) se utilizan en la alimentación humana y del ganado. Esta especie es originaria de China, y su nombre (soy) viene del Japón. Se comercializa en todo el mundo, debido a sus múltiples usos. (Beroiz, 2007).

Los germinados son pequeñas plantas consumidas poco después de la germinación, se producen a partir de semillas vegetales. La madurez de cosecha esta regulada principalmente por las condiciones fijadas para la germinación (inducción de brote). La longitud del brote deseada es el índice de madurez principal y la cosecha se hace en un número relativamente fijo de días después de la aparición de la radícula. Dependiendo del tipo de semilla, la cosecha ocurre generalmente de 3 a 8 días después de la germinación (Suslow y Cantwell, 2006).

Los germinados de soya corresponden a los cotiledones y el hipocotilo de la planta etiolada que demora 3 días en producirse a 20 °C. Tras la germinación de la soya se obtienen los germinados, unos productos con mayor cantidad de agua, vitaminas, minerales, enzimas y clorofila que ésta, por lo que su composición se asemeja a la de las hortalizas (Zudaire, 2011).

La principal importancia de esta especie no está basada en su potencial oleaginoso sino en su alto valor proteico, el que está dado por su alto contenido de aminoácidos esenciales (Cañas y Paladines, 1980). Durante el proceso de germinación, las semillas aumentan su contenido de isoflavonas (Calvo, 2003), compuestos fenólicos, que detienen el crecimiento de las células cancerosas (Beroiz, 2007). Una taza de germinados de soya contiene 14,1 mg de vitamina C, que puede funcionar como un antioxidante.

En comparación con la semilla, los germinados contienen más cantidad de sodio. Sin embargo, son más pobres en P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, I, F y Cu. A pesar de ello, los minerales que posee son más biodisponibles, ya que se encuentran disueltos en el agua empleada en la hidratación de la semilla. Los germinados además son ricos en vitaminas A, C, ácido nicotínico, B6 y ácido fólico (Calvo, 2003).

Los germinados de soya aportan una menor cantidad de energía que las semillas y sobre todo que el aceite de soya. El escaso aporte calórico de los germinados es la primera gran diferencia con la semilla de soya y es lo que hace que estén muy presentes en las dietas para adelgazar. Los germinados presentan unas 13 calorías por cada 100 gramos de producto crudo, frente a las 350 calorías de la legumbre cocinada (Zudaire, 2011).

En base a lo anterior, este estudio busca ser una primera aproximación para determinar el efecto que tienen algunos gases no convencionales sobre la calidad funcional de germinados de soya prolongando la vida útil.

### **Hipótesis**

- El uso de atmósfera modificada activa permite la conservación de las propiedades funcionales y sensoriales, prolongando la vida de postcosecha de germinados de soya (*Glycine max* L.) en condición de refrigeración para consumo en fresco.

### **Objetivo general**

- Evaluar y comparar el efecto de la modificación de la atmósfera con gases no convencionales sobre germinados de soya (*Glycine max* L.) para consumo en fresco y sus características funcionales y sensoriales.

### **Objetivo específico**

- Evaluar el efecto de gases no convencionales (Ar, He y N<sub>2</sub>O) sobre la tasa respiratoria y producción de etileno en germinados de soya.
- Evaluar el efecto de estos gases sobre la calidad sensorial y parámetros funcionales (concentración de fenoles totales, capacidad antioxidante, azúcares y vitamina C) en germinados de soya conservadas bajo atmósfera modificada activa.

## MATERIALES Y MÉTODO

### Lugar de estudio

El ensayo y las evaluaciones se realizaron en el laboratorio de Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) y en el Laboratorio de Análisis Cromatográfico de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Este proyecto fue financiado por FONDECYT N°1090059 denominado “Technological innovations applied to novel minimally fresh processed leaf vegetables: quality and food safety”.

### Materiales

Se utilizaron germinados de soya (*Glycine max* L.), provenientes de la empresa comercial Más Vida S.A. ubicada en la Comuna de Calera de Tango, Región Metropolitana. Los germinados fueron producidos mediante un sistema de cultivo hidropónico en cámaras climatizadas totalmente automatizadas, cultivados a una temperatura de 18-20° C y 90% de HR. Los germinados se cosecharon luego de 6 días desde su siembra. En la cosecha se retiró completamente el germinado, sin corte. Ambos ensayos tardaron 6 días de siembra a cosecha, el primer ensayo se realizó en enero de 2011 y el segundo en noviembre de 2011.

Los gases utilizados en este ensayo fueron provistos por la empresa INDURA y se detallan a continuación:

- Argón corriente grado 4,7 (pureza 99,997%)
- Helio calidad globo grado 4 (pureza 99,99 %)
- Oxido nitroso industrial grado B (pureza 99,99 %)
- Oxígeno corriente (pureza 99,998%)

Los germinados de soya fueron envasados en bolsas de polietileno obtenidas de la empresa “San Jorge Packaging”. Las dimensiones de las bolsas fueron 0,20 x 0,15 m y su permeabilidad a 23 °C y a 1 atm fue de 9000 mL CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> y de 3000 mL O<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, determinada para 45 g de germinados.

### Metodología

Los germinados de soya se trasladaron en bolsas de polietileno, con una temperatura aproximada de 5 °C, desde la empresa Más Vida S.A., hasta la cámara de almacenamiento del CEPOC. En la recepción se almacenaron en bolsas macroperforadas durante 24 horas, dentro de una cámara de frío en oscuridad total a 5 °C y 90% de humedad relativa.

Desde la cámara de almacenamiento los germinados se llevaron a una sala de manipulación y acondicionamiento a 8 °C, donde se realizó la selección visual y se eliminaron aquellos germinados que no presentaron color característico (amarillamiento u otro), poca turgencia (pérdida de agua) y daño físico. Luego, los germinados fueron lavados con una solución sanitizante (hipoclorito de sodio 100 mg L<sup>-1</sup> pH 6-7) y posteriormente sumergidos en agua estéril. Cada lavado se realizó con agua a 5 °C durante 5 minutos con agitación manual.

Una vez realizado el enjuagado con agua estéril, los germinados se escurrieron sobre una malla de acero inoxidable durante 5 minutos, seguido de una centrifugación manual de 2 minutos. Luego, para las mediciones de concentración de gases al interior del envase, color, evaluación sensorial, compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, concentración de azúcares y vitamina C, se pesaron 45 ± 1 g de germinados, se colocaron al interior de los envases y se sellaron parcialmente con una selladora de pedal (modelo KS, 400 30 3000 22, Empresa Plaspak, Buin, Región Metropolitana). En el envase se dejó una abertura de 2 cm en un borde del plano de sellado para posteriormente introducir el respectivo gas del tratamiento (Cuadro 1), excepto para el tratamiento testigo (Aire) el cual se le realizaron inmediatamente 7 perforaciones de 0,5 mm de diámetro, para lograr una atmósfera de aire, 79% N<sub>2</sub>, 21% O<sub>2</sub> y < 1% CO<sub>2</sub>. Para la inyección de los gases se utilizó un panel mezclador, desde el cual se preparó la concentración deseada según cada tratamiento, se inyectó y posteriormente se selló la abertura del envase.

Para la determinación de la tasa respiratoria y producción de etileno, se siguió el mismo procedimiento, salvo que se pesaron 200±0,5 g de germinados y se dispusieron dentro de recipientes plásticos de 4 L, con un septum en su tapa a través del cual se extrajo la muestra y dos conexiones por los cuales se inyectó la mezcla de gases señalada en el Cuadro 1. Para la medición de tasa respiratoria y producción de etileno se necesitó 200 g de germinados para que la muestra fuera representativa en dichas evaluaciones, lo que no afectó en los resultados porque el resultado está expresado en mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Las mezclas de gases se inyectaron diariamente después de realizada la medición con el objetivo de mantener siempre la misma concentración de gases al interior del envase. En el caso del tratamiento Aire se abrió el recipiente, se ventiló y se cerró nuevamente.

**Cuadro 1.** Mezcla de gases empleadas para conservar germinados de soya.

<b>Tratamiento</b>	<b>Mezcla gaseosa inyectada</b>	<b>Envasado</b>
Argón	89,2-89,3% Ar + 10-10,3% O <sub>2</sub>	AMA
Helio	89,5-89,6% He + 10-10,1% O <sub>2</sub>	AMA
Óxido nitroso	89,4-89,6% N <sub>2</sub> O + 10-10,1% O <sub>2</sub>	AMA
Oxígeno	83,2-90,2% O <sub>2</sub> + 9,4-16,3% N <sub>2</sub>	AMA
Aire	79% N <sub>2</sub> + 21% O <sub>2</sub>	BP

AMA: atmósfera modificada activa

BP: bolsa perforada (control)

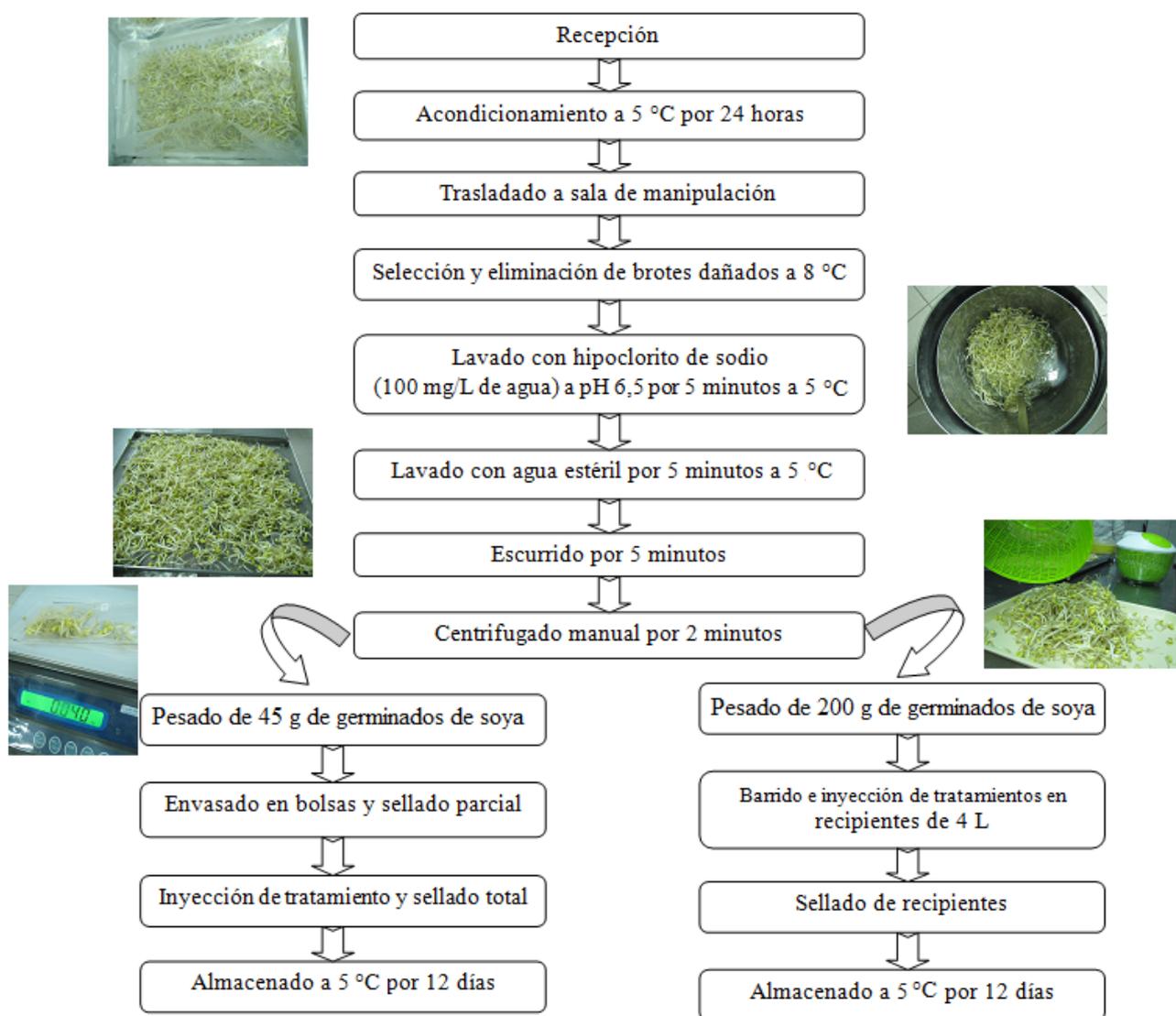
Los cinco tratamientos se almacenaron durante 12 días a 5 °C y 95% de humedad relativa y las mediciones fueron realizadas los días 1, 5, 8 y 12 desde su procesamiento.

Primer ensayo: Se evaluó la tasa respiratoria, producción de etileno, concentración de gases al interior del envase, color y evaluación sensorial.

Segundo ensayo: Se evaluó la tasa respiratoria, producción de etileno, concentración de gases al interior del envase, color, evaluación sensorial, compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, concentración de azúcares y vitamina C.

El segundo ensayo se realizó para analizar ambos ensayos y verificar que no aumentara la variabilidad de los resultados.

### Diagrama que describe el procesamiento

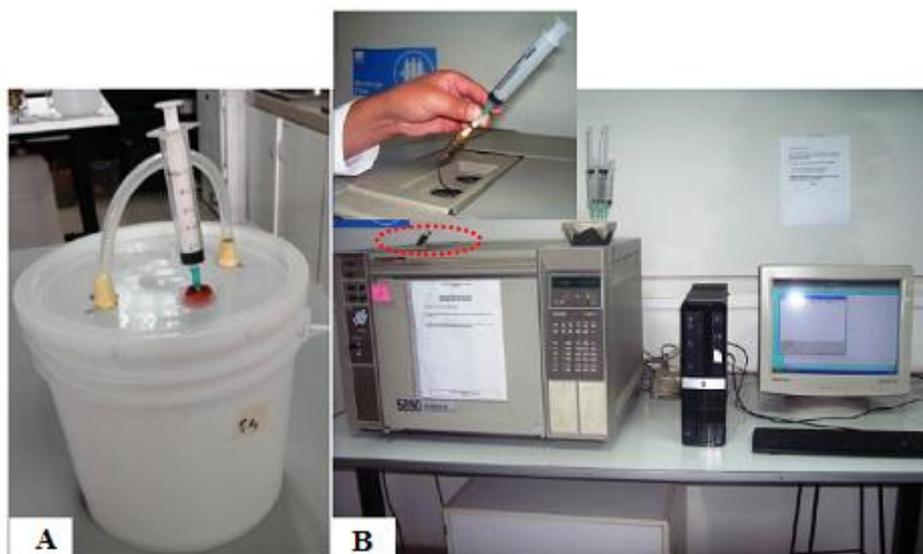


**Figura 1.** Línea de proceso para germinados de soya en las 2 experiencias.

## Parámetros Evaluados

### Tasa respiratoria

Para determinar la tasa respiratoria se utilizó el método estático a 5 °C, descrito por Kader (2002). Para esto se dispusieron  $200 \pm 0,5$  g de germinados de soya en un recipiente plástico de 4 L de volumen. Luego, se inyectaron los tratamientos y los recipientes fueron cerrados herméticamente por 1,5 horas, tiempo necesario para acumular una concentración de CO<sub>2</sub> de 0,5 a 1%. En seguida, se tomaron las muestras gaseosas de 10 mL con una jeringa de plástico y la composición del espacio de cabeza fue analizada mediante el uso de un cromatógrafo de gases (CG Hewlett Packard, 5890 A serie II, Palo Alto, CA, EEUU) provisto de un detector de conductividad térmica, con una columna Porapak Q 80/100 (Waters, Milford MA, USA) con una temperatura de horno e inyector de 50 °C y de detector de 200 °C. Se utilizó gas helio como gas transportador con una presión de 45 psi. La tasa respiratoria se expresó como la producción de CO<sub>2</sub> (mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) y se midió los días 1, 5, 8 y 12 posteriores al procesamiento a 5 °C.



**Figura 2.** Medición de la tasa respiratoria mediante cromatógrafo de gases a 5 °C. (A) Toma de muestra del contenedor plástico; (B) inyección de las muestras de gases en el cromatógrafo de gases.

### Producción de etileno

Para determinar la emisión de etileno se utilizó una metodología similar a la de tasa respiratoria, sin embargo se tomó una muestra de 1 mL con una jeringa plástica (BD Plastic, Brasil). Las muestras se inyectaron en cromatógrafo de gases (Agilent technologies 7820A, CG System, EE.UU.) provisto de un detector de ionización de llama y una columna Porapak QN 80/100 (1,2 m y 3,18 mm) (Norwalk, Connecticut, EE.UU.). La temperatura del horno, del detector y del FID fue de 50, 200 y 200 °C respectivamente. Se utilizó gas helio como gas transportador con un flujo de 55 mL

$\text{min}^{-1}$ . Diariamente el equipo fue calibrado con un gas estándar de etileno de 0,5 ppm. Los resultados fueron expresados en  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg h}^{-1}$  y se midió los días 1, 5, 8 y 12 posteriores al procesamiento.

### Concentración de gases al interior de las bolsas

Se realizaron mediciones para conocer la evolución de las concentraciones de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$  al interior de cada envase. Para esto, se introdujo la aguja del analizador de gases manual (Checkpoint, PBI Dansensor, Rongsted, Dinamarca), en uno de los lados del envase, luego se procedió a sellar el orificio con cinta adhesiva. Además, de la misma forma anterior, se tomaron muestras con una jeringa de plástico de 10 mL que fueron analizadas con cromatógrafo de gases (CG Hewlett Packard, 5890 A serie II, Palo Alto, CA, EEUU.) para conocer la concentración de Ar, He y  $\text{N}_2\text{O}$  en el interior de los envases. Las concentraciones de los gases se midieron en todos los envases el día 0, 1, 5, 8 y 12 posterior al procesamiento y fueron expresados como porcentajes de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$ .

### Determinaciones físicas

#### Color

Se realizó utilizando un colorímetro compacto triestímulo (Minolta Chroma meter CR-300, Tokio, Japón) con una fuente luminante  $D_{65}$ , un ángulo observador de  $0^\circ$  y calibrado con un estándar blanco ( $Y = 92,6$ ;  $x = 0,3161$ ;  $y = 0,3325$ ), usando el sistema CIELab. El color se expresó como luminosidad (L,  $L=0$ , negro;  $L=100$ , blanco),  $a^*$  ( $-a$  = verde,  $a$  = rojo) y  $b^*$  ( $-b$  = azul,  $b$  = amarillo). Los valores de  $a^*$  y  $b^*$  se transformaron a valores de croma ( $C^*$ ) y tono (Hab), donde  $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$  y  $\text{Hab} = \text{arc tg}(b^*/a^*)$  (Oms-Oliu *et al.*, 2009). La medición se realizó directamente sobre los hipocotilos de los germinados, que fueron estirados, para ordenarlos uno al lado del otro, realizando 10 mediciones por placa para cada repetición y tratamiento. A objeto de estandarizar la medición la placa se colocó sobre una superficie negra de fondo para evitar interferencias de color.



**Figura 3.** Medición de color de germinados de soya mediante colorímetro a  $5^\circ\text{C}$ .

### **Determinación de calidad sensorial**

Se empleó el método de análisis descriptivo-cuantitativo determinando la calidad sensorial a base de una pauta, para el cual se utilizó un panel de 12 evaluadores no entrenados, quienes calificaron distintos parámetros a través de una escala no estructurada de 0 a 15 cm (Anexo 1). Los parámetros que se midieron fueron: apariencia, intensidad de color, turgencia y sabores extraños (Espinosa, 2007). Las muestras fueron codificadas con números aleatorios de tres dígitos para ocultar la identidad del tratamiento, así se buscó reducir al mínimo la subjetividad y garantiza confiabilidad en la evaluación. Se consideró una puntuación superior a 7,5 como la media aceptable.

### **Determinaciones químicas**

Para las siguientes evaluaciones, se tomaron 40 g de germinados de soya de cada envase y se almacenaron a -80 °C, para su posterior análisis.

### **Concentración de fenoles totales**

Se evaluó de acuerdo con el método espectrofotométrico Folin-Ciocalteu (Marigo, 1973) con algunas modificaciones. Para la preparación del extracto, se tomó 2 g de germinados de soya por bolsa que fue homogeneizado en Ultra-Turrax IKA (Alemania, modelo T18 Basic) por 1 minuto, junto con una solución MeOH:H<sub>2</sub>O 4:1. Luego la mezcla se filtró a través de 4 capas de gasa y se centrifugó a 10000 g<sub>n</sub> en una centrífuga termorregulada (Hermle Z 32K, Hermle Labortechnik, Wehngen, Alemania) a 4 °C durante 45 minutos. El sobrenadante fue rescatado y se filtró con papel Whatman número 2 (Schleicher & Schuell, Inglaterra), del cual se tomó una alícuota de 0,5 mL y se mezcló con 5 mL del reactivo C (tartrato de sodio potasio, hidróxido de sodio y carbonato de sodio) y se incubó a 20 °C durante 15 minutos. Transcurrido este tiempo se agregó 1 mL del reactivo Folin-Ciocalteu y se incubó nuevamente por 60 minutos en oscuridad. Finalmente se midió la absorbancia de las muestras a 660 nm con un espectrofotómetro UV-visible (T70UV-Vis, PGI Instruments Ltd, Alma Park, Woodway Lane, Reino Unido). La concentración de compuestos fenólicos totales se expresó como mg equivalente de ácido gálico (EAG) por g<sup>-1</sup> de peso fresco.

