

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFEECTO DE LA TEMPERATURA DE
ALMACENAMIENTO SOBRE LA TASA RESPIRATORIA
Y CALIDAD DE GERMINADOS DE ALFALFA
MÍNIMAMENTE PROCESADOS EN FRESCO**

PAULINA ALONDRA FLORES PINO

SANTIAGO, CHILE
2013

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFEECTO DE LA TEMPERATURA DE
ALMACENAMIENTO SOBRE LA ACTIVIDAD
RESPIRATORIA Y CALIDAD DE GERMINADOS DE
ALFALFA MÍNIMAMENTE PROCESADOS EN FRESCO**

**EFFECT OF STORAGE TEMPERATURE ON THE
RESPIRATORY ACTIVITY AND QUALITY IN
MINIMALLY PROCESSED ALFALFA SPROUTS**

PAULINA ALONDRA FLORES PINO

**SANTIAGO, CHILE
2013**

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO
SOBRE LA ACTIVIDAD RESPIRATORIA Y CALIDAD DE
GERMINADOS DE ALFALFA MÍNIMAMENTE PROCESADOS EN
FRESCO**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo
Mención: Agroindustria

PAULINA ALONDRA FLORES PINO

| | Calificaciones |
|--|----------------|
| PROFESORES GUÍAS | |
| Sr. Víctor H. Escalona C. Ingeniero Agrónomo, Dr. | 6,5 |
| Sr. Luis Luchsinger L. Ingeniero Agrónomo, Ph. D. | 6,7 |
| PROFESORES EVALUADORES | |
| Sr. Ítalo Chiffelle G. Bioquímico, Dr. | 6,5 |
| Sra. Loreto Canaves S. Ingeniero Agrónomo, M. S. | 6,4 |
| COLABORADOR | |
| Srta. Andrea Hinojosa Bioquímico. | |

SANTIAGO, CHILE
2013

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 1 |
| ABSTRACT..... | 2 |
| INTRODUCCIÓN | 3 |
| Objetivo | 5 |
| MATERIALES Y MÉTODO | 6 |
| Lugar de estudio y material vegetal..... | 6 |
| Metodología..... | 6 |
| Recolección, transporte, recepción y almacenamiento..... | 8 |
| Lavado | 8 |
| Secado | 8 |
| Envasado | 8 |
| Almacenamiento..... | 8 |
| Tratamientos | 8 |
| Parámetros evaluados | 10 |
| Determinaciones físicas..... | 10 |
| Determinaciones químicas..... | 10 |
| Determinación de calidad sensorial..... | 11 |
| Diseño experimental y análisis estadístico | 11 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 12 |
| ENSAYO 1 | 12 |
| Tasa respiratoria | 12 |
| Color..... | 13 |
| Parámetros químicos | 17 |
| Análisis sensorial..... | 18 |
| ENSAYO 2 | 23 |
| Tasa respiratoria | 23 |
| Color..... | 24 |

| | |
|---------------------------|----|
| Parámetros químicos | 27 |
| Análisis sensorial..... | 28 |
| CONCLUSIONES | 33 |
| BIBLIOGRAFÍA | 34 |
| ANEXO I | 37 |
| APÉNDICE I..... | 39 |
| APÉNDICE II | 41 |

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de distintas temperaturas de almacenamiento (0, 5 y 8 °C), sobre la tasa respiratoria y calidad sensorial de germinados de alfalfa (*Medicago sativa* L.) mínimamente procesados. Estos fueron lavados con agua potable a 5 °C, secados y envasados en tarrinas de polietileno (PE), posteriormente fueron almacenados durante 6 y 8 días (95% de humedad relativa). Los parámetros medidos fueron: tasa respiratoria, color, sólidos solubles totales, acidez titulable y calidad sensorial.

En ambos ensayos se observó una tendencia a la disminución de la tasa respiratoria a lo largo del almacenamiento, para todos los tratamientos. El tratamiento 0 °C, presentó tasas significativamente más bajas en comparación a los otros dos tratamientos, con valores de 13,9 a 27,6 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ en el ensayo 1 y de 19,2 a 39,8 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ en el ensayo 2. El tratamiento 5 °C registró tasas entre 23,1 y 45,1 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ y 21,4 a 58,6 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ en el ensayo 1 y 2 respectivamente. El tratamiento 8 °C, presentó tasas significativamente mayores registrándose rangos entre 30,2 y 47,0 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ en el ensayo 1 y 38,1 a 88,2 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ en el ensayo 2.