### **Actividad antioxidante total**

La capacidad antioxidante fue evaluada sobre su capacidad para reducir Fe<sup>+3</sup> a Fe<sup>+2</sup>. Esta medición se realizó por el método FRAP (ferric reducing antioxidant power) según lo propuesto por Benzie y Strain (1996) con algunas modificaciones.

Para la preparación del extracto, se tomaron 2 g de germinados de soya por cada repetición, las cuales fueron congeladas con nitrógeno líquido y trituradas hasta obtener un polvo fino. Luego, se agregaron 2 mL de C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O/H<sub>2</sub>O (4:1). Posteriormente, las muestras fueron centrifugadas en una centrífuga termorregulada (Hermle Labortechnik,

Z326K, Alemania) durante 45 minutos a 10000  $g_n$  a 4 °C y se filtró el sobrenadante con papel Whatman número 2 (Schleicher & Schuell, Inglaterra).

Se tomaron 100  $\mu$ L del extracto y se añadieron 900  $\mu$ L de solución FRAP, compuesta por buffer acetato, cloruro férrico hexohidratado y TPTZ [2, 4, 6-(tri-(2-piridil-s-triazina))] en HCl 0,2 M; en una proporción 10:1:1. Las cubetas se incubaron a 40 °C en baño termoregulado durante 10 minutos. Se midió la absorbancia a 593 nm por 5 minutos cada 30 s. Los resultados fueron expresados como mg equivalentes de Trolox (ET) por  $g^{-1}$  de peso fresco.

### **Concentración de azúcares**

Se determinó la concentración de glucosa, fructosa y sacarosa. Estos análisis se realizaron por medio de cromatografía líquida de alta resolución (CLAR), para lo cual se tomaron aproximadamente 20 g de germinados de soya, de cada repetición, que se homogenizó en sacajugo y el jugo extraído fue filtrado a través de una gasa de cuatro capas para eliminar la mayor cantidad de partículas presentes en el jugo y se alicuotó en tubos de 2 mL Eppendorf.

Previo a los análisis, el jugo se centrifugó a 4 °C y 18620  $g_n$  (Z 32K, Hermle Labortechnik, Wehngen, Alemania) durante 60 minutos. Luego se filtró a través de cartuchos Millex (Waters, Massachussets, EE.UU.), previamente activados con 1 mL de metanol y 1 mL de agua calidad miliQ. El filtrado se almacenó a -20 °C hasta su análisis en cromatógrafo de líquidos de alta resolución (CLAR).

Las muestras se analizaron en CLAR (Merk, Lachrom, Alemania) con una columna ZORBAX (Agilent technologies, Oswego, IL, EEUU) de 4,6  $\times$  150 mm, 5  $\mu$ m, a una temperatura de 30 °C durante 15 min, usando como fase móvil una solución de acetonitrilo: agua desionizada (75:25) y un flujo de 1,5 mL  $min^{-1}$ . La concentración de azúcares fue expresada como mg de glucosa  $g^{-1}$  de peso fresco.

### **Concentración de vitamina C**

La concentración de ácido ascórbico (AA) y de ácido dehidroascórbico (DHAA) fueron determinados mediante CLAR. Las soluciones patrones, condiciones de columnas y los procedimientos de derivatización fueron los descritos por Zapata y Dufour (1992) modificado por Tudela *et al.* (2002).

Se homogenizó en sacajugo 20 g de germinados de soya de cada repetición y el jugo extraído fue filtrado a través de una gasa de cuatro capas para eliminar la mayor cantidad de partículas presentes en el jugo y se alicuotó en tubos de 2 mL Eppendorf. Se tomaron 10 mL y se ajustó pH a 2,2 - 2,4 con HCl 1N. Después se centrifugó en tubos de 2 mL Eppendorf a 18620  $g_n$  durante 30 minutos a 4 °C (Z 32K, Hermle Labortechnik, Wehngen, Alemania). Posteriormente, se realizó una filtración al sobrenadante a través de cartuchos Millex (Waters, Massachussets, EEUU). Finalmente,

a una muestra de 750  $\mu\text{L}$  del extracto se le añadió 250  $\mu\text{L}$  de solución OPDA (Ortofenilendiamina) para la derivatización del DHAA a DFQ (3-(1,2-dihydroxyethyl) furo [3,4-b] quinoxalina-1-one), pasados 37 minutos en oscuridad a 20 °C, se midieron las muestras mediante CLAR. La concentración de vitamina C se expresó como  $\text{mg g}^{-1}$  de peso fresco.

### **Diseño experimental y análisis estadístico**

El diseño experimental fue completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Sólo para la evaluación sensorial se realizaron diez repeticiones. La unidad experimental fue la bolsa con  $45 \pm 1$  g de germinados de soya.

Los datos obtenidos fueron evaluados con un análisis de varianza (ANDEVA), con un nivel de confianza del 95%, y de existir diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos, se aplicó la prueba de comparaciones múltiple de TUKEY.

Todos los resultados se analizaron estadísticamente mediante el programa estadístico MINITAB 16.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### ENSAYO 1

#### 1.1. Tasa respiratoria

La materia prima presentó una tasa respiratoria de  $107,3 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , la cual disminuyó luego del procesamiento y la refrigeración. Esta alta tasa observada en la materia prima, se pudo provocar debido al estrés ocasionado en la cosecha y la temperatura a la que fue sometida durante el transporte, dos factores que aumentan el metabolismo. Tras el procesamiento se detectaron diferencias significativas entre tratamientos. Es así como el tratamiento  $\text{N}_2\text{O}$  ( $77 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento con alto  $\text{O}_2$  ( $45,7 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) y los tratamientos Ar ( $61 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), He ( $55,4 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) y Aire ( $66 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), además se observó que el tratamiento Aire tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos He y  $\text{O}_2$ , paralelamente el tratamiento He tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento  $\text{O}_2$  (Apéndice I, Cuadro 1).

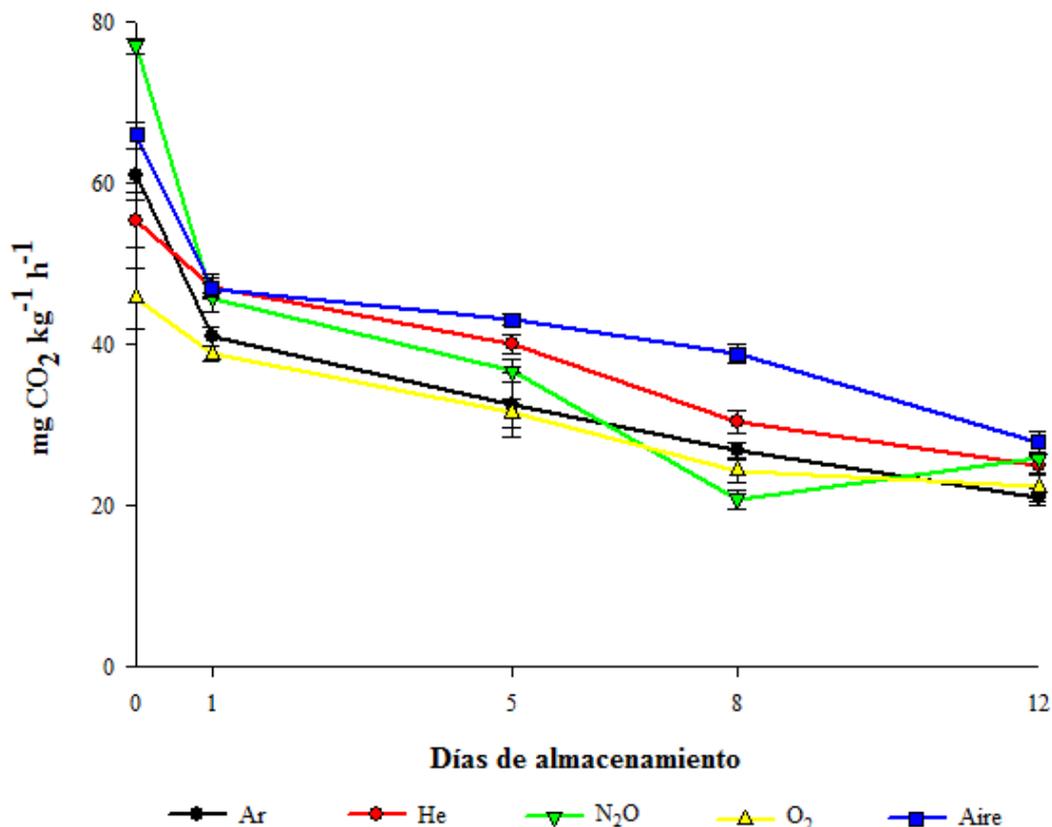
Al día 1, los tratamientos He ( $47,2 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ),  $\text{N}_2\text{O}$  ( $45,8 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) y Aire ( $47 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) presentaron valores significativamente más altos que los tratamientos Ar ( $41 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) y  $\text{O}_2$  ( $38,8 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ). Luego de 5 días de almacenamiento a  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  el tratamiento Aire ( $43,1 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar ( $32,5 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ),  $\text{N}_2\text{O}$  ( $36,7 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) y  $\text{O}_2$  ( $31,5 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), además el tratamiento He ( $40 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar y  $\text{O}_2$ . Tras 8 días, el tratamiento Aire ( $38,8 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar ( $26,9 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), He ( $30,3 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ),  $\text{N}_2\text{O}$  ( $20,8 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) y  $\text{O}_2$  ( $24,3 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), paralelamente el tratamiento He presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{O}_2$ , además los tratamientos Ar y  $\text{O}_2$  presentaron valores significativamente más altos que el tratamiento  $\text{N}_2\text{O}$ . Luego de 12 días de almacenamiento a  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  el tratamiento Aire ( $27,9 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar ( $21,1 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) y  $\text{O}_2$  ( $22,3 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ).

Los valores elevados de la tasa respiratoria obtenidos el día 0 podrían ser consecuencia de la aplicación de gases y la manipulación en el lavado y secado durante el procesamiento, los cuales causarían un estrés fisiológico en los germinados (Martínez-Sánchez, 2008; Allende *et al.*, 2009). Sin embargo, tras estos primeros días la tasa respiratoria tiende a estabilizarse (Silveira, 2009).

Contrario a este ensayo Gorny y Agar (1998) señalan que el He podría reducir la tasa respiratoria, en relación al Ar; probablemente debido a que posee un menor peso atómico, controlando mejor los procesos respiratorios. En estudios realizados en

espárragos, la combinación de Ar y He con O<sub>2</sub> redujo la tasa respiratoria, la pérdida de ácido ascórbico y el contenido de clorofila (Zhang *et al.*, 2008, citado por Artés-Hernández *et al.*, 2009). Por otro lado Magalhães *et al.* (2007), observaron que atmósferas de 75% He ó Ar combinados con 25% O<sub>2</sub> redujeron la tasa respiratoria de hojas de espinaca comparada con 25, 50 y 75 % O<sub>2</sub> combinado con N<sub>2</sub> a 15 °C.

En bulbos de cebollas se obtuvo una disminución en la tasa respiratoria bajo atmósferas de 50, 80 y 100% de N<sub>2</sub>O (Benkeblia y Varoquaux, 2003) y en germinados de semillas bajo atmósferas de 80% N<sub>2</sub>O y 20% de O<sub>2</sub> (Sowa y Towill, 1991).



**Figura 4.** Evolución de la tasa respiratoria ( $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) de germinados de soja bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días. Los valores son la media ( $n=3$ )  $\pm$  ES.

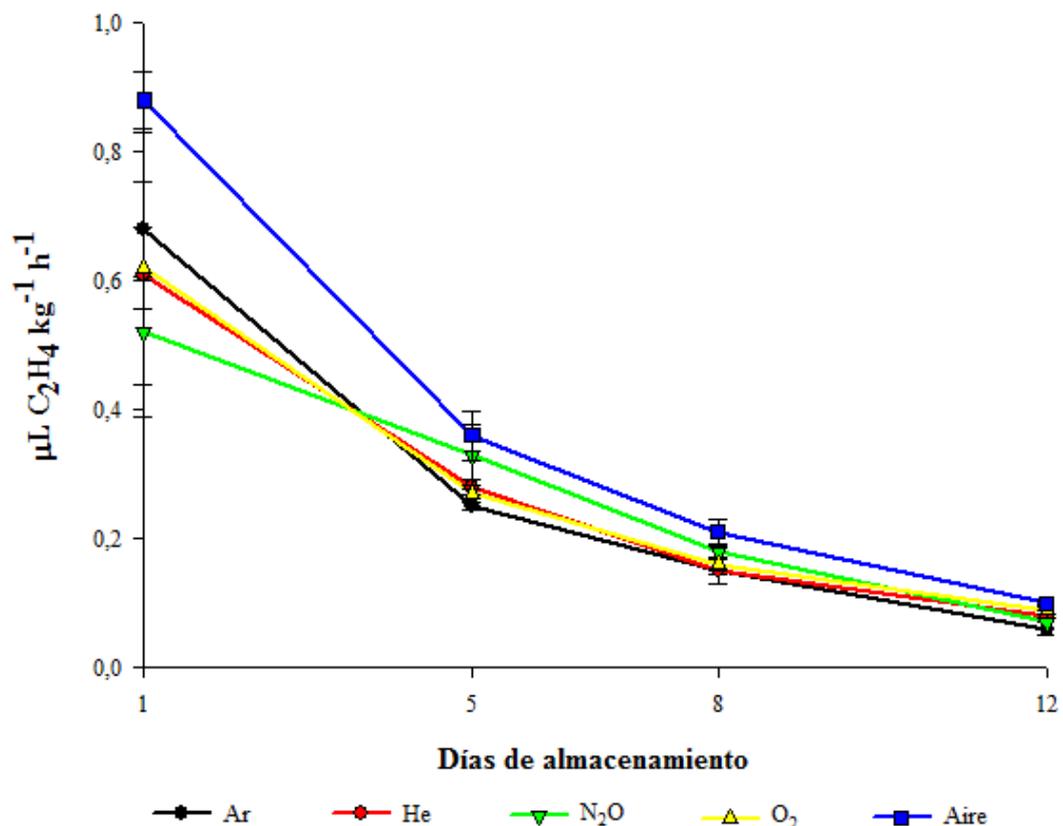
## 1.2. Producción de etileno

El primer día de almacenamiento a 5 °C el tratamiento Aire ( $0,88 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) presentó valores significativamente más altos que el tratamiento N<sub>2</sub>O ( $0,52 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) y no hubo diferencias significativas entre los tratamientos Ar ( $0,68 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), He ( $0,61 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) y O<sub>2</sub> ( $0,62 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ). El día 5 el tratamiento Aire ( $0,36 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar ( $0,25 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), He ( $0,28 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) y O<sub>2</sub> ( $0,27 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), paralelamente el tratamiento N<sub>2</sub>O ( $0,33 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) presentó valores significativamente más altos que el tratamiento Ar. Luego de 8 días el tratamiento Aire ( $0,21 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) presentó valores significativamente más altos que los

tratamientos Ar ( $0,15 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), He ( $0,15 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) y  $\text{O}_2$  ( $0,16 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ). Tras 12 días de almacenamiento a  $5^\circ\text{C}$  el tratamiento Aire ( $0,1 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) presentó valores significativamente más altos que el tratamiento Ar ( $0,06 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) y los tratamientos He,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{O}_2$  que oscilaron en un rango de  $0,07$  a  $0,09 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , sin diferencias significativas.

En general, se observó que la producción de etileno se comportó de forma similar a la tasa respiratoria. El primer día el tratamiento Aire tuvo una alta tasa respiratoria y producción de etileno, para luego disminuir ambos parámetros durante el periodo de almacenamiento. Estudios realizados en hojas de rúcula entera, mostraron un valor máximo de  $4,2 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  en la producción de etileno el primer día de almacenamiento, para luego decrecer rápidamente a  $1,2 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  el día 6 (Koukounaras *et al.*, 2007).

En cuanto a los tratamientos con gases no convencionales, éstos mantuvieron baja y constante la producción de etileno durante los 12 días a  $5^\circ\text{C}$ . Esto puede deberse a que la temperatura es la principal técnica de postcosecha para reducir la tasa de respiración, la producción de etileno y otros procesos metabólicos (Kader, 2002).



**Figura 5.** Evolución de la producción de etileno ( $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) de germinados de soja bajo atmósfera modificada activa conservados a  $5^\circ\text{C}$  durante 12 días. Los valores son la media ( $n=3$ )  $\pm$  ES.

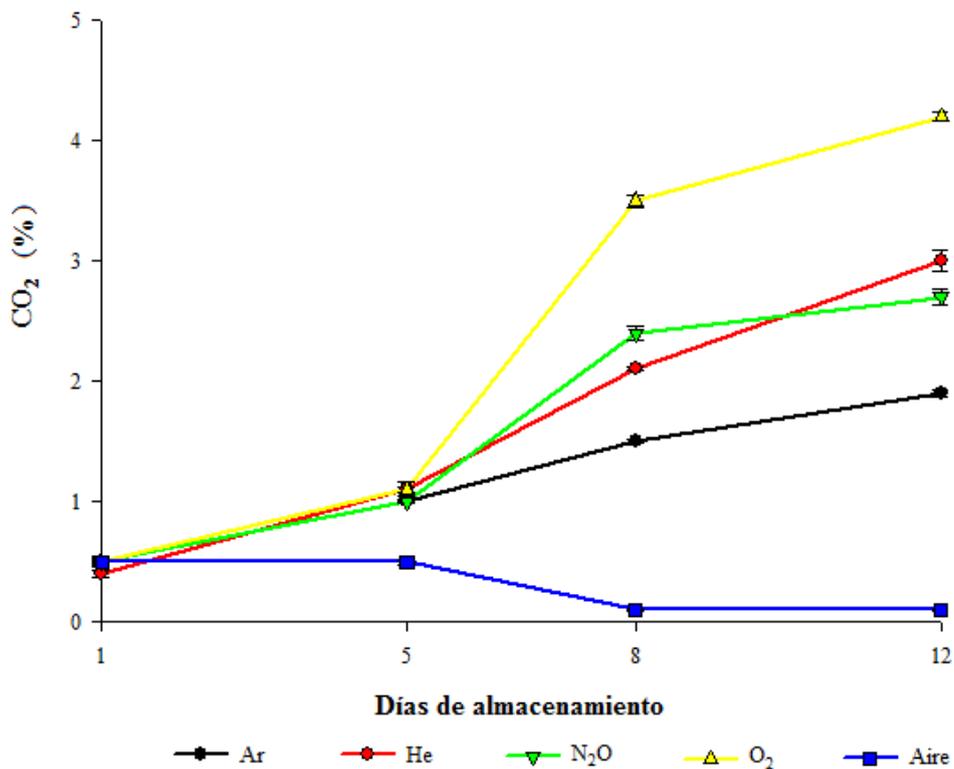
### 1.3. Concentración de gases al interior de los envases

#### Evolución de la concentración de CO<sub>2</sub>

El tratamiento Aire, presentó concentraciones de CO<sub>2</sub> menores al 1% durante todo el periodo de almacenamiento a 5° C.

El primer día no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Tras 5 días de almacenamiento el tratamiento Aire tuvo valores significativamente más bajos que los tratamientos Ar, He, N<sub>2</sub>O y O<sub>2</sub>, que oscilaron en un rango de 1 a 1,1% de CO<sub>2</sub>. Luego de 8 días, el tratamiento O<sub>2</sub> (3,5%) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (1,5%), He (2,1%) y Aire (0,1%), además hubo diferencias significativas entre el tratamiento N<sub>2</sub>O (2,4%) y los tratamientos Ar y Aire.

En los tratamientos Ar, He, N<sub>2</sub>O y O<sub>2</sub> se observó un aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> durante 12 días de almacenamiento a 5 °C, alcanzando valores de 1,9; 3,0; 2,7 y 4,2% de CO<sub>2</sub> respectivamente. Mientras que el tratamiento Aire tuvo 0,1%. En esta evaluación se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos.



**Figura 6.** Evolución de la concentración (%) de CO<sub>2</sub> en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días. Los valores son la media (n=3) ± ES.

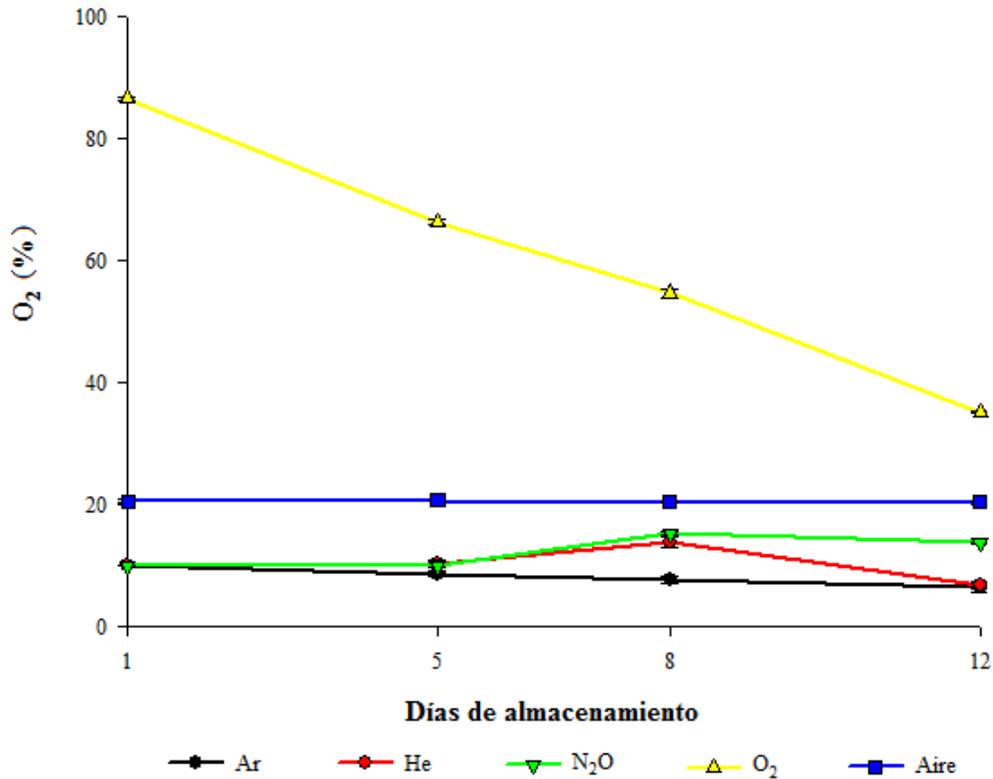
## **Evolución en la concentración de O<sub>2</sub>**

El tratamiento Aire presentó concentraciones de O<sub>2</sub> superiores de 20% durante todo el periodo de conservación (Figura 7).

El primer día de almacenamiento el tratamiento con alto O<sub>2</sub> (86,5%) presentó valores significativamente más altos que el tratamiento Aire (20,6%) y los tratamientos Ar, He, N<sub>2</sub>O que comenzaron con una concentración de O<sub>2</sub> de 10%, además se observó que el tratamiento Aire tuvo valores significativamente más alto que los tratamientos Ar, He y N<sub>2</sub>O. Tras 5 días, el tratamiento con alto O<sub>2</sub> (66,3%) presentó valores significativamente más altos que el tratamiento Aire (20,7%) y los tratamientos Ar (8,6%), He (10,3%) y N<sub>2</sub>O (10,1%), simultáneamente el tratamiento Aire presentó valores significativamente más altos los tratamientos Ar, He y N<sub>2</sub>O . Después de 8 días el tratamiento con alto O<sub>2</sub> (54,7%) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Aire (20,5%), Ar (7,8%), He (13,9%) y N<sub>2</sub>O (15,3%), al mismo tiempo se observó que el tratamiento Aire tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar, He y N<sub>2</sub>O, además los tratamientos He y N<sub>2</sub>O presentaron valores significativamente más altos que el tratamiento Ar.

Luego de 12 días de almacenamiento a 5 °C el tratamiento con alto O<sub>2</sub> (35,1%) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Aire (20,4%), Ar (6,5%), He (6,8%) y N<sub>2</sub>O (13,8%). Además se observó que el tratamiento Aire tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar, He y N<sub>2</sub>O. Al mismo tiempo el tratamiento N<sub>2</sub>O tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar y He.

El tratamiento con alto O<sub>2</sub> disminuyó gradualmente, probablemente se debió a la permeabilidad del envase, pues al existir menores concentraciones en la atmósfera externa, tendió a salir y moverse de una mayor a una menor concentración.



**Figura 7.** Evolución de la concentración (%) de O<sub>2</sub> en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días. Los valores son la media (n=3) ± ES.

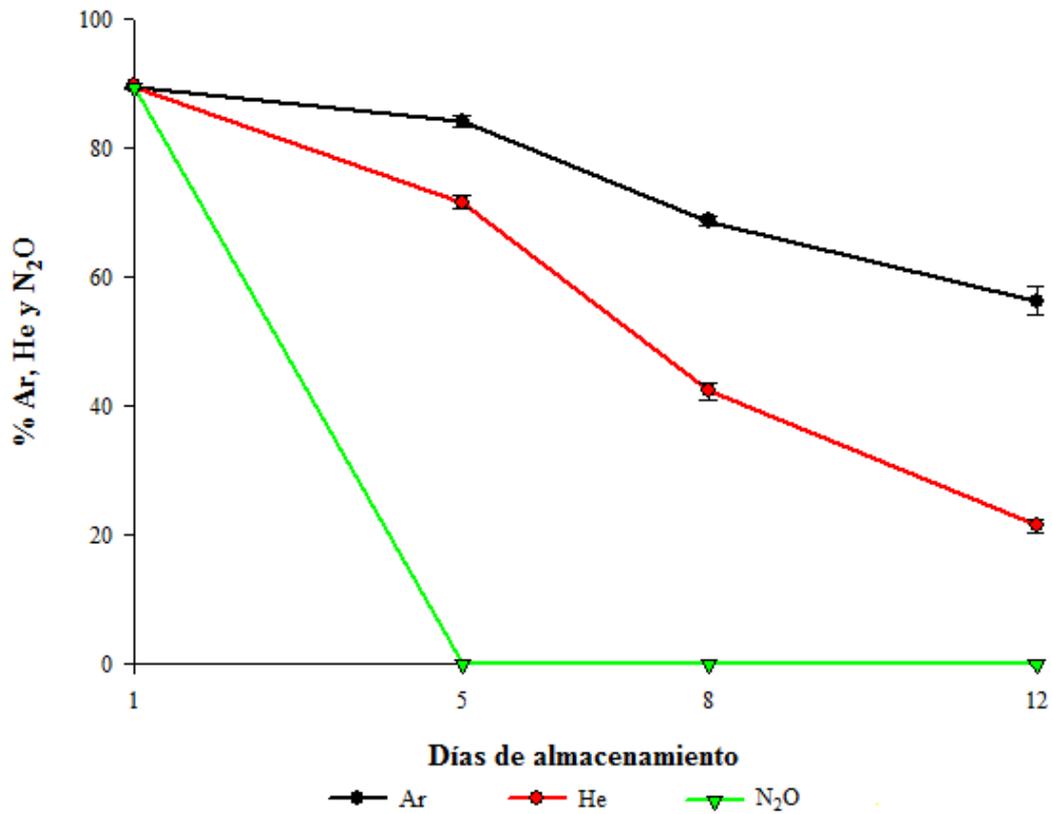
### Evolución en la concentración de Ar, He y N<sub>2</sub>O

El tratamiento Ar tuvo una concentración de 89,4% el primer día de almacenamiento, que decreció levemente el día 5 con 84,2%, a partir del cual comenzó a disminuir para llegar el día 8 a 68,7% y finalizar el día 12 con 56,3 % (Figura 8).

Así mismo ocurrió con el tratamiento He que tuvo una alta concentración de dicho gas, ya el día uno presentó un 89,6%, que luego disminuyó hasta 71,6 el día 5, luego de 8 día tuvo un valor de 42,3 y finalizó con 21,5% el día 12 (Figura 8).

En cuanto al tratamiento N<sub>2</sub>O, el día 1 presentó un 89,4% de N<sub>2</sub>O, mientras que el día 5 decayó drásticamente a 0% hasta el final del periodo (Figura 8).

La paulatina disminución de la concentración de los gases no convencionales que se observó fue debido a la permeabilidad de la bolsa.



**Figura 8.** Evolución de la concentración de los gases Ar, He y N<sub>2</sub>O (%) en los tratamientos Ar, He y N<sub>2</sub>O en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días. Los valores son la media (n=3) ± ES.

#### 1.4. Color

**Luminosidad:** Los valores fueron disminuyendo a lo largo del almacenamiento en todos los tratamientos. Los tratamientos no presentaron diferencias significativas hasta el día 8, oscilando en un rango de 63,7 a 69,6. Luego el día 8 se observó que el tratamiento Aire (61,7) presentó valores significativamente más bajos que los tratamientos Ar (65,9), N<sub>2</sub>O (66,2) y O<sub>2</sub> (65,2). Tras 12 días de almacenamiento el tratamiento Ar (64,9) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos los tratamientos He (61,8), N<sub>2</sub>O (61,9) y Aire (53,6). Al mismo tiempo se observó que los tratamientos He y N<sub>2</sub>O tuvieron valores significativamente más altos que el tratamiento Aire. Siendo el tratamiento Ar más blanco y el tratamiento Aire más oscuro (Figura 9A).

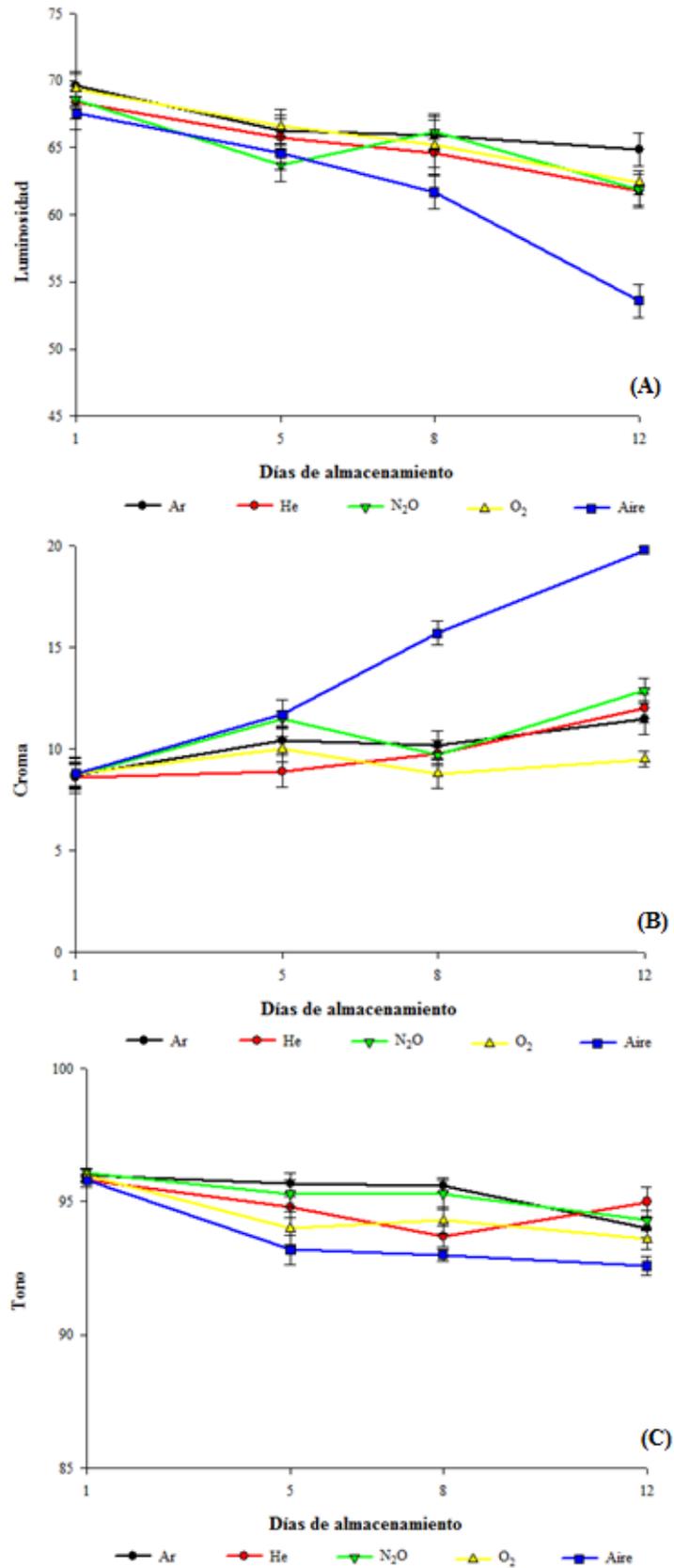
**Croma:** El primer día hubo un promedio de los tratamientos de 8,7; sin diferencias significativas entre ellos. Luego el quinto día de almacenamiento a 5 °C se observó que el tratamiento He (8,9) tuvo valores significativamente más bajos que los tratamientos N<sub>2</sub>O (11,5), O<sub>2</sub> (10) y Aire (11,7). Luego de 8 días el tratamiento Aire (15,7) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (10,2), He (9,8), N<sub>2</sub>O (9,7)

y O<sub>2</sub> (8,8). Después de 12 días de almacenamiento el tratamiento Aire (19,8) presentó valores significativamente más altos que el tratamiento O<sub>2</sub> (9,5) (Figura 9B).

**Tono:** La disminución en estos valores se asociaría al aumento del color amarillo reflejando un mayor pardeamiento. El primer día se presentó un valor promedio de 95,9, sin diferencias significativas entre tratamientos. Luego el quinto día el tratamiento Aire (93,2) presentó valores significativamente más bajos que los tratamientos Ar (95,7) y He (94,3). El día 8 el tratamiento Ar (95,6) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos He (93,7) y Aire (93). Al mismo tiempo el tratamiento N<sub>2</sub>O (95,3) tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento Aire. Finalmente el día 12 el tratamiento He (95) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos O<sub>2</sub> (93,4) y Aire (92,6), así mismo el tratamiento N<sub>2</sub>O (94,3) tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento Aire (Figura 9C).

La variación en los parámetros de color fue menor en el tratamiento Ar, ya que obtuvo una mayor luminosidad y tono, lo que significaría que presentó un menor pardeamiento. Mientras que los tratamientos que presentaron la mayor variación en estos parámetros fueron los germinados tratados con alto O<sub>2</sub> y Aire envasados bajo atmósfera modificada activa.

En el caso de germinados de poroto chino (*Vigna radiata L.*) conservados en atmósfera modificada que contienen 5% O<sub>2</sub> y 15% CO<sub>2</sub> por 5 días a 8 °C, se observó que se extendió el tiempo de conservación de calidad, una reducción en el pardeamiento y un retraso en la viscosidad de los germinados (Suslow y Cantwell, 2006).

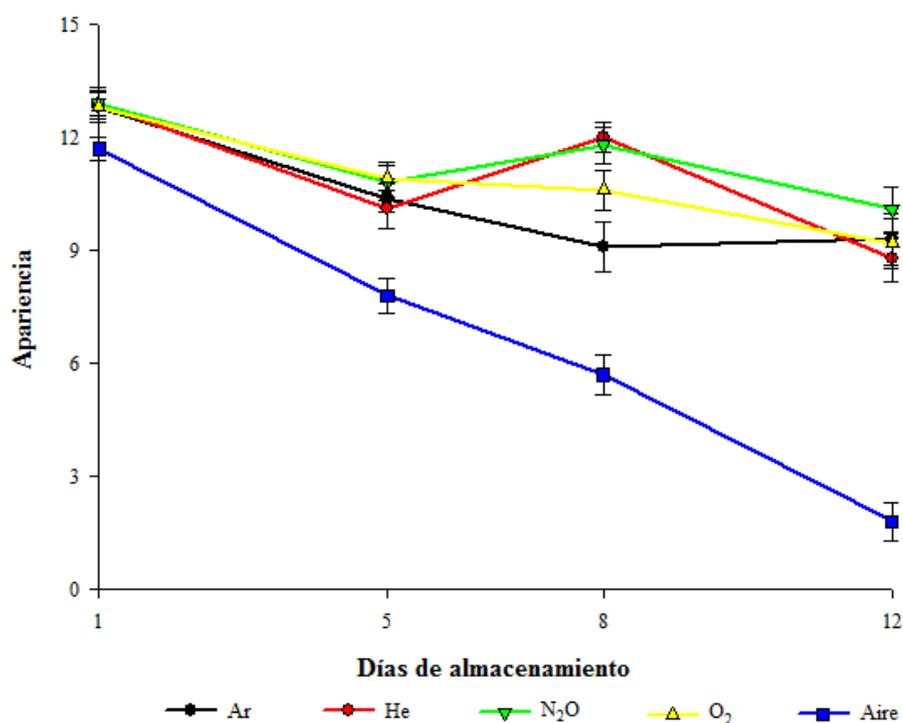


**Figura 9.** Valores de los parámetros luminosidad (A), croma (B) y tono (C) en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días. Los valores son la media ( $n=10$ )  $\pm$  ES.

### 1.5. Evaluación sensorial

**Apariencia:** El primer día no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, oscilando en un rango de 11,7 a 12,9. Tras 5 días los tratamientos Ar (10,4), He (10,1), N<sub>2</sub>O (10,8) y O<sub>2</sub> (10,9) presentaron valores significativamente más altos que el tratamiento Aire (7,8). Luego de 8 días el tratamiento Aire (5,7) tuvo valores significativamente más bajos que los tratamientos He (12), N<sub>2</sub>O (11,8) y O<sub>2</sub> (10,6). Para el día 12 el tratamiento Aire (1,8) tuvo valores significativamente menores que los tratamientos Ar (9,3), He (8,8), N<sub>2</sub>O (10,1) y O<sub>2</sub> (9,2), al mismo tiempo el tratamiento N<sub>2</sub>O tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento He (Figura 10).

Tomás-Callejas *et al.* (2011), observaron una disminución moderada de la calidad sensorial general en acelgas, con un corte en el peciolo, envasadas en atmósferas modificadas enriquecidas con O<sub>2</sub>, He, N<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O durante 8 días a 5 °C. Un resultado similar se obtuvo en este estudio, en comparación con el tratamiento Aire que tuvo una drástica disminución de la calidad sensorial.

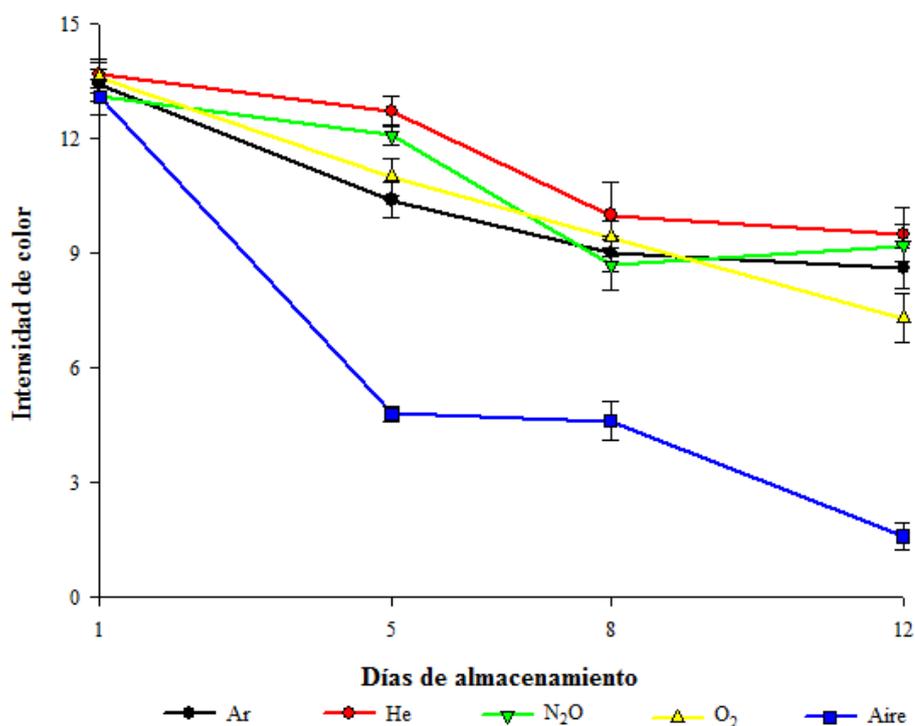


**Figura 10.** Variación de la apariencia en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días. Los valores son la media (n=10) ± ES.

**Intensidad de color:** El primer día no se observaron diferencias significativas, oscilando en un rango de 13,1 a 13,7. El día 5, el tratamiento Aire (4,8) tuvo valores significativamente menores que los tratamientos Ar (10,4), He (12,7), N<sub>2</sub>O (12,1) y O<sub>2</sub> (11). Luego de 8 días se observó que el tratamiento Aire (4,6) tuvo valores significativamente más bajos que los tratamientos Ar (9), He (10) y O<sub>2</sub> (9,4). Después

de 12 días, el tratamiento Aire (1,6) presentó valores significativamente más bajos que los tratamientos Ar, He, N<sub>2</sub>O y O<sub>2</sub> que tuvieron valores de 8,6; 9,5; 9,2 y 7,3 respectivamente (Figura 11). Los resultados obtenidos indican que el tratamiento Aire presente un mayor pardeamiento.

Los resultados sensoriales de color no coinciden con las evaluaciones de color instrumental, puesto que el tratamiento Ar, obtuvo los valores más altos en luminosidad y tono en la evaluación de color instrumental durante el almacenamiento, pero en la evaluación sensorial el tratamiento mejor evaluado fue He, lo que indica que no siempre una evaluación de color indica una buena evaluación sensorial. Por el contrario, el tratamiento O<sub>2</sub> obtuvo los valores más bajos en luminosidad y tono al final del almacenamiento, lo que significaría que presentó un mayor pardeamiento, lo que coincidió con la evaluación sensorial.