Con respecto a la evolución del color, en el ensayo 1 el tratamiento 0 °C presentó menores valores de croma y tono, es decir, se observó un producto menos pardeado, con respecto a los otros tratamientos, registrándose valores promedio de croma en un rango 11,6 a 12,9 y tono entre 94 a 93,4. En el ensayo 2, sólo se observaron menores valores para el parámetro de tono para el mismo tratamiento, registrándose valores promedio entre 93,5 y 92,9.

Se observaron aumentos significativos en la acidez a lo largo de los días de almacenamiento para los tres tratamientos, en el ensayo 1.

En cuanto a la evolución de la calidad sensorial, se observaron diferencias en el ensayo 1, en los parámetros apariencia e intensidad de color, el tratamiento mejor evaluado fue el almacenado a 8 °C. En el ensayo 2, el tratamiento 8 °C fue el mejor evaluado en cuanto a apariencia, en cambio, fue el peor evaluado en cuanto a presencia de olores extraños.

Palabras clave: mínimo proceso, germinados de alfalfa, tasa respiratoria, calidad sensorial.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of different storage temperatures (0, 5 and 8 °C) on respiratory rate and sensory quality of alfalfa sprouts (*Medicago sativa* L.) minimally processed. The sprouts were washed with water at 5 °C, dried and packed in polyethylene (PE) trays, then were stored for 6 and 8 days (95% relative humidity). The parameters measured were: respiratory rate, color, total soluble solids, titratable acidity (TA) and sensory quality.

Both trials showed a decrease in respiratory rate during the storage for all treatments. Treatment of 0 °C showed significantly lower rates as compared to the others two treatments with values of 13.9 to 27.6 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ for trial 1 and 19.2 to 39.8 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ for trial 2. Treatment at 5 °C reached 23.1 to 45.1 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ and 21.4 to 58.6 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹, during trials 1 and 2 respectively. Treatment at 8 °C, showed significantly higher rates, recording ranges from 30.2 to 47.0 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ in trial 1 and 38.1 to 88.2 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ in trial 2.

Significant increases in the percentage of TA along storage days for the three treatments, in trial 1.

Regarding the evolution of sensory quality, differences were observed in trial 1, appearance and intensity parameters of color, were the higher score was at 8 °C, compared to others. In trial 2, treatment at 8 °C was the best evaluated for appearance, however, was the worst evaluated for the presence of off odour.

Key words: minimally processed, alfalfa sprouts, respiration rate, sensory quality.

INTRODUCCIÓN

Existe un considerable interés en la relación entre las dietas basadas en vegetales y la prevención de determinadas enfermedades humanas relacionadas con altos niveles de radicales libres. Los componentes bioactivos de las plantas tales como los antioxidantes, incluidos los tocoferoles, carotenoides vitamina C y compuestos fenólicos proporcionados por frutas, hortalizas y granos, son responsables de mejorar la salud y pueden prevenir enfermedades crónicas no transmisibles como las enfermedades cardiovasculares, la obesidad, la diabetes y algunos tipos de cáncer (Frias *et al.*, 2005; Rocha y Morais, 2007).

Los antioxidantes pueden desempeñar un papel importante en la protección de las células contra el daño causado por los radicales libres. Los agentes reductores son potenciales complejos de los metales pro-oxidantes y atenuadores de la formación de oxígeno singlete, de ahí la necesidad de conocer la capacidad antioxidante de los alimentos y su evolución durante el procesamiento industrial (Doblado *et al.*, 2007).

Los cambios en estilos de vida y hábitos de consumo han llevado a la demanda de una amplia gama de productos, que además de ser considerados saludables, estén listos para consumir. Para satisfacer estas necesidades surgieron los productos mínimamente procesados en fresco (MPF), como una buena estrategia para facilitar e incrementar el consumo de frutas y hortalizas dentro de la población (Abadias *et al.*, 2007).