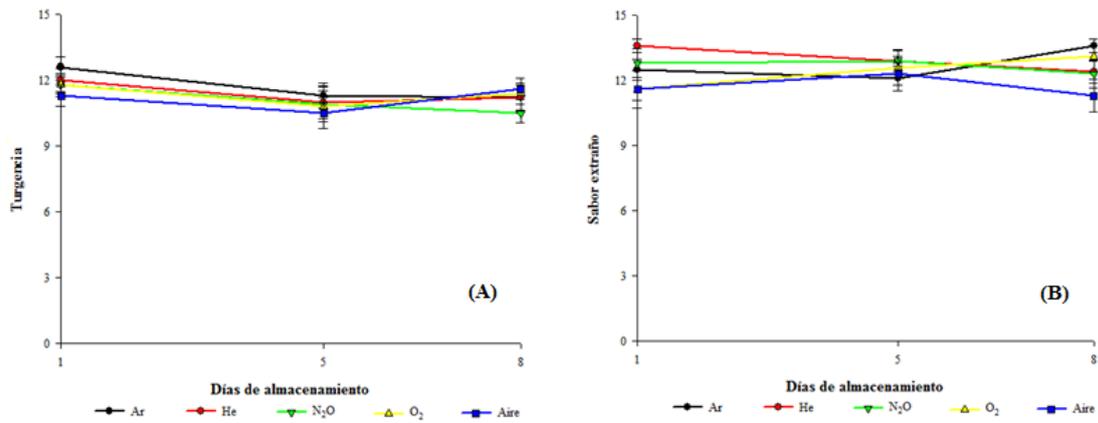
**Figura 11.** Variación de la intensidad de color en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días. Los valores son la media (n=10) ± ES.

**Turgencia:** este parámetro no mostró diferencias significativas entre tratamientos durante el almacenamiento (Apéndice I, Cuadro 5). El primer día de almacenamiento los valores oscilaron en un rango de 11,3 a 12,6, que luego de 5 días disminuyó entre 10,5 y 11. Finalmente luego de 8 días los valores oscilan en un rango de 10,5 a 11,6 (Figura 12A). Luego de ese día los germinados de soya no fueron aptos para el consumo ya que presentaron malos olores.

**Sabores extraños:** no hubo diferencias significativas entre tratamientos durante el almacenamiento (Apéndice I, Cuadro 5). El primer día de almacenamiento los valores

oscilaron en un rango de 11,6 a 13,6. Luego de 5 días los valores oscilaron en un rango de 12,1 a 12,9. Finalmente tras 8 días de almacenamiento osciló en un rango de 11,3 a 13,6 (Figura 12B). Luego de ese día los germinados de soya no fueron aptos para el consumo ya que presentaron malos olores.

En cuanto a sabores extraños, no se observó un efecto negativo de los gases no convencionales ni de las concentraciones de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$  que se alcanzaron dentro de los envases sobre el sabor del producto.



**Figura 12.** Variación de la turgencia (A) y sabores extraños (B) en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 8 días. Los valores son la media ( $n=10$ )  $\pm$  ES.

## ENSAYO II

### Introducción

En los productos MPF se han identificado diferentes compuestos funcionales como: ácidos fenólicos, antocianinas, flavonoides, glucosinolatos. El papel beneficioso de la dieta en la salud en muchos casos se asocia a la presencia de las sustancias antioxidantes naturales que desde un punto de vista bioquímico, se conocen como metabolitos secundarios de origen vegetal, que la planta sintetiza como mecanismos de defensa (Steinmetz y Potter, 1996).

### 2.1. Tasa respiratoria

Tras el procesamiento el tratamiento N<sub>2</sub>O (78,1 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (60,6 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), He (55,1 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), con alto O<sub>2</sub> (42,1 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) y Aire (65,7 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), además el tratamiento Aire tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos He y O<sub>2</sub>, asimismo los tratamientos Ar y He tuvieron valores significativamente más altos que el tratamiento O<sub>2</sub> (Apéndice II, Cuadro 1).

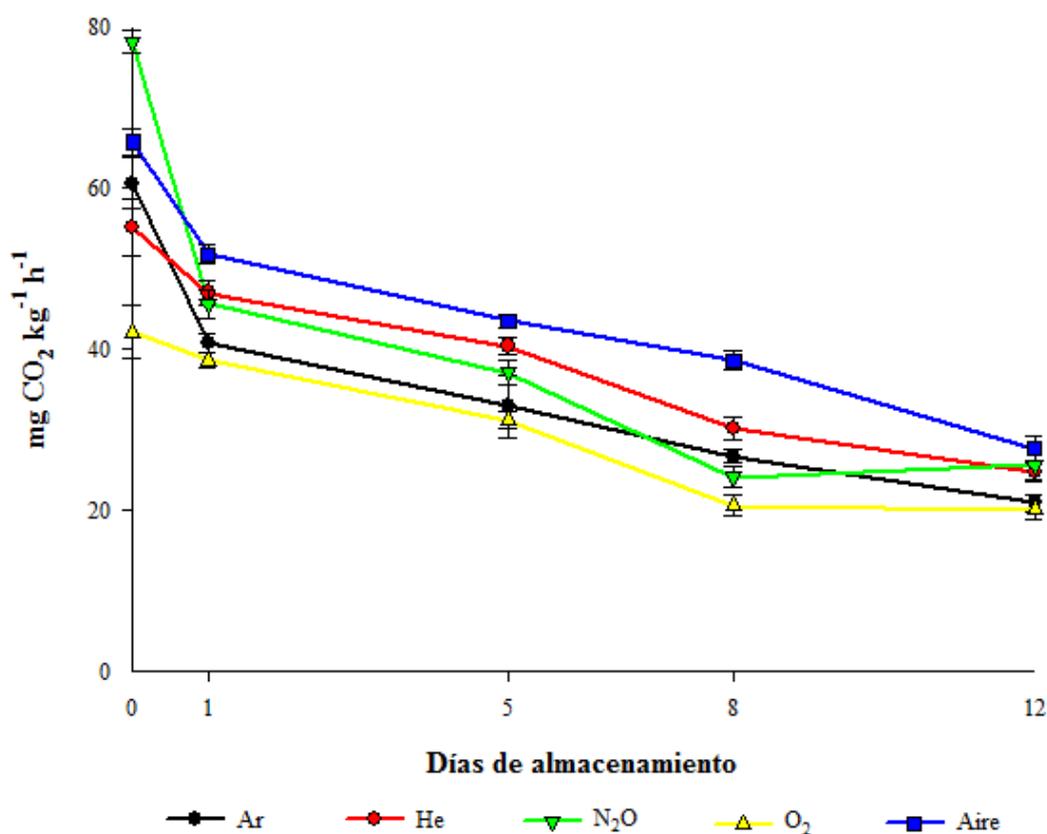
Al día 1, el tratamiento Aire (51,8 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (40,7 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), He (47 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), N<sub>2</sub>O (45,6 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) y O<sub>2</sub> (38,6 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), asimismo los tratamientos He y N<sub>2</sub>O tuvieron valores significativamente más altos que los tratamientos Ar y O<sub>2</sub>. Luego de 5 días de almacenamiento a 5 °C el tratamiento Aire (43,5 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (32,9 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), N<sub>2</sub>O (37,1 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) y O<sub>2</sub> (31,2 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), paralelamente el tratamiento He (40,4 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar y O<sub>2</sub>, además el tratamiento N<sub>2</sub>O presentó valores significativamente más altos que el tratamiento O<sub>2</sub>. Tras 8 días, el tratamiento Aire (30,1 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (26,7 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), He (30,1 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), N<sub>2</sub>O (24,1 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) y O<sub>2</sub> (20,6 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), asimismo el tratamiento He presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar, N<sub>2</sub>O y O<sub>2</sub>, además los tratamientos Ar y N<sub>2</sub>O presentaron valores significativamente más altos que el tratamiento O<sub>2</sub>. Luego de 12 días de almacenamiento a 5 °C los tratamientos He (24,8 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), N<sub>2</sub>O (25,7 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) y Aire (27,7 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) presentaron valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (20,9 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) y O<sub>2</sub> (20,1 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) (Figura 13).

Las tasas respiratorias más elevadas del ensayo II, respecto al primer ensayo, pueden deberse a una mayor manipulación de los germinados, lo cual estimularía la tasa respiratoria de éstos. Según Martínez-Sánchez (2008), el manejo de bajas temperaturas

de almacenamiento se hace fundamental para mantener controlados los efectos y consecuencias de estos aumentos o “desórdenes” en los procesos fisiológicos.

Por otro lado, los germinados procesados y almacenados con alto porcentaje de Ar, He, N<sub>2</sub>O y O<sub>2</sub>, fueron los que presentaron una menor tasa respiratoria, respecto al tratamiento Aire. Con estos resultados es posible deducir que, pese a tener un producto MPF, la tasa respiratoria se reduce al exponer el tejido a condiciones de AMA con gases no convencionales. En ambos ensayos el tratamiento con alto O<sub>2</sub> fue el que obtuvo la menor tasa respiratoria durante el almacenamiento.

Los cambios de la tasa respiratoria afectan notablemente la calidad durante el almacenamiento postcosecha de hortalizas mínimamente procesadas. Las variaciones de la tasa respiratoria causada por daños mecánicos de los tejidos y la temperatura utilizada, están estrechamente relacionados con la actividad metabólica de los vegetales (Viña y Chaves, 2007). Varoquaux *et al.* (1996) sugirieron que una alta tasa respiratoria en germinados de soya verde (*Vigna radiata* cv. desconocido) se debe principalmente a un crecimiento sustancial de microorganismos y que la subsecuente disminución corresponde a una progresiva muerte de los tejidos vegetales y a una estabilización del desarrollo microbiano. Lo último concuerda con lo planteado por Kays (1991), quien postuló que la tasa respiratoria decrece debido a la senescencia de los tejidos.



**Figura 13.** Evolución de la tasa respiratoria (mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) de germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días. Los valores son la media (n=3) ± ES.

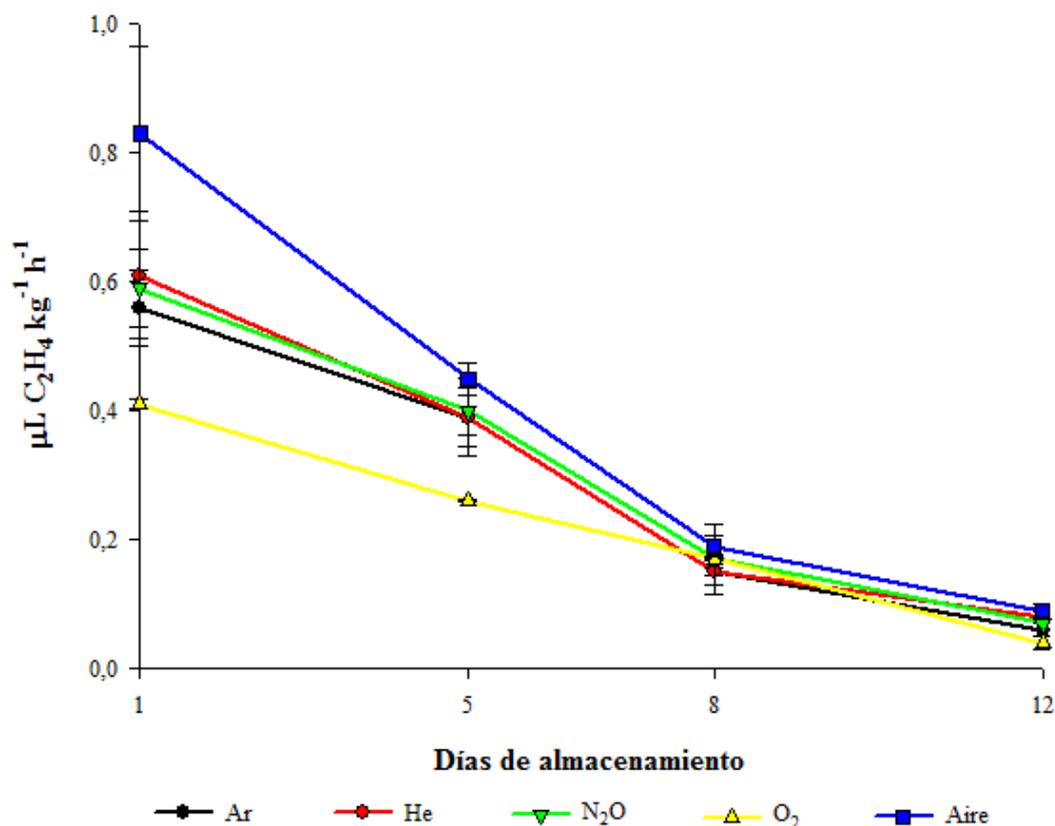
## 2.2. Producción de etileno

El primer día de almacenamiento a 5 °C el tratamiento Aire (0,83  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (0,56  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ),  $\text{N}_2\text{O}$  (0,59  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), y  $\text{O}_2$  (0,41  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ). El día 5 los tratamientos Ar (0,39  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), He (0,39  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ),  $\text{N}_2\text{O}$  (0,40  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), y Aire (0,45  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) presentaron valores significativamente más altos que el tratamiento  $\text{O}_2$  (0,56  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ). Luego de 8 días no se observaron diferencias significativas entre tratamientos oscilando en un rango de 0,15 a 0,19  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . Tras 12 días los tratamientos He (0,08  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) y Aire (0,09  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) presentaron valores significativamente más altos que el tratamiento  $\text{O}_2$  (0,04  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) (Figura 14).

En cuanto a los tratamientos con gases no convencionales en ambos ensayos mantuvieron baja y constante la producción de etileno durante los 12 días a 5 °C. En general, se observó que la producción de etileno se comportó de forma muy similar a la tasa respiratoria. El primer día el tratamiento Aire tuvo una alta tasa respiratoria y producción de etileno, para luego disminuir ambos parámetros durante el periodo de almacenamiento.

Kader (2002), señala que concentraciones de oxígeno mayores del 21% pueden influenciar la fisiología de postcosecha y la conservación de la calidad de las hortalizas, ya sea directa (vía la acción de radicales libres) o indirectamente (vía velocidades de producción o acción de  $\text{CO}_2$  y  $\text{C}_2\text{H}_4$ ). Se observó en el presente estudio, que el tratamiento con alto  $\text{O}_2$  tuvo los valores más bajos en la tasa respiratoria como en la producción de etileno.

Según Gorny (2003), atmósferas modificadas con bajo  $\text{O}_2$  y alto  $\text{CO}_2$  reducen la biosíntesis del etileno. Al ser los germinados de soya susceptible al etileno, el uso de estas atmósferas en el interior del envase, pueden reducir la producción de etileno y mejorar la apariencia de los germinados.



**Figura 14.** Evolución de la producción de etileno ( $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) de germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a  $5^\circ\text{C}$  durante 12 días. Los valores son la media ( $n=3$ )  $\pm$  ES.

### 2.3. Concentración de gases al interior de los envases

#### Evolución de la concentración de $\text{CO}_2$

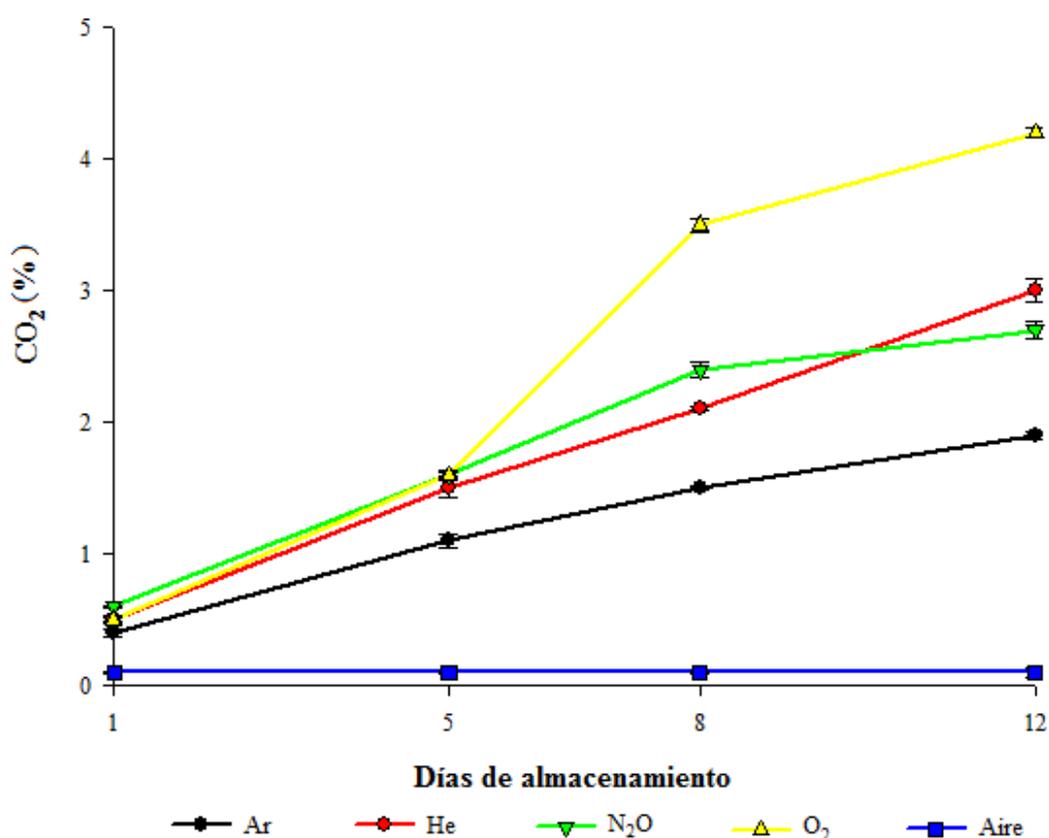
El tratamiento Aire, presentó concentraciones de  $\text{CO}_2$  de 0,1% durante todo el periodo de almacenamiento a  $5^\circ\text{C}$  (Figura 15).

El primer día se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos Ar (0,4%), He (0,5),  $\text{N}_2\text{O}$  (0,6%) y Aire (0,1%). Tras 5 días de almacenamiento el tratamiento Aire (0,1%) tuvo valores significativamente más bajos que los tratamientos He (1,5%),  $\text{N}_2\text{O}$  (1,6%) y  $\text{O}_2$  (1,6%). Luego de 8 días, el tratamiento con alto  $\text{O}_2$  (3,5%) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (1,5%), He (2,1%) y Aire (0,1%), además el tratamiento  $\text{N}_2\text{O}$  (2,4%) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar y Aire. Al mismo tiempo el tratamiento He tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento Aire.

En los tratamientos Ar, He,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{O}_2$  se observó un aumento de la concentración de  $\text{CO}_2$  durante 12 días de almacenamiento a  $5^\circ\text{C}$ , alcanzando valores de 1,9; 3,0; 2,7 y

4,2% de CO<sub>2</sub> respectivamente. Mientras que el tratamiento Aire tuvo 0,1%. En esta evaluación se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos.

Probablemente la permeabilidad del polímero utilizado pudo haber promovido una acumulación de CO<sub>2</sub>, dentro de la bolsa, lo que para este caso fue deseable debido a su efecto bacteriostático y mejora en la vida útil (Tardón, 2011). Estudios similares realizados por Varoquaux *et al.* (1996), indicaron que envases con diferentes permeabilidades en germinados de soya verde no consiguieron el estado de equilibrio en ningún momento del almacenamiento. Esta situación pudo deberse a que los germinados de porotos presentan una alta tasa respiratoria y deben ser empacados en películas microperforadas o microporosas (Day, 1990). Sin embargo, en el presente estudio se utilizaron bolsas de baja permeabilidad.



**Figura 15.** Evolución de la concentración (%) de CO<sub>2</sub> en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días. Los valores son la media (n=3) ± ES.

### Evolución en la concentración de O<sub>2</sub>

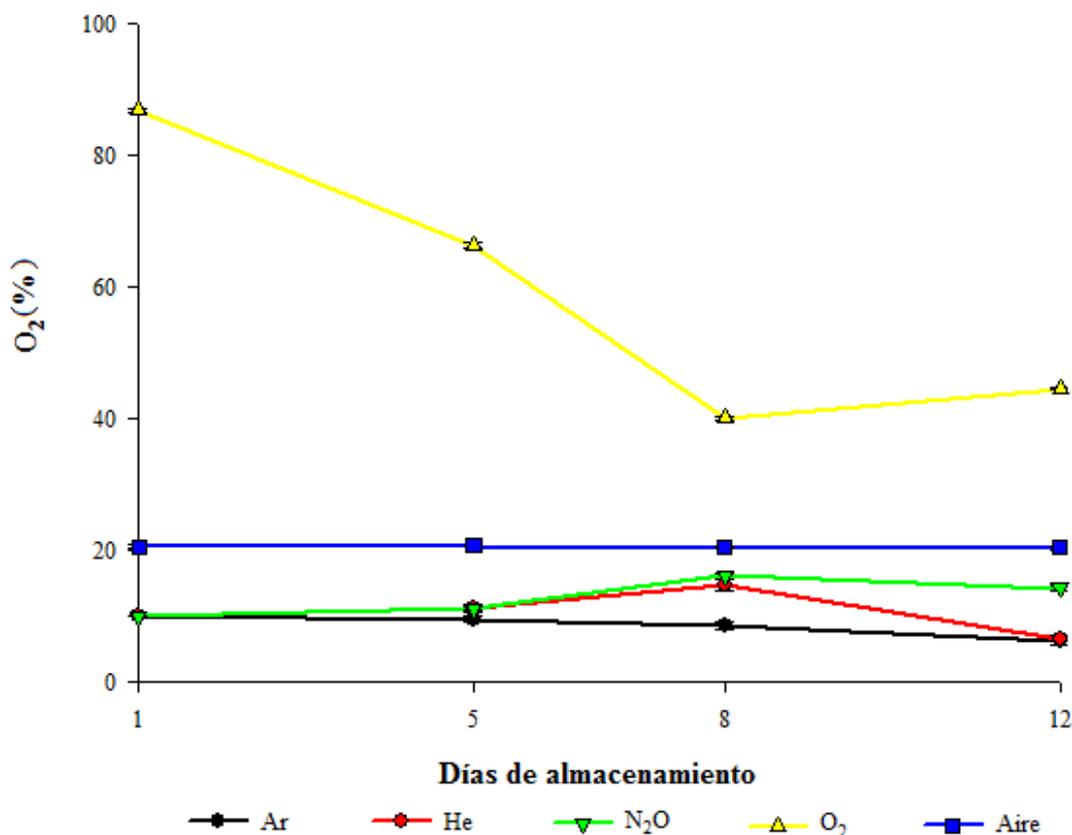
El tratamiento Aire presentó concentraciones de O<sub>2</sub> mayores de 20% durante todo el periodo de conservación (Figura 16).

El primer día de almacenamiento el tratamiento con alto O<sub>2</sub> (86,8%) presentó valores significativamente más altos que el tratamiento Aire (20,6%) y los tratamientos Ar, He, N<sub>2</sub>O que comenzaron con una concentración de O<sub>2</sub> de 10%, además se observó que el tratamiento Aire tuvo valores significativamente más alto que los tratamientos Ar, He y N<sub>2</sub>O. Tras 5 días, el tratamiento con alto O<sub>2</sub> (66,3%) presentó valores significativamente más altos que el tratamiento Aire (20,7%) y los tratamientos Ar (9,6%), He (11,3%) y N<sub>2</sub>O (11,1%), simultáneamente el tratamiento Aire presentó valores significativamente más altos los tratamientos Ar, He y N<sub>2</sub>O . Después de 8 días el tratamiento con alto O<sub>2</sub> (40,1%) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (8,7%), He (14,7%) y N<sub>2</sub>O (16,1%), al mismo tiempo se observó que el tratamiento Aire (20,5%) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar y He. Además se observó que el tratamiento Ar tuvo valores significativamente más bajos que el tratamiento N<sub>2</sub>O.

Luego de 12 días de almacenamiento a 5 °C el tratamiento con alto O<sub>2</sub> (44,6%) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (6,3%), He (6,6%) y N<sub>2</sub>O (14,3%). Además se observó que el tratamiento Aire tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar, He y N<sub>2</sub>O. Al mismo tiempo el tratamiento N<sub>2</sub>O tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar y He (Apéndice II, Cuadro 3).

Day (2001) ha reportado que el tratamiento de O<sub>2</sub> superatmosférico es un medio efectivo para inhibir tanto el crecimiento microbiano como el pardeamiento enzimático y prevenir reacciones de fermentación anaeróbica. Allende *et al.* (2004) sugirieron que la adición de O<sub>2</sub> superatmosférico a los tratamientos envasados de hojas de espinaca baby contribuyeron a disminuir la pérdida de electrolitos desde el tejido vegetal y a elevar las puntuaciones de calidad sensorial del producto, comparado con los tratamientos sin la adición de altas concentraciones de O<sub>2</sub>. También notaron que una atmósfera modificada prácticamente impermeable en dos niveles de O<sub>2</sub> (21 y 100% O<sub>2</sub> inicial) mostró reducciones significativas en el crecimiento de aerobios mesófilos comparadas con aquellas envasadas en películas perforadas.

Existe escasa información disponible sobre las concentraciones gaseosas recomendadas para germinados de soya. En otras hortalizas como cilantro, perejil y espinaca se ha estudiado que las concentraciones de O<sub>2</sub> deberían estar comprendidas entre 5 a 8% y las de CO<sub>2</sub> entre 5 a 10% (Kader, 2002). En base a esto, se puede concluir que el envase mantuvo porcentajes adecuados de O<sub>2</sub> (el mínimo fue de 6,3% de O<sub>2</sub>) y sobre los límites que generan anaerobiosis, evitando la formación de acetaldehídos, CO<sub>2</sub> y etanol los cuales producen sabores y olores indeseados en el producto y descomposición del tejido (Kader, 1986).



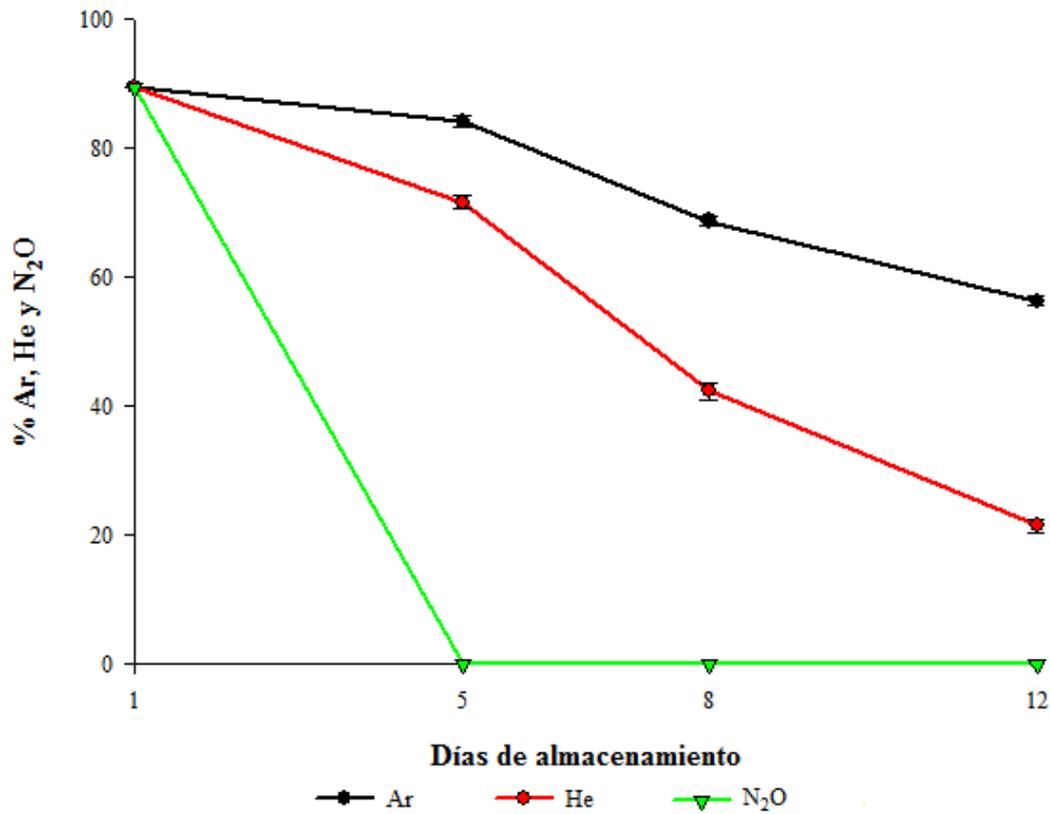
**Figura 16.** Evolución de la concentración (%) de O<sub>2</sub> en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días. Los valores son la media (n=3) ± ES.

### Evolución en la concentración de Ar, He y N<sub>2</sub>O

El tratamiento Ar tuvo una concentración de 89,5% el día 1, que luego disminuyó hasta 84,2% el día 5 y después de 8 días tuvo un valor de 68,7%, para finalizar el día 12 con 56,3 % (Figura 17).

Así mismo ocurrió con el tratamiento He que tuvo una alta concentración de dicho gas hasta el día 5, habiendo alcanzado 89,5% el primer día, disminuyendo a 71,6% el día 5, que luego de 8 días alcanzó 42,3%, finalizando con 21,5% el día 12 (Figura 17).

En cuanto al tratamiento N<sub>2</sub>O, el día 1 presentó un 89,4% de N<sub>2</sub>O, mientras que el día 5 decayó a 0% hasta el final del periodo (Figura 17).



**Figura 17.** Evolución de la concentración de los gases Ar, He y N<sub>2</sub>O (%) en los tratamientos Ar, He y N<sub>2</sub>O en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días. Los valores son la media (n=3) ± ES.

Los tratamientos Ar y He mantuvieron una atmósfera enriquecida del gas no convencional hasta el día 5 con un 84,2% y 71,6% de Ar y He, respectivamente, esto probablemente debido a la gran diferencia de concentración dentro y fuera del envase (en la atmósfera del aire hay menos de 1%). Además, el Ar y el He son gases monoatómicos y de tamaño pequeño capaz de difundir rápidamente a través de la película plástica (Saltveit, 2003). En el tratamiento N<sub>2</sub>O, se obtuvo una alta concentración de este gas que sólo se logró el primer día con 89,4% de N<sub>2</sub>O, esto puede deberse a que este gas presenta una estructura química lineal lo cual le confiere una alta solubilidad (Gouble *et al.*, 1995) y por ende, es capaz de difundir por la película plástica más rápidamente, en comparación al resto de los gases mencionados. Este último tratamiento fue el que menos mantuvo su condición de alta atmósfera, debido a la alta pérdida de N<sub>2</sub>O que ocurrió en los envases, por ende, el efecto del N<sub>2</sub>O sobre los parámetros en estudio, sólo pudieron evaluarse en los primeros días de almacenamiento. Araneda (2012), obtuvo una respuesta similar en hojas de berros a 5 °C, donde observó una mayor pérdida de N<sub>2</sub>O a partir del día 3, en relación del Ar y He.

#### 2.4. Color

**Luminosidad:** Los tratamientos no presentan diferencias significativas, oscilando en un rango de 67,4 a 69,4 el día 1 y en un rango de 63,2 a 64,8 el día 5. Luego de 8 días el

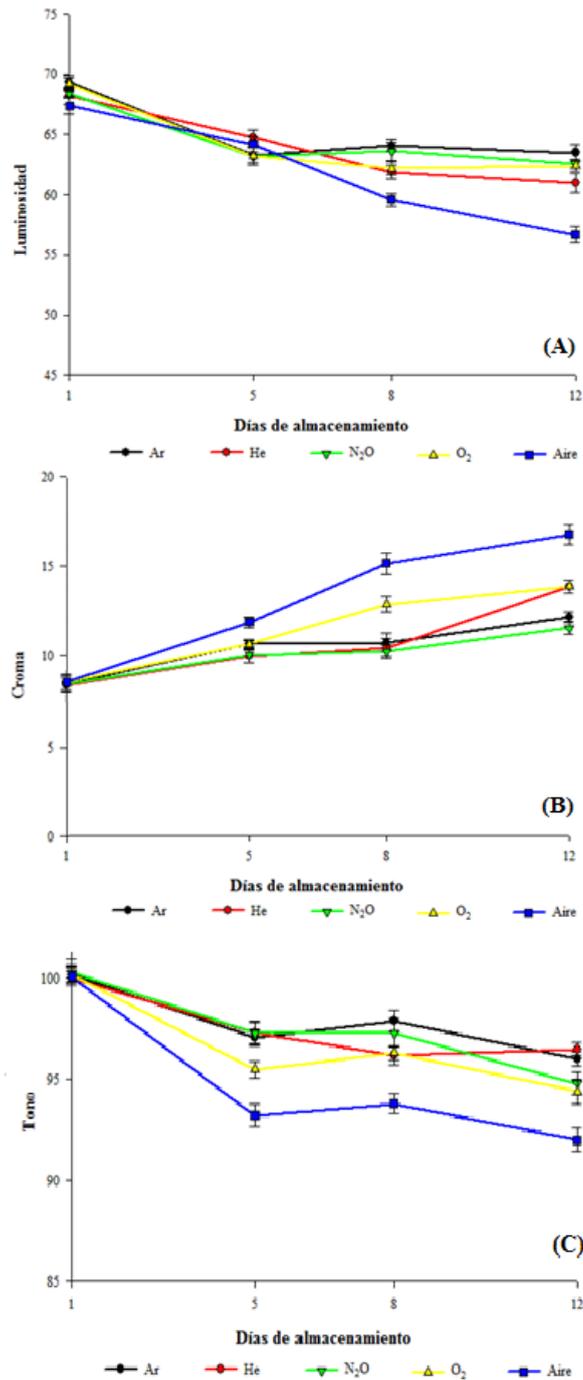
tratamiento Ar (64,1) tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento Aire (59,6). Tras 12 días se observó que el tratamiento Aire (56,7) tuvo valores significativamente más bajos que los tratamientos Ar (63,5), N<sub>2</sub>O (62,6) y O<sub>2</sub> (62,4) (Figura 18A). Los hipocotilos del tratamiento Aire presentaron un color más oscuro que el resto de los tratamientos.

**Croma:** El día 1 no se observaron diferencias significativas, oscilando en un rango de 8,4 a 8,6. Luego de 5 días el tratamiento Aire (11,9) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos He (10) y N<sub>2</sub>O (10,1). Tras 8 días el tratamiento Aire (15,2) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (10,8), He (10,5), N<sub>2</sub>O (10,3) y O<sub>2</sub> (12,9), al mismo tiempo el tratamiento O<sub>2</sub> tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar, He y N<sub>2</sub>O. Finalmente, luego de 12 días el tratamiento Aire (16,8) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (12,2), He (13,9), N<sub>2</sub>O (11,6) y O<sub>2</sub> (13,9). El tratamiento aire presentó mayor pardeamiento que los tratamientos con gases no convencionales (Figura 18B).

**Tono:** El primer día de almacenamiento no se observan diferencias significativas, oscilando en un rango de 100 a 100,3. El día 5, el tratamiento Aire (93,2) tuvo valores significativamente menores que los tratamientos Ar (97,1), He (97,3) y N<sub>2</sub>O (97,3). Tras 8 días el tratamiento Aire (93,8) tuvo valores significativamente menores que los tratamientos Ar (97,9) y N<sub>2</sub>O (97,3). Luego de 12 días el tratamiento Aire (92) tuvo valores significativamente menores que los tratamientos Ar (97) y He (96,5) (Figura 18C). El tratamiento Aire tras 12 días de almacenamiento a 5 °C tuvo una tonalidad más amarilla que los tratamientos Ar y He.

A lo largo del almacenamiento, se observó una disminución en los valores del tono en todos los tratamientos, la reducción en el parámetro tono corresponde al incremento del amarillo relacionado con la marchitez y senescencia del producto (Gonçalves *et al.*, 2009). Sin embargo, las diferencias de color observadas entre los germinados tratados con distintos gases no convencionales se explicaron estadísticamente con respecto a los parámetros L y C\* (Figura 7).

En ambos ensayos, la variación en los parámetros de color fue menor en el tratamiento Ar, ya que obtuvo una mayor luminosidad y tono, lo que significa que presentó un menor pardeamiento. Mientras que los tratamientos que presentaron la mayor variación en estos parámetros fueron los germinados tratados con alto O<sub>2</sub> y Aire envasados bajo AM.

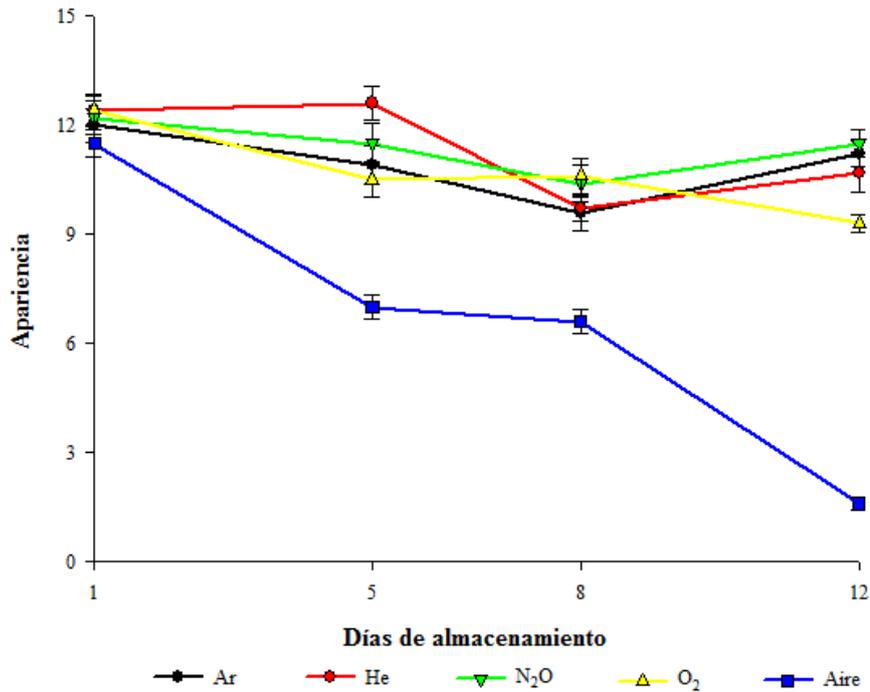


**Figura 18.** Valores de los parámetros luminosidad (A), croma (B) y tono (C) en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días. Los valores son la media ( $n=10$ )  $\pm$  ES.

## 2.5. Evaluación sensorial

**Apariencia:** El primer día no se presentaron diferencias significativas, oscilando en un rango de 11,5 a 12,4. Tras 5 días el tratamiento Aire (7) tuvo valores significativamente menores que los tratamientos Ar (10,9), He (12,6), N<sub>2</sub>O (11,5) y O<sub>2</sub> (10,5). Tras 8 días, el tratamiento Aire (6,6) tuvo valores significativamente menores que los tratamientos N<sub>2</sub>O (10,4) y O<sub>2</sub> (10,6). Después de 12 días se observó que el tratamiento Aire (1,6) tuvo valores significativamente menores que los tratamientos Ar (11,2), He (10,7), N<sub>2</sub>O

(11,5) y O<sub>2</sub> (9,3). Además el tratamiento N<sub>2</sub>O tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento O<sub>2</sub> (Figura 19). Siendo el tratamiento N<sub>2</sub>O el mejor evaluado en apariencia.



**Figura 19.** Variación de la apariencia en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días. Los valores son la media (n=10) ± ES.

**Intensidad de color:** El primer día no se observaron diferencias significativas, oscilando en un rango de 12,9 a 13,5. Tras 5 días de almacenamiento se observó que el tratamiento Ar (12,7) tuvo valores significativamente mayores que el tratamiento Aire (10). Luego de 8 días se observó que el tratamiento Aire (6,3) tuvo valores significativamente menores que los tratamientos He (9,8) y N<sub>2</sub>O (9). Finalmente, después de 12 días no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, oscilando en un rango de 4,2 a 7,4 (Figura 20).

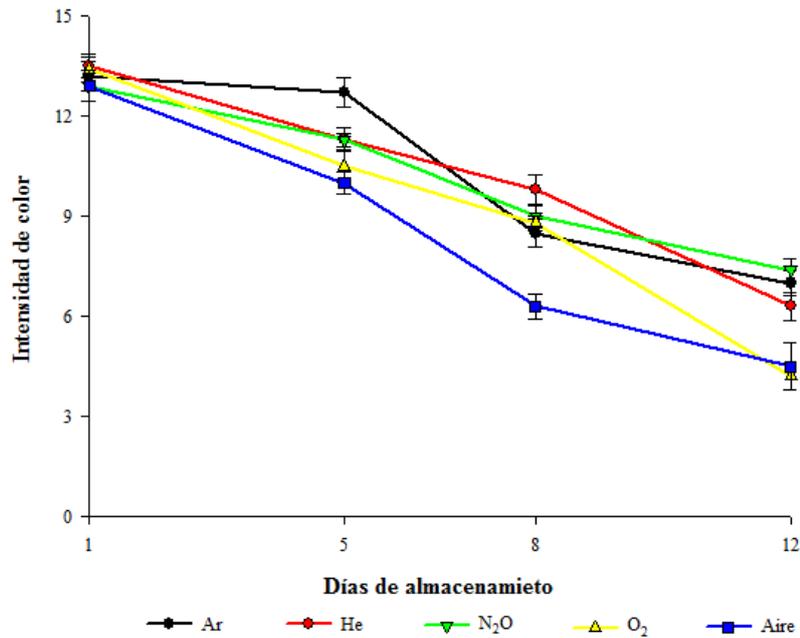
Los mayores problemas asociados con vegetales mínimamente procesados son el desarrollo de pardeamiento, ablandamiento de tejidos, fuertes olores desagradables y pudrición, (López-Gálvez *et al.*, 1997). En el caso de los germinados de soya conservados bajo atmósfera modificada, la pérdida de calidad visual no se asocia aparentemente con signos de deshidratación, ablandamiento de tejidos ni pudrición, sino más bien al cambio paulatino de color blanco-amarillo a pardo en hipocotilos y raíces, y de verde-amarillo a pardo en cotiledones, concluyendo por lo tanto, que la apariencia y la intensidad de color están íntimamente relacionadas. Lo anterior está en concordancia con lo planteado por otros autores, quienes observaron que en muchos “commodities” la tasa de pardeamiento determina la vida útil sensorial (Jacxsens *et al.*, 2001), por lo tanto, las características visuales son muy importantes para la diferenciación de calidad en la compra (Ragaert *et al.*, 2007).

Se puede deducir en este ensayo, que los criterios utilizados por el panel para evaluar apariencia no sólo estuvieron afectados por la pérdida de color (pardeamiento), puesto que la intensidad de color obtuvo valores menores que la apariencia. Estas mayores puntuaciones se podrían explicar por una buena calidad inicial del producto, con hipocotilos gruesos y sin defectos notorios. Tampoco se manifestaron signos de deshidratación, ablandamiento de tejidos ni pudrición, que sí fueron visibles en el tratamiento Aire.