Los MPF consisten en frutas y hortalizas preparadas y manipuladas mediante operaciones simples como el lavado, cortado, rayado y picado, entre otras, que reciben además una higienización antes de ser envasados para su distribución y comercialización bajo refrigeración (Escalona y Luchsinger, 2008).

Las operaciones necesarias para la preparación de los productos MPF mantienen el producto vivo, sin embargo, tras la manipulación se destruye su estructura vegetal, lo que aumenta la tasa de senescencia de tejidos reduciendo su resistencia a la descomposición microbiana (Artés *et al.*, 2009). Al provocar ruptura de la estructura celular, se ponen en contacto enzimas y sustratos, esto genera daño en el producto, debido a las reacciones de pardeamiento y formación de metabolitos secundarios no deseados (Escalona y Luchsinger, 2008).

En general, la tasa respiratoria y emisión de etileno de las frutas y hortalizas aumentan en proporción a la extensión del daño y división del producto entero, es decir, a la intensidad del estrés (Artés-Hernández *et al.*, 2007). Estos cambios conducen a una disminución de calidad y de su vida útil, en comparación a los mismos productos enteros (Artés *et al.*, 2009).

La tasa respiratoria se ve afectada por muchos factores tales como la temperatura de almacenamiento, condición de gases del medio, tiempo transcurrido desde la cosecha y el volumen de enzima y sustrato presente en la matriz celular (Uchino *et al.*, 2004). La velocidad a la que transcurre la respiración de un producto constituye un índice de la actividad metabólica de sus tejidos y una guía para predecir la extensión de su vida comercial (Wills *et al.*, 1999).

Las tecnologías de conservación tradicionalmente utilizadas para controlar la respiración son: el uso de bajas temperaturas y la modificación de la atmósfera, las cuales resultan en una disminución de la tasa de respiratoria y por tanto, una extensión de su vida útil (Ragaert *et al.*, 2007). El mantenimiento de la calidad de un MPF, depende además de varios factores tales como las condiciones higiénicas del producto durante el procesamiento y el mantenimiento de la cadena del frío (Conesa *et al.*, 2007).

A pesar de las dificultades inherentes a su manejo son muchas las ventajas que reúnen los MPF, al ser productos saludables, listos para consumir y con adecuadas características sensoriales, esto ha conducido a un rápido aumento de la demanda de hortalizas MPF en el mercado (Ragaert *et al.*, 2007).

En los últimos años el consumo de germinados, común en Asia, ha crecido en popularidad en los países occidentales ya que se perciben como parte de una dieta saludable, por su contenido de fitoquímicos con propiedades antioxidantes (Oh y Rajashekar, 2009). Su incorporación a la dieta se debe a su alto valor nutritivo, el que incluye las vitaminas B1 y B2, ácido fólico, alto contenido proteico y de fibra (Sachin *et al.*, 2007).

Hoy en día se ofrece una gran variedad de semillas germinadas en los mercados, tales como soya, lentejas, habas y garbanzos, pero los más consumidos son los de rábanos, alfalfa y diversas variedades de poroto, a menudo son consumidos crudos o poco cocinados, presentándose como una nueva alternativa de consumo de las tradicionales ensaladas (Peñas *et al.*, 2009).

La producción de germinados se realiza a través del remojo de semillas viables en agua y posterior fomento de la germinación y crecimiento mediante la entrega de condiciones de calor y humedad, condiciones ideales también para el crecimiento de agentes patógenos, presentes o no en las semillas, en esto radica la gran cantidad de publicaciones referidas a su seguridad microbiológica (Sachin *et al.*, 2007; Peñas *et al.*, 2010).

Incidentes de *Salmonella* y de *Escherichia coli* entero-hemorrágica O157:H7 se han asociado al consumo de germinados de alfalfa, poroto chino y posiblemente a germinados de rábano. La contaminación de la semilla se ha identificado positivamente como, por lo menos, una fuente confirmada de contaminación en varios casos (Suslow y Cantwell, 2008).

La germinación mejora la calidad nutricional de las semillas, ya que los lípidos, hidratos de carbono y proteínas de almacenamiento se descomponen en nutrientes más simples y digeribles durante este complejo proceso metabólico. Por otra parte, los niveles