El tratamiento Aire presentó una disminución paulatina de la buena apariencia a través del tiempo, esto fue una respuesta esperada, ya que los envases presentaban la misma concentración atmosférica que el aire, por lo que ocurrió el deterioro normal del vegetal. En cuanto, los tratamientos Ar y N<sub>2</sub>O, mantuvieron una calidad más que aceptable durante todo el periodo. Si bien, esto no permite concluir que el argón tuvo un efecto positivo en sí mismo, indicaría que la concentración gaseosa dentro de los envases provocó un efecto sobre la calidad sensorial de los germinados de soya, debido a que ambos tratamientos presentaron durante todo el periodo de almacenamiento concentraciones de CO<sub>2</sub> en un rango de 0,4 a 3% y de O<sub>2</sub> de 15,1% a 6,3%. Estos resultados concuerdan con estudios realizados en otros productos hortícolas (Gómez y Artés, 2005; Arvanitoyannis *et al.*, 2011), en el cual se observó que el AMP mejora la calidad sensorial, debido fundamentalmente a la relación que tiene la modificación de atmósfera con el menor deterioro de los productos (Gómez y Artés, 2005).

En cuanto a intensidad de color, los tratamientos que presentaron mayor intensidad del color blanco fueron Ar, N<sub>2</sub>O y He. Sin embargo, sólo los dos primeros tratamientos tuvieron una buena apariencia. El color amarillento y la mala apariencia evaluada por los jueces en el tratamiento He, se pudo deber a que los germinados de soya en este tratamiento estuvieron humedecidas, ya que se generó un vacío dentro del envase, disminuyendo el volumen de éste y permitiendo que el vapor de agua mojara los germinados haciéndolos ver más oscuros. Esto indica que no siempre una buena evaluación del color implica una buena apariencia del producto.

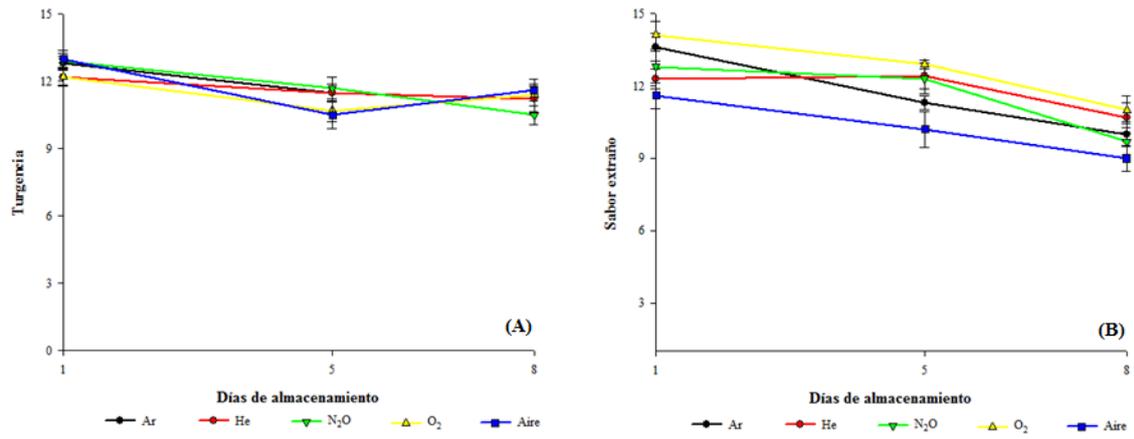
En cuanto a sabores extraños, no habría un efecto negativo de los gases no convencionales ni de las concentraciones de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> que se alcanzaron dentro de los envases sobre el sabor del producto.



**Figura 20.** Variación de la intensidad de color en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días. Los valores son la media (n=10) ± ES.

**Turgencia:** este parámetro no mostró diferencias significativas entre tratamientos durante el almacenamiento (Apéndice II, Cuadro 5). El primer día los valores oscilaron en un rango de 12,2 a 13, que luego de 5 días desciende a un rango de 10,5 a 11,7; finalmente tras 8 días de almacenamiento los valores oscilan en un rango de 10,5 a 11,6 (Figura 21A). Luego de ese día los germinados de soya no fueron aptos para el consumo ya que presentaron malos olores.

**Sabores extraños:** no hubo diferencias significativas entre tratamientos durante el almacenamiento (Apéndice II, Cuadro 5). El primer día los valores oscilaron en un rango de 11,6 a 14,1, que luego de 5 días los valores oscilaron en un rango de 10,2 a 12,9; finalmente tras 8 días de almacenamiento osciló en un rango de 9,7 a 11 (Figura 21B). Luego de ese día los germinados de soya no fueron aptos para el consumo ya que presentaron malos olores.



**Figura 21.** Variación de la turgencia (A) y sabores extraños (B) en germinados de soja bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días. Los valores son la media ( $n=10$ )  $\pm$  ES.



**Figura 22.** Evolución del color y la apariencia en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días.

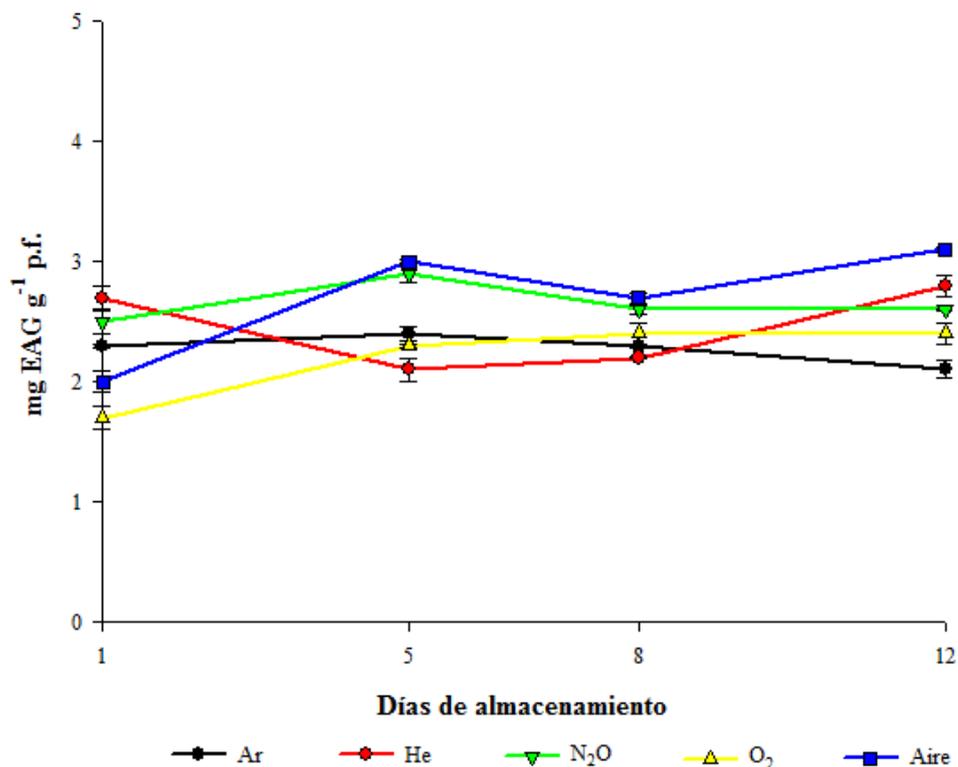
## 2.6. Concentración de fenoles totales

La concentración de fenoles totales presentó diferencias significativas durante el almacenamiento. El día 1 el tratamiento He (2,7 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.) obtuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (2,3 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.), O<sub>2</sub> (1,7 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.) y Aire (2,0 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.), además se observó que el tratamiento O<sub>2</sub> tuvo valores significativamente más bajos que los tratamientos Ar y N<sub>2</sub>O (2,5 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.). Al cabo de 5 días el tratamiento Aire (3,0 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (2,4 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.), He (2,1 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.) y O<sub>2</sub> (2,3 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.), asimismo el tratamiento N<sub>2</sub>O (2,9 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos He y O<sub>2</sub>. Luego de 8 días, el tratamiento Aire (2,7 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (2,3 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.), He (2,2 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.), N<sub>2</sub>O (2,6 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.) y O<sub>2</sub> (2,4 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.), igualmente el tratamiento N<sub>2</sub>O tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento He. Finalmente tras 12 días el tratamiento Aire (3,1 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (2,1 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.) y O<sub>2</sub> (2,4 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.), también el tratamiento He (2,8 mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.) tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento Ar (Apéndice II, Cuadro 6).

Estos resultados sugieren que no hubo un efecto significativo del procesamiento ni de los tratamientos sobre la concentración de fenoles totales de germinados de soya. Los germinados presentaron valores similares durante el almacenamiento. Estudios realizados en tomate, concluyeron que la concentración de compuestos fenólicos no fue afectado por las operaciones del mínimo proceso (Odriozola *et al.*, 2008). Lo mismo ocurrió en hojas enteras y picadas de espinacas, almacenadas durante 7 días a 4 °C, en la cual no se encontraron diferencias en la concentración de fenoles totales (Bottino *et al.*, 2009).

Según Char *et al.* (2012), en hojas de rúcula tras 7 días a 5 °C envasadas en atmósferas de Ar, He y N<sub>2</sub> presentaron concentraciones de fenoles restaurados e incluso los tratamientos He y N<sub>2</sub> fueron significativamente superiores a la materia prima. Tomás-Callejas *et al.* (2011), en acelga envasadas en atmósferas modificadas activa con O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, He y N<sub>2</sub>O, obtuvieron después de 8 días a 5 °C un incremento de 61 a 93% con respecto al valor inicial, atribuyendo este comportamiento con el fenómeno de la herida inducida en el metabolismo fenólico.

En estudios realizados en hojas de rúcula, almacenadas en atmósfera controlada con 5 % de O<sub>2</sub> y 5 ó 10 % de CO<sub>2</sub> a 4 °C, después de 14, Martínez-Sánchez (2008) obtuvo valores entre 1,38 y 1,52 mg ácido clorogénico (AC)·g<sup>-1</sup> p.f. significativamente superiores al aire con 0,6 mg AC·g<sup>-1</sup> p.f.



**Figura 23.** Variación de la concentración de fenoles totales (mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.) en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días. Los valores son la media (n=3) ± ES.

Además se pudo observar que todos los tratamientos, tuvieron un efecto beneficioso sobre la concentración de compuestos fenólicos, debido probablemente a que no hubo una degradación de estos. Interesante es lo que ocurrió en el tratamiento Aire, en el cual tampoco hubo una disminución de los fenoles totales de los extractos. Estos resultados difieren de lo encontrado por Gil *et al.* (1998) quienes observaron una disminución de la concentración fenólica en acelga “Swiss chard” bajo condiciones de aire, mientras que en EAM aumentó este parámetro.

La mantención de los fenoles totales al final del almacenamiento pudo deberse a la acción de la enzima PAL (fenilalanina amino-liasa), esta es la clave del metabolismo de fenoles, acumulación de ligninas y flavonoides (Tomas-Barberán *et al.*, 1997); su actividad es estimulada por el mínimo proceso (corte, centrifugado, envasado, radiación), baja disponibilidad de nutrientes y la luz (Taiz y Zeiger, 2010), por tanto, continuó la transcripción de PAL, así mismo, la síntesis de compuestos fenólicos.

Las isoflavonas son polifenoles que tienen una estructura similar a los estrógenos y pueden exhibir efectos estrogénicos, por lo tanto, han sido llamados fitoestrógenos (Lee *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2013). Los fitoestrógenos se encuentran en grandes cantidades en la soya (Reinli y Block, 1996).

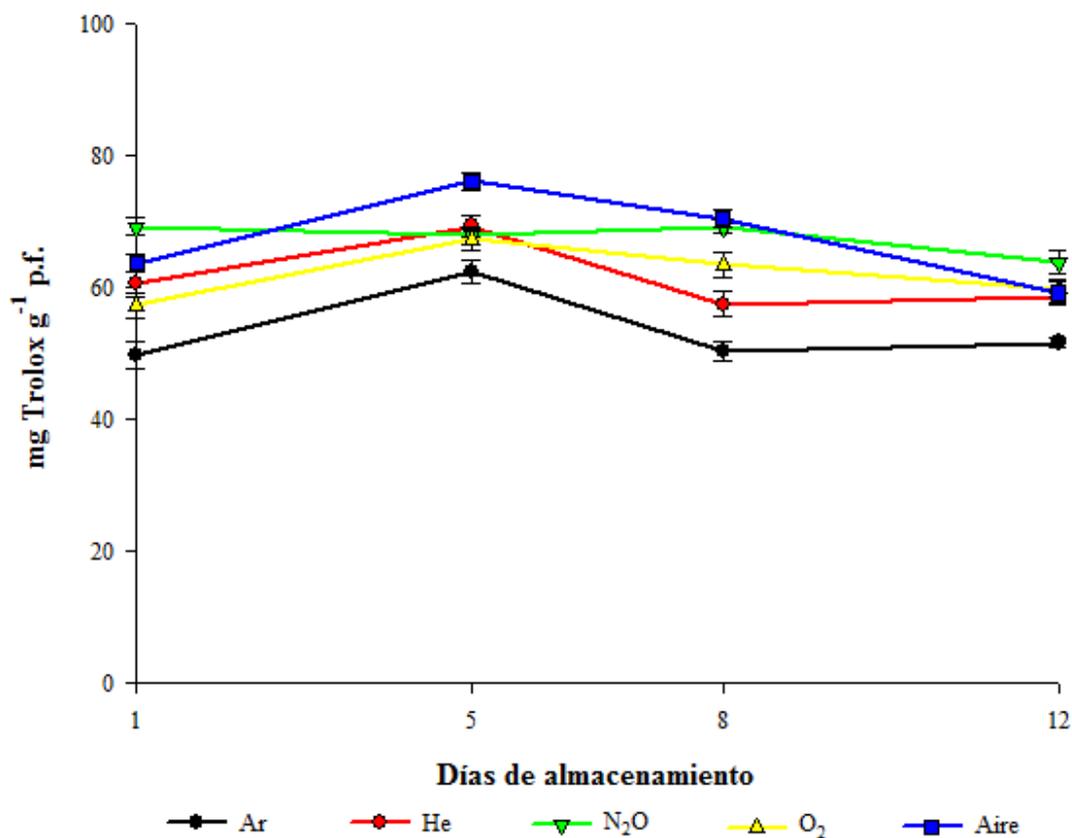
En un estudio realizado en India en germinados de soya, el contenido de flavonoides totales representó el 71% del contenido de fenoles totales (CFT). El contenido de isoflavonas registró un valor de 0,682 mg  $g_{ps}^{-1}$  y un CFT de 25,5 mg EAG  $g_{ps}^{-1}$  (Akitha Devi *et al.*, 2009).

Germinados de poroto mungo (*Vigna mungo* L.) a diferentes densidades de plantación durante 4 días, presentaron un contenido de fenoles totales entre 8 y 14 mg EAG  $g_{ps}^{-1}$  (Choon *et al.*, 2010).

Cevallos-Casals y Cisneros-Zevallos (2010), reportaron para semilla de soya un contenido de fenoles totales de 2 mg EAC  $g_{p.f.}^{-1}$  (Equivalentes de Ácido Clorogénico), para semilla embebida un valor de 1,0 mg EAC  $g_{p.f.}^{-1}$  y para soya con 7 días de germinación un valor de 1,5 mg EAC  $g_{p.f.}^{-1}$ . Estos autores sugirieron un efecto de dilución de los fenoles después de la imbibición y crecimiento, debido a un incremento en la absorción de agua.

## 2.7. Actividad antioxidante total

La actividad antioxidante total presentó diferencias significativas durante el almacenamiento. El día 1 el tratamiento  $N_2O$  (69,2 ET  $g^{-1}$  p.f.) obtuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (49,8 ET  $g^{-1}$  p.f.),  $O_2$  (57,3 ET  $g^{-1}$  p.f.), además se observó que el tratamiento Aire (63,7 ET  $g^{-1}$  p.f.) tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento Ar. Al cabo de 5 días no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, oscilando en un rango de 62,4 a 76,1 ET  $g^{-1}$  p.f. Luego de 8 días el tratamiento Aire (70,5 ET  $g^{-1}$  p.f.) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (50,4 ET  $g^{-1}$  p.f.) y He (57,5 ET  $g^{-1}$  p.f.), igualmente los tratamientos  $N_2O$  (69,2 ET  $g^{-1}$  p.f.) y  $O_2$  (63,5 ET  $g^{-1}$  p.f.) tuvieron valores significativamente más altos que el tratamiento Ar. Finalmente tras 12 días el tratamiento  $N_2O$  (63,9 ET  $g^{-1}$  p.f.) tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento Ar (51,7 ET  $g^{-1}$  p.f.) (Apéndice II, Cuadro 7).



**Figura 24.** Variación de capacidad antioxidante ( $\text{mg Trolox g}^{-1}$  p.f.) en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 12 días. Los valores son la media ( $n=3$ )  $\pm$  ES.

Reyes *et al.* (2007) señalan que la capacidad antioxidante de algunos vegetales almacenados a  $2^{\circ}\text{C}$  es positivamente influenciado por el corte, y que el efecto de este sobre los fenoles y otros compuestos con actividad antioxidante depende del tejido. En investigaciones realizadas en espinaca entera y mínimamente procesada almacenada a  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , se observó un aumento de la capacidad antioxidante luego de las operaciones de corte, debido al estrés que éste produce (Bottino *et al.*, 2009). Los compuestos fenólicos son sustancias involucradas en el mantenimiento de la capacidad antioxidante de un tejido (Andrade-Cuvi *et al.*, 2010). Pero en un estudio de Martínez-Sánchez *et al.* (2006) en rúcula, señalan que la capacidad antioxidante podría ser atribuida a otros compuestos que no fueron determinados en dicho estudio. La capacidad antioxidante de los vegetales es conocida por depender de un amplio número de compuestos. Se ha indicado que varios fitoquímicos como flavonoides, ácidos fenólicos, aminoácidos, ácido ascórbico, tocoferoles y pigmentos podrían contribuir con la actividad antioxidante de un vegetal (Chu *et al.*, 2000 citado por Viña y Chaves, 2006). Por lo tanto no es posible determinar de este estudio una correlación positiva entre fenoles totales y capacidad antioxidante, porque existen otros factores que no fueron evaluados en el presente estudio. Degl'innocenti *et al.* (2007), sostiene que el contenido de fenoles totales en los productos vegetales puede verse afectado significativamente por el procesamiento y almacenamiento; además por la fecha de siembra y de cosecha, estadio,

estado de madurez al momento de la cosecha y cantidad de rebrotes al momento de procesar (Martínez-Sánchez, 2008).

Según Bottino *et al.* (2009), hay diferentes opiniones sobre la correlación entre contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante, algunos autores reportan correlación positiva, mientras otros una negativa. Las opiniones sobre este tema son diversas: Gorinstein *et al.* (2004) han demostrado que existe una correlación significativa entre la capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales. Eberhardt *et al.* (2000), sugirió que la compleja mezcla de antioxidantes en frutas y hortalizas proporcionan beneficios sobre la salud, principalmente a través de la combinación de efectos aditivos y sinérgicos, por tanto en su medición debe procurarse ocupar uno o varios métodos que informen y cuantifiquen la mayoría de ellos. Pellegrini *et al.* (1999), demostraron que mediante la técnica TEAC (capacidad antioxidante en mg Trolox equivalentes) es posible medir capacidad antioxidante en productos vegetales ricos en carotenoides, sin embargo esta actividad *in vitro* no necesariamente refleja las condiciones fisiológicas celulares, ni considera la biodisponibilidad y metabolismo de sus componentes, de aquí la importancia a hacer mediciones *in vivo* y respaldar los resultados con pruebas complementarias.

Reyes *et al.* (2007), postula que el comportamiento de los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante varía según la especie y el tipo de tejido. El incremento o disminución de estos compuestos y sus actividades antioxidantes van a depender de la naturaleza y comportamiento del compuesto fenólico que el tejido presente. Con esto queda claro que la relación positiva y lineal entre los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante no se manifiesta en todos los casos. Finalmente, como fue mencionado, la razón más clara al aumento de la capacidad antioxidante fue el corte y manipulación de los tejidos, lo cual genera incrementos en la actividad antioxidante en los vegetales (Zhan *et al.*, 2009).

Char *et al.* (2012), en hojas de rúcula conservados a 5 °C, encontraron que después de 7 días atmósferas ricas en He y N<sub>2</sub> mostraron un aumento significativo en su capacidad antioxidante del 50% respecto al día 1, mientras que los demás tratamientos mantuvieron sus cantidades iniciales. Esta respuesta podría deberse a que la actividad antioxidante se ve afectada significativamente por el procesamiento y el almacenamiento.

## **2.8. Concentración de azúcares**

Los cromatogramas no evidenciaron la presencia de sacarosa. El cromatógrafo detectó fructosa y glucosa, cuyas curvas se sobrepusieron en los gráficos, por tal motivo, se realizó la sumatoria de ambos monosacáridos, analizándolos como glucosa en su totalidad.

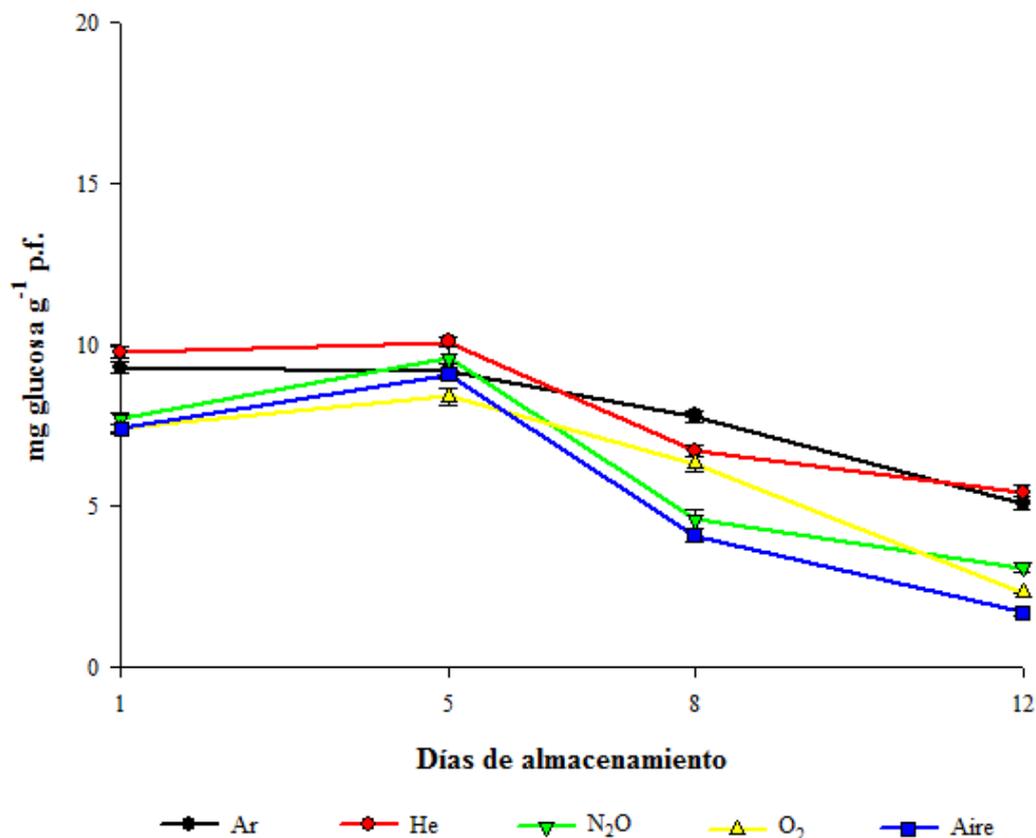
La concentración de azúcares presentó diferencias significativas durante el almacenamiento. El día 1 no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, oscilando en un rango de 7,4 a 9,8 mg glucosa  $\text{g}^{-1}$  p.f. Al cabo de 5 días el tratamiento He (10,1 mg. glucosa  $\text{g}^{-1}$  p.f.) tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento  $\text{O}_2$  (8,4 mg. glucosa  $\text{g}^{-1}$  p.f.). Luego de 8 días no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, oscilando en un rango de 4,1 a 7,8 mg. glucosa  $\text{g}^{-1}$  p.f. Finalmente tras 12 días los tratamientos Ar (5,1 mg  $\text{g}^{-1}$  p.f.) y He (5,4 mg  $\text{g}^{-1}$  p.f.) tuvieron valores significativamente más altos que los tratamientos  $\text{N}_2\text{O}$  (3,1 mg  $\text{g}^{-1}$  p.f.),  $\text{O}_2$  (2,3 mg  $\text{g}^{-1}$  p.f.) y Aire (1,7 mg  $\text{g}^{-1}$  p.f.) (Apéndice II, Cuadro 8).

En turiones de espárragos y pepinos cortados en rodajas conservadas a 5 °C, en atmósferas de 21%  $\text{O}_2$  y 79% Ar ó  $\text{N}_2$ , aumentaron la concentración de glucosa y sacarosa, con respecto al aire (Sidorkin *et al.*, 1989, citado por Artés-Hernández *et al.*, 2009).

Villatoro (2011), encontró que la glucosa, al ser producto de la fotosíntesis primaria, fue el azúcar predominante en hojas de rúcula, alcanzando valores de 6,24 y 7,72  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  p.f. Este azúcar representó más del 70% de los hidratos de carbono solubles totales; la sacarosa, fructosa, arabinosa, galactosa y manosa se encontraron en concentraciones inferiores a 0,4  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  p.f.

Varoquaux *et al.* (1996) encontraron en germinados de soya verde (*Vigna radiata*, cv. desconocido) almacenados a 8 °C contenidos iniciales aproximados de 9  $\text{mg g}_{\text{p.f.}}^{-1}$  de mono y disacáridos, principalmente fructosa, glucosa y sacarosa. Los contenidos de azúcar aumentaron inmediatamente después del envasado y alcanzaron 12  $\text{mg g}_{\text{p.f.}}^{-1}$  dentro de 5 días y fue independiente de la permeabilidad de la película. Desde entonces, disminuyeron debido tanto al metabolismo de la planta como al de los microorganismos. Valores de 10,5; 8,5 y 5,5  $\text{mg g}_{\text{p.f.}}^{-1}$  se encontraron después de 7, 9 y 12 días de almacenamiento respectivamente. Durante la germinación, los oligosacáridos de la semilla tales como estaquiosa y rafinosa son convertidos a monosacáridos digeribles (Kim *et al.*, 1993).

En el presente estudio no se reportó efectos positivos en el contenido de azúcares en ninguno de los tratamientos, ya que todos disminuyeron su contenido.



**Figura 25.** Variación de la concentración de azúcar ( $\text{mg glucosa g}^{-1}$  p.f.) en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 12 días. Los valores son la media ( $n=3$ )  $\pm$  ES.

## 2.9. Concentración de vitamina C

El cromatógrafo detectó ácido ascórbico (AA) y ácido dehidroascórbico (DHA), para determinar la cantidad de vitamina C se realizó la sumatoria de ambos ácidos, analizándolos como vitamina C en su totalidad.

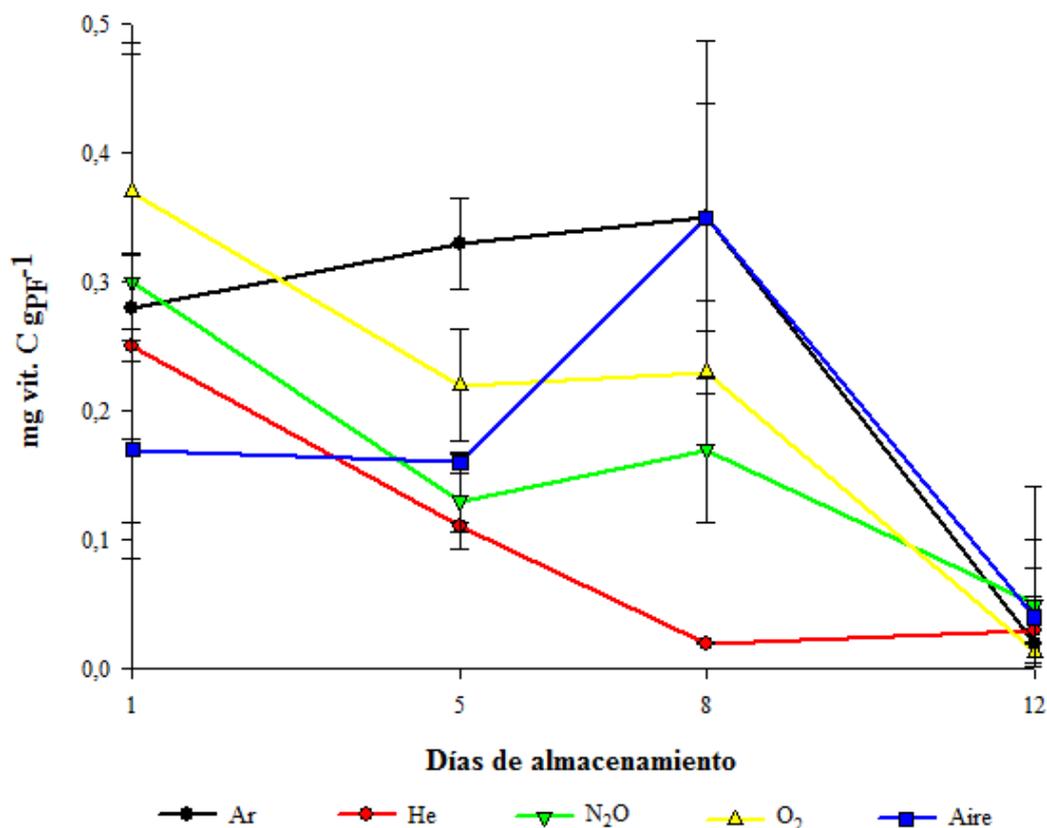
Todos los tratamientos disminuyeron paulatinamente la concentración de vitamina C durante el tratamiento (Apéndice II, Cuadro 9).

El primer día de almacenamiento a  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$  los tratamientos Ar, He, N<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub> y Aire tuvieron valores de 0,28; 0,25; 0,30; 0,37 y 0,17  $\text{mg g}_{\text{PF}}^{-1}$  respectivamente, sin diferencias significativas entre tratamientos.

Tras 5 días, el tratamiento Ar ( $0,33\text{ mg g}_{\text{PF}}^{-1}$ ) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos He ( $0,11\text{ mg g}_{\text{PF}}^{-1}$ ), N<sub>2</sub>O ( $0,13\text{ mg g}_{\text{PF}}^{-1}$ ), O<sub>2</sub> ( $0,22\text{ mg g}_{\text{PF}}^{-1}$ ) y Aire ( $0,16\text{ mg g}_{\text{PF}}^{-1}$ ). Asimismo, el tratamiento O<sub>2</sub> presentó valores significativamente más altos que los tratamientos He y N<sub>2</sub>O.

Luego de 8 días, los tratamientos Ar ( $0,35 \text{ mg g}_{\text{PF}}^{-1}$ ) y Aire ( $0,35 \text{ mg g}_{\text{PF}}^{-1}$ ) tuvieron valores significativamente más altos que el tratamiento He ( $0,02 \text{ mg g}_{\text{PF}}^{-1}$ ).

Finalmente, tras 12 días de almacenamiento a  $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , el tratamiento  $\text{O}_2$  ( $0,013 \text{ mg g}_{\text{PF}}^{-1}$ ) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar ( $0,02 \text{ mg g}_{\text{PF}}^{-1}$ ) y He ( $0,06 \text{ mg g}_{\text{PF}}^{-1}$ ). Paralelamente, el tratamiento Aire ( $0,24 \text{ mg g}_{\text{PF}}^{-1}$ ) tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento Ar.



**Figura 26.** Variación de la concentración de vitamina C ( $\text{mg vitamina C g}^{-1} \text{ p.f.}$ ) en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a  $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 12 días. Los valores son la media ( $n=3$ )  $\pm$  ES.

La concentración de vitamina C en hortalizas puede ser influenciada por diversos factores, tales como, diferencias genótípicas, condiciones climáticas previas a la cosecha, estados de madurez, métodos de cosecha y procedimientos postcosecha. La retención de vitamina C se ve afectada durante la postcosecha por factores de manipulación, temperaturas y concentración de  $\text{CO}_2$  (Lee y Kader, 2000).

En un estudio realizado por Gil *et al.* (1999) observaron que la vitamina C se preserva mejor en condiciones óptimas de conservación de atmósfera modificada ( $6\% \text{ O}_2$  y  $14\% \text{ CO}_2$ ), tal como se pudo ver en espinaca mínimamente procesada, por lo tanto, diferentes condiciones de conservación pueden afectar la estabilidad de este tipo de compuesto.

La reducción de la concentración de vitamina C fue similar a la tendencia encontrada en hojas de rúcula salvaje y papas cortadas (Martínez-Sánchez *et al.*, 2006; Tudela *et al.*, 2002). Esta pérdida de vitamina C puede deberse a que concentraciones mayores a 10% de CO<sub>2</sub> podrían acelerar su degradación (Lee y Kader, 2000).

Los germinados de soya contienen 1 mg de vitamina C en 100 g (Villanueva, 2013). Este valor (0,01 mg g<sub>PF</sub><sup>-1</sup>) es inferior a todos los tratamientos tras el primer día de almacenamiento, que en promedio tuvieron un valor de 0,27 mg g<sub>PF</sub><sup>-1</sup>, lo que posiblemente puede deberse a la variedad utilizada y las condiciones en que fueron almacenados dichos germinados de soya.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones proporcionadas en el presente estudio, es posible concluir que:

- Atmósferas enriquecidas en Ar, He, N<sub>2</sub>O y O<sub>2</sub> disminuyen la tasa respiratoria, durante 12 días de almacenamiento a 5 °C.
- Todos los tratamientos mantuvieron los parámetros de color dentro de rangos aceptables. Los mejores resultados se obtuvieron en los tratamientos Ar, He y N<sub>2</sub>O.
- Los tratamientos con Ar, He y N<sub>2</sub>O mantuvieron una buena calidad sensorial hasta el último día de almacenamiento.
- Todos los tratamientos mantuvieron la concentración de fenoles totales y la capacidad antioxidante de los germinados de soya durante 12 días a 5 °C.
- Los tratamientos Ar y He influyeron positivamente en la concentración de azúcares de los germinados de soya durante 12 días a 5 °C. Ya que hubo una menor disminución de la concentración de azúcares que en los otros tratamientos.
- El envasado en AMA con gases no convencionales no tuvo influencia en la concentración de vitamina C de los germinados de soya durante 12 días a 5 °C.
- Sería de gran utilidad realizar el análisis microbiológico para complementar este estudio.
- Los tratamientos Ar y He son los mejores evaluados, por lo tanto se acepta la hipótesis planteada.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahvenainen, R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology* 7: 179-187.
- Akitha-Devi, M.K., M. Gondi, G. Sakthivelu, P. Giridhar, T. Rajasekaran, G.A. Ravishankar. 2009. Functional attributes of soybean seeds and products, with reference to isoflavone content and antioxidant activity. *Food Chemistry* 114: 771-776.
- 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 superatmospheric oxygen and modified atmosphere conditions. *Postharvest Biology and technology* 33: 51-59.
- Allende, A., J. McEvoy, Y. Tao and Y. Luo. 2009. Antimicrobial effect of acidified sodium chlorite, sodium chlorite, sodium hypochlorite, and citric acid on Escherichia coli O157:H7 and natural microflora of fresh-cut cilantro. *Food Control* 20: 230-234.
- Andrade-Cuvi, M.; C. Moreno; A. Henríquez y A. Concellón. 2010. Influencia de la radiación UV-C como tratamiento postcosecha sobre Carambola (*Averrhoa carambola* L.) mínimamente procesada almacenada en refrigeración. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11(1):18-27.
- Araneda, C. 2012. Efecto de gases no convencionales sobre la calidad de berros (*Nasturtium officinale* R. Br.) bajo atmósfera modificada activa.
- Artés F. 2006. El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología de Postcosecha* 7(2): 61-85.
- Artés-Hernández, F., E. Aguayo, P. Gómez y F. Artés. 2009. Productos vegetales mínimamente procesados o de la “cuarta gama”. *Horticultura Internacional* 69: 52-57.
- Arvanitoyannis, I., A. Bouletis, E. Papa, D. Gkagtzis, C. Hadjichristodoulou and C. Papaloucas. 2011. Microbial and sensory quality of “Lollo verde” lettuce and rocket salad stored under active atmosphere packaging. In press.
- Benkeblia, N. and P. Varoquaux. 2003. Effect of nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) on respiration rate, soluble sugars and quality attributes of onion bulbs *Allium cepa* cv. Rouge Amposta during storage. *Postharvest Biology and Technology* 30: 161-168.
- Benzie I.F. and J.J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytic Biochemistry* 239: 70-76.

Beroiz, V. 2007. La soya. *Universo holístico* 10: 16-22. [En línea] [http://www.guiacieloytierra.es/cache/revista\\_637108.pdf](http://www.guiacieloytierra.es/cache/revista_637108.pdf) [Consulta: 21 de diciembre de 2010]

Bottino, A., E. Degl' Innocenti, L. Guidi, G. Graziani and V. Fogliano. 2009. Bioactive compounds during storage of fresh-cut spinach: the role of endogenous ascorbic acid in the improvement of product quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57: 2925 – 2931.

Brecht, J., K. Chau, S. Fonseca, F. Oliveira, F. Silva, M. Nunes and R. Bender. 2003. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. *Postharvest Biology and Technology* 27: 87-101.

Burg, S. and E. Burg. 1965. Gas exchange in fruits. *Physiol. Plant.* 18: 870-884.

Calvo, D. 2003. La soya valor dietético y nutricional [En línea] [http://www.diodora.com/documentos/nutricion\\_soja.htm](http://www.diodora.com/documentos/nutricion_soja.htm) [Consulta: 21 de septiembre de 2010]

Cameron, A., P. Talasila and D. Joles. 1995. Predicting film permeability needs for modified-atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30: 25-34.

Cañas, R. y O. Paladines. 1980. Curso de alimentación animal. Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. 149 p.

Cevallos-Casal, B.A. and L. Cisneros-Zevallos. 2010. Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species. *Food Chemistry* 119: 1485-1490.

Char C., A.C. Silveira, C. Inestroza-Lizardo, A. Hinojosa, A. Machuca and V.H. Escalona. 2012. Effect of noble gas-enriched atmospheres on the overall quality of ready-to-eat arugula salads. *Postharvest Biology and Technology* 73: 50 – 55.

Choon, S.Y., S.H. Ahmad, P. Ding, U.R. Sinniah and A.A. Hamid. 2010. Morphological and chemical characteristics of black gram (*Vigna mungo* L.) sprouts produced in a modified atmosphere chamber at four seeding densities. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science* 33(2): 179-191.

Day, B.P.F. 1990. Modified atmosphere packaging of selected prepared fruits and vegetables. In: *Proc COST 91 Final Seminar*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. pp 3230-3232.

Day, B. 1996. High oxygen modified atmosphere packaging for fresh prepared produce. *Postharvest News and Information* 7: 31-34.

Day, B. 1998. Novel MAP. A brand new approach. *Food manufacture* 73(11): 22-25.

Degl'Innocenti, E., A. Pardossi, F. Tognoni and L. Guidi, 2007. Physiological basis of sensitivity to enzymatic browning in lettuce, escarole and rocket salad when stored as fresh-cut products. *Food Chemistry*, 104: 209-215.

Day, B. 2001. Fresh prepared produce: GMP for high oxygen MAP and non-sulphite dipping. *In: Guideline No. 31. Campden and Chorleywood Food Research Association Group, Chipping Campden. Gloucester, UK. 76 p.*

El-Goorani, M y N. Sommer. 1981. Fungistatic effects of modified atmospheres in fruit and vegetable storage. *Horticultural reviews* 3: 412-461.

Escalona, V. H. y L. Luchsinger. 2008. Una Revisión sobre frutas y hortalizas mínimamente procesadas en fresco. *Aconex* 99: 24-27.

Escalona, V., L. Luchsinger y A. Lizana. 2008. Efecto del envasado en atmósfera modificada sobre la calidad y la conservación de frutas y hortalizas. *Revista Aconex* 98:16:24.

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

Gil, M.I., F. Ferreres and F.A. Tomás-Barberán. 1998. Effect of modified atmosphere packaging on the flavonoids and vitamin c content of minimally processed swiss chard (*Beta vulgaris* subspecies *cycla*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 2007-2012.

Gil, M.I., F. Ferreres and F.A. Tomás-Barberán. 1999. Effect of postharvest storage and processing on the antioxidant constituents (flavonoids and vitamin C) of fresh-cut spinach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47: 2213 – 2217.

Gil, M.I., A. Allende y A. Martínez Sánchez. 2007. Factores que afectan al contenido de compuestos bioactivos en alimentos de IV gama. V Congreso Iberoamericano de tecnología postcosecha y agroexportaciones. 716 – 725.

Gómez P. and F. Artés. 2005. Improved keeping quality of minimally fresh processed celery sticks by modified atmosphere packaging. *Food Science and Technology* 38: 323–329.

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

Gorny, J. and I. Agar, I. 1998. Are argon-enriched atmospheres beneficial? *Perishables Handling Newsletter* 94: 7-8.

Gouble, B., D. Fath and P. Soudain. 1995. Nitrous oxide inhibition of ethylene production in ripening and senescing climacteric fruits. *Postharvest Biology and Technology* 5: 311-321.

Jamie, P and M.E. Saltveit. 2002. Postharvest changes in broccoli and lettuce during storage in argon, helium and nitrogen atmospheres containing 2% oxygen. *Postharvest Biology and Technology* 26: 113-116.

Jacxsens, L., F. Devlieghere, C. Van der Steen and J. Debevere. 2001. Effect of high oxygen modified atmosphere packaging on microbial growth and sensorial qualities of fresh-cut produce. *Int. J. Food Microbiology* 71: 197-210.

Kader, A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology* 40(5): 99-104.

Kader, A and D. Zargory. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food technology* 42(9): 70-77.

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

Kays, S. J. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. Van Nostrand Reinhold, New York.

Kim, S.D., S.H. Kim and E.H. Hong. 1993. Composition of soybean sprout and its nutritional value. *Kor. Soybean Dig.* 10: 1-9.

Koukounaras, A., A.S. Siomos and E. Sfakiotakis. 2007. Postharvest CO<sub>2</sub> and ethylene production and quality rocket (*Eruca sativa* Mill.) leaves affected by leaf age and storage temperatura. *Postharvest Biology and Technology* 46: 167-173.

Lee, S. and A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest biology and technology* 20:207-220.

Lee, J., H. Park, C. Lee and W. Choi. 2003. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie* 36: 323-329.

Lee, Y.W., J.D. Kim, J. Zheng and K.H. Row. 2007. Comparisons of isoflavones from Korean and Chinese soybean and processed products. *Biochemical Engineering Journal* 36(1): 49-53.

López-Gálvez, G., G. Peiser, X. Nie and M. Cantwell. 1997. Quality changes in packaged salad products during storage. *Z. Lebensm.-Unters.-Forsch.* 205: 64–72.

Magalhães, A.M., V. Escalona y F. Artés. 2007. Actividad respiratoria de hojas de espinaca bajo atmósferas modificadas innovadoras. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. España, Cartagena, May 29- Jun 1, S5-p168.

Martínez-Sánchez A., A. Allende, R. Bennett, F. Ferreres and M. Gil. 2006. Microbial, nutritional and sensory quality of rocket leaves as affected by different sanitizers. *Postharvest Biology and Technology* 42: 86-97.

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

Odriozola-Serrano I., R. Soliva-Fortuny and O. Martín-Belloso. 2008. Effect of minimal processing on bioactive compounds and color attributes of fresh-cut tomatoes. *LWT- Food Science and Technology* 41: 217-226.

Ölmez, H. and U. Kretzschmar. 2009. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. *LWT - Food Science and Technology* 42: 686–693.

Oms-Oliu, G., M. Hertog, R. Soliva-Fortuny, O. Martín-Belloso and B. Nicolai. 2009. Recent developments in the use of modified atmosphere packaging for fresh cut fruits and vegetables. *Stewart Postharvest Review* 5: 1-11.

Ragaert, P., F. Devlieghere and J. Debevere. 2007. Role of microbiological and physiological spoilage mechanisms during storage of minimally processed vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 44:185-194.

Reinli, K. and G. Block. 1996. Phytoestrogen content of foods. A compendium of literature values. *Nutrition Cancer* 26: 123–148.

Reyes, L., J. Villarreal and L. Cisneros-Zeballos. 2007. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. *Food Chemistry*. 101: 1254 – 1262.

Rocculi, P., S. Romani and M. Dalla Rosa. 2005. Effect of MAP with argon and nitrous oxide on quality maintenance of minimally processed kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 35: 319-328.

Rocculi, P., E. Cocci, S. Romani, G. Sacchetti and M. Dalla Rosa. 2009. Effect of 1-MCP treatment and N<sub>2</sub>O MAP on physiological and quality changes of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology* 51: 371–377.

Saltveit, M. 2003. Is it possible to find an optimal controlled atmosphere?. *Postharvest Biology and Technology* 27: 3-13.

Silva, L., M. Pereira, J. Azevedo, R. Gonçalves, P. Valentão, P. Guedes de Pinho and P.B. Andrade. 2013. *Glycine max* (L.) Merr., *Vigna radiata* L. and *Medicago sativa* L. sprouts: A natural source of bioactive compounds. *Food Research International* 50: 167–175.

Silveira, A., 2009. Técnicas ecoinnovadoras para la elaborar melón Galia mínimamente procesado. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Ingeniería de Alimentos y Equipamiento Agrícola, Cartagena, España. 380 p.

Soliva- Fortuny R.C. and O. Martinez-Belloso. 2003. New advances in extending the shelf life of fresh-cut fruits: A review. *Trends in Food Science and Technology* 14: 341-353.

Sowa, S. and S. Towill. 1991. Effects of nitrous oxide on mitochondrial and cell respiration and growth in *Distrchilsspicata* suspension culture. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 27: 197-201.

Suslow, T.1997. Postharvest chlorination: Basic properties and key points for effective disinfection. Agricultural and Natural Resources Department. University of California. Davis. California, EEUU: 987-1096.

Suslow, T. and M. Catwell. 2006. Brotes de Semillas: Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. *Postharvest Technology Research and Information center* 3-6.

Tardón, A. 2011. Efecto de la radiación UV-C sobre la calidad en brotes de alfalfa (*Medicago sativa* L.) conservados en atmosferas modificadas. Memoria Ingeniero Agrónomo, Mención Agroindustria y Enología. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 63 p.

Tomás-Callejas, A., M. Boluda, P. Robles, F. Artés and Artés-Hernández. 2011. Innovative active modified atmosphere packaging improves overall quality of fresh-cut red chard baby leaves. *Food Science and Technology* 44:1422-1428.

Tudela, J., J. Espín and M. Gil. 2002. Vitamin C retention in fresh-cut potatoes. *Postharvest Biology and Technology* 26: 75-84.

Varoquaux, P., G. Albagnac, C. Nguyen-the and F. Varoquaux 1996. Modified atmosphere packaging of fresh beansprouts. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 70: 224-230.

Vandekinderen, I., J. Van Camp, F. Devlieghere, K. Veramme, N. Bernaert, Q. Denon, P. Ragaert and B. De Meulenaer. 2009. Effect of decontamination on the microbial load, the sensory quality and the nutrient retention of ready-to-eat white cabbage. *European Food Research and Technology* 229: 443-455

Villanueva, J. 2013. Clasificación y propiedades de los Brotes de Soja (*Glycine max* L.) [En línea]  
<http://www.saludybuenosalimentos.es/alimentos/index.php?s1=Verduras%2FHortalizas&s2=Brotes&s3=Brotes+de+Soja> [Consulta: 9 de julio de 2013]

Villatoro, M. 2011. Caracterización nutricional y agronómica, análisis de la actividad biológica y selección de crucíferas para uso alimentario. Tesis Doctoral en Biología. Universidad de Córdoba, Departamento de Genética. Córdoba, España. 236p.

Viña S. and A. Chaves. 2006. Antioxidant responses in minimally processed celery during refrigerated storage. *Food Chemistry* 94: 68-74.

Viña S. and A. Chaves. 2007. Respiratory activity and phenolic compounds in pre-cut celery. *Food Chemistry* 100(4): 1654-1660.

Wiley, R. 1997. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. Acribia. Zaragoza, España. 360 p.

Zagory, D. 1999. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. *Postharvest Biology and Technology* 15: 313-321.

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

Zhang, M., Z. Zhan, S. Wang and J. Tang. 2008. Extending the shelf-life of asparagus spears with a compressed mix of argon and xenon gases, LWT- *Food Science and Technology* 41:686-691.

Zudaire, 2011. Soja y brotes de soja, ¿son lo mismo? [En línea]  
[http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender\\_a\\_comer\\_bien/curiosidades/2007/06/15/163787.php](http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/curiosidades/2007/06/15/163787.php) [Consulta: 24 de septiembre de 2011].

## ANEXO I

## EVALUACIÓN DE CALIDAD PANEL NO ENTRENADO

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

Muestra N° \_\_\_\_\_

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

Aspecto visual:

## 1. Apariencia

-----	-----
0	15
Muy mala	Extremadamente buena

## 2. Intensidad de color

-----	-----
0	15
Pardeado	Blanco

Aspecto gustativo:

## 1. Turgencia

-----	-----
0	15
Sin turgencia	Extremadamente turgente

## 2. Sabores extraños

-----	-----
0	15
Extremadamente extraño	Sin sabor

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

\_\_\_\_\_

## APENDICE I

**Cuadro 1.** Tasa respiratoria ( $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) de germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 °C durante 12 días.

Respiración	Días	Tratamientos				
		Ar	He	N <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	Aire
$\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$	<b>0</b>	61,0 bc <sup>1</sup>	55,4 c	77,0 a	45,7 d	66,0 b
	<b>1</b>	41,0 b	47,2 a	45,8 a	38,8 b	47,0 a
	<b>5</b>	32,5 c	40,0 ab	36,7 bc	31,5 c	43,1 a
	<b>8</b>	26,9 c	30,3 b	20,8 d	24,3 c	38,8 a
	<b>12</b>	21,1 c	25,0 abc	25,9 ab	22,3 bc	27,9 a

<sup>1</sup> Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 2.** Producción de etileno ( $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) de germinados de soya bajo atmósfera modificada activa almacenados a 5 °C durante 12 días.

Etileno	Días	Tratamientos				
		Ar	He	N <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	Aire
$\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$	<b>1</b>	0,68 ab <sup>1</sup>	0,61 ab	0,52 b	0,62 ab	0,88 a
	<b>5</b>	0,25 c	0,28 bc	0,33 ab	0,27 bc	0,36 a
	<b>8</b>	0,15 b	0,15 b	0,18 ab	0,16 b	0,21 a
	<b>12</b>	0,06 b	0,08 ab	0,07 ab	0,09 ab	0,1 a

<sup>1</sup> Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 3.** Evolución de la concentración (%) de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Ar, He y N<sub>2</sub>O en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa almacenados a 5 °C durante 12 días.

Atmósfera modificada (%)	Días	Tratamientos				
		Ar	He	N <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	Aire
CO <sub>2</sub>	1	0,5 a <sup>1</sup>	0,4 a	0,5 a	0,5 a	0,5 a
	5	1,0 a	1,1 a	1,0 a	1,1 a	0,5 b
	8	1,5 cd	2,1 bc	2,4 ab	3,5 a	0,1 d
	12	1,9 d	3,0 b	2,7 c	4,2 a	0,1 e
O <sub>2</sub>	1	10,1 c	10,0 c	10,0 c	86,5 a	20,6 b
	5	8,6 c	10,3 c	10,1 c	66,3 a	20,7 b
	8	7,8 d	13,9 c	15,3 c	54,7 a	20,5 b
	12	6,5 d	6,8 d	13,8 c	35,1 a	20,4 b
N <sub>2</sub>	1	0,0 c	0,0 c	0,1 c	13,0 b	78,9 a
	5	6,2 e	16,9 d	89,0 a	32,5 c	78,8 b
	8	22,0 c	41,7 b	82,3 a	41,9 b	79,4 a
	12	35,4 d	68,6 b	83,5 a	60,7 c	79,5 a
Ar	1	89,4				
	5	84,2				
	8	68,7				
	12	56,3				
He	1		89,6			
	5		71,6			
	8		42,3			
	12		21,5			
N <sub>2</sub> O	1			89,4		
	5			0		
	8			0		
	12			0		

<sup>1</sup> Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p < 0,05).

**Cuadro 4.** Valores de los parámetros L, croma y tono de germinados de soya bajo atmósfera modificada activa almacenados a 5 °C durante 12 días.

Color	Días	Tratamientos				
		Ar	He	N <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	Aire
L	1	69,6 a <sup>1</sup>	68,4 a	68,6 a	69,4 a	67,6 a
	5	66,3 a	65,8 a	63,7 a	66,6 a	64,6 a
	8	65,9 a	64,6 ab	66,2 a	65,2 a	61,7 b
	12	64,9 a	61,8 b	61,9 b	62,4 ab	53,6 c
Croma	1	8,7 a	8,6 a	8,7 a	8,8 a	8,8 a
	5	10,4 ab	8,9 b	11,5 a	10,0 a	11,7 a
	8	10,2 b	9,8 b	9,7 b	8,8 b	15,7 a
	12	11,5 ab	12,0 ab	12,9 ab	9,5 b	19,8 a
Tono	1	96,0 a	95,8 a	96,1 a	96,0 a	95,8 a
	5	95,7 a	94,3 a	95,8 ab	94,0 ab	93,2 b
	8	95,6 a	93,7 bc	95,3 ab	94,3 abc	93,0 c
	12	94 abc	95,0 a	94,3 ab	93,4 bc	92,6 c

<sup>1</sup> Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 5.** Variación de la calidad sensorial en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa almacenados a 5 °C durante 12 días.

Evaluación sensorial	Días	Tratamientos				
		Ar	He	N <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	Aire
Apariencia	1	12,8 a <sup>1</sup>	12,9 a	12,9 a	12,8 a	11,7 a
	5	10,4 a	10,1 a	10,8 a	10,9 a	7,8 b
	8	9,1 ab	12,0 a	11,8 a	10,6 a	5,7 b
	12	9,3 ab	8,8 b	10,1 a	9,2 ab	1,8 c
Intensidad de color	1	13,4 a	13,7 a	13,1 a	13,6 a	13,1 a
	5	10,4 a	12,7 a	12,1 a	11,0 a	4,8 b
	8	9,0 a	10,0 a	8,7 ab	9,4 a	4,6 b
	12	8,6 a	9,5 a	9,2 a	7,3 a	1,6 b
Turgencia	1	12,6 a	12,0 a	11,8 a	11,8 a	11,3 a
	5	11,3 a	11,0 a	10,9 a	10,8 a	10,5 a
	8	11,2 a	11,2 a	10,5 a	11,4 a	11,6 a
	12	12,5 a	13,6 a	12,8 a	11,6 a	11,6 a
Sabor extraño	5	12,1 a	12,9 a	12,9 a	12,6 a	12,3 a
	8	13,6 a	12,4 a	12,3 a	13,1 a	11,3 a

<sup>1</sup> Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## APENDICE II

**Cuadro 1.** Tasa respiratoria ( $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) de germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a  $5^\circ\text{C}$  durante 12 días.

Respiración	Días	Tratamientos				
		Ar	He	N <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	Aire
$\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$	<b>0</b>	60,6 bc <sup>1</sup>	55,1 c	78,1 a	42,1 d	65,7 b
	<b>1</b>	40,7 c	47,0 b	45,6 b	38,6 c	51,8 a
	<b>5</b>	32,9 cd	40,4 ab	37,1 bc	31,2 d	43,5 a
	<b>8</b>	26,7 c	30,1 b	24,1 c	20,6 d	38,6 a
	<b>12</b>	20,9 b	24,8 a	25,7 a	20,1 b	27,7 a

<sup>1</sup> Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 2.** Producción de etileno ( $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) de germinados de soya bajo atmósfera modificada activa almacenados a  $5^\circ\text{C}$  durante 12 días.

Etileno	Días	Tratamientos				
		Ar	He	N <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	Aire
$\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$	<b>1</b>	0,56 b <sup>1</sup>	0,61 ab	0,59 b	0,41 b	0,83 a
	<b>5</b>	0,39 a	0,39 a	0,4 a	0,26 b	0,45 a
	<b>8</b>	0,15 a	0,15 a	0,17 a	0,17 a	0,19 a
	<b>12</b>	0,06 ab	0,08 a	0,07 ab	0,04 b	0,09 a

<sup>1</sup> Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 3.** Evolución de la concentración (%) de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Ar, He y N<sub>2</sub>O en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa almacenados a 5 °C durante 12 días.

Atmósfera modificada (%)	Días	Tratamientos				
		Ar	He	N <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	Aire
CO <sub>2</sub>	1	0,4 c <sup>1</sup>	0,5 b	0,6 a	0,5 ab	0,1 d
	5	1,1 ab	1,5 a	1,6 a	1,6 a	0,1 b
	8	1,5 cd	2,1 bc	2,4 ab	3,5 a	0,1 d
	12	1,9 d	3,0 b	2,7 c	4,2 a	0,1 e
O <sub>2</sub>	1	10,1 c	10,0 c	10,0 c	86,8 a	20,6 b
	5	9,6 c	11,3 c	11,1 c	66,3 a	20,7 b
	8	8,7 d	14,7 cd	16,1 bc	40,1 a	20,5 ab
	12	6,3 c	6,6 c	14,3 b	44,6 a	20,4 ab
N <sub>2</sub>	1	0,0 c	0,0 c	0,0 c	12,7 b	79,2 a
	5	5,1 e	15,5 d	87,4 a	32,1 c	79,2 b
	8	21,1 c	40,8 b	81,4 a	56,4 b	79,4 a
	12	35,6 d	68,8 b	83,1 a	51,2 c	79,5 a
Ar	1	89,5				
	5	84,2				
	8	68,7				
	12	56,3				
He	1		89,5			
	5		71,6			
	8		42,3			
	12		21,5			
N <sub>2</sub> O	1			89,4		
	5			0		
	8			0		
	12			0		

<sup>1</sup> Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p < 0,05).

**Cuadro 4.** Valores de los parámetros L, croma y tono de germinados de soya bajo atmósfera modificada activa almacenados a 5 °C durante 12 días.

Color	Días	Tratamientos				
		Ar	He	N <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	Aire
L	1	69,4 a <sup>1</sup>	68,2 a	68,4 a	69,2 a	67,4 a
	5	63,3 a	64,8 a	63,2 a	63,2 a	64,2 a
	8	64,1 a	61,9 ab	63,6 ab	62,2 ab	59,6 b
	12	63,5 a	61,0 ab	62,6 a	62,4 a	56,7 b
Croma	1	8,5 a	8,4 a	8,5 a	8,6 a	8,6 a
	5	10,7 ab	10,0 b	10,1 b	10,7 ab	11,9 a
	8	10,8 c	10,5 c	10,3 c	12,9 b	15,2 a
	12	12,2 b	13,9 b	11,6 b	13,9 b	16,8 a
Tono	1	100,2 a	100,0 a	100,3 a	100,2 a	100,1 a
	5	97,1 a	97,3 a	97,3 a	95,5 ab	93,2 b
	8	97,9 a	96,2 ab	97,3 a	96,3 ab	93,8 b
	12	97,0 a	96,5 a	94,8 ab	94,4 ab	92,0 b

<sup>1</sup> Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 5.** Variación de la calidad sensorial en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa almacenados a 5 °C durante 12 días.

Evaluación sensorial	Días	Tratamientos				
		Ar	He	N <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	Aire
Apariencia	1	12,0 a <sup>1</sup>	12,4 a	12,2 a	12,4 a	11,5 a
	5	10,9 a	12,6 a	11,5 a	10,5 a	7,0 b
	8	9,6 ab	9,7 ab	10,4 a	10,6 a	6,6 b
	12	11,2 ab	10,7 ab	11,5 a	9,3 b	1,6 c
Intensidad de color	1	13,2 a	13,5 a	12,9 a	13,4 a	12,9 a
	5	12,7 a	11,3 ab	11,3 ab	10,5 ab	10,0 b
	8	8,5 ab	9,8 a	9,0 a	8,8 ab	6,3 b
	12	7,0 a	6,3 a	7,4 a	4,2 a	4,5 a
Turgencia	1	12,8 a	12,2 a	12,9 a	12,2 a	13,0 a
	5	11,5 a	11,5 a	11,7 a	10,7 a	10,5 a
	8	11,2 a	11,2 a	10,5 a	11,4 a	11,6 a
Sabor extraño	1	13,6 a	12,3 a	12,8 a	14,1 a	11,6 a
	5	11,3 a	12,4 a	12,3 a	12,9 a	10,2 a
	8	10,0 a	10,7 a	9,7 a	11,0 a	9,0 a

<sup>1</sup> Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 6.** Concentración de fenoles totales (mg EAG g<sup>-1</sup> p.f.) en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa almacenados a 5 °C durante 12 días.

Concentración de fenoles totales	Días	Tratamientos				
		Ar	He	N <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	Aire
mg EAG g <sup>-1</sup> p.f.	1	2,3 bc <sup>1</sup>	2,7 a	2,5 ab	1,7 d	2,0 cd
	5	2,4 bc	2,1 c	2,9 ab	2,3 c	3,0 a
	8	2,3 bc	2,2 c	2,6 b	2,4 bc	2,7 a
	12	2,1 bc	2,8 ab	2,6 abc	2,4 bc	3,1 a

<sup>1</sup> Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p < 0,05).

**Cuadro 7.** Capacidad antioxidante (mg Trolox g<sup>-1</sup> p.f.) en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa almacenados a 5 °C durante 12 días.

Capacidad antioxidante	Días	Tratamientos				
		Ar	He	N <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	Aire
mg Trolox g <sup>-1</sup> p.f.	1	49,8 c <sup>1</sup>	60,6 abc	69,2 a	57,3 bc	63,7 ab
	5	62,4 a	69,3 a	67,9 a	67,3 a	76,1 a
	8	50,4 c	57,5 bc	69,2 ab	63,5 ab	70,5 a
	12	51,7 b	58,5 ab	63,9 a	59,9 ab	59,2 ab

<sup>1</sup> Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p < 0,05).

**Cuadro 8.** Concentración de azúcar (mg glucosa g<sup>-1</sup> p.f.) en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa almacenados a 5 °C durante 12 días.

Azúcar	Días	Tratamientos				
		Ar	He	N <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	Aire
mg glucosa g <sup>-1</sup> p.f.	1	9,3 a <sup>1</sup>	9,8 a	7,7 a	7,4 a	7,4 a
	5	9,2 ab	10,1 a	9,6 ab	8,4 b	9,1 ab
	8	7,8 a	6,7 a	4,6 a	6,3 a	4,1 a
	12	5,1 a	5,4 a	3,1 b	2,3 bc	1,7 c

<sup>1</sup> Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey (p < 0,05).

**Cuadro 9.** Concentración de vitamina C (mg AA mL<sup>-1</sup>) en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa almacenados a 5 °C durante 12 días.

Vitamina C	Días	Tratamientos				
		Ar	He	N <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	Aire
mg gPF <sup>-1</sup>	1	0,28 a <sup>1</sup>	0,25 a	0,30 a	0,37 a	0,17 a
	5	0,33 a	0,11 c	0,13 c	0,22 b	0,16 bc
	8	0,35 a	0,02 b	0,17 ab	0,23 ab	0,35 a
	12	0,02 c	0,03 bc	0,05 abc	0,013 a	0,04 ab

<sup>1</sup> Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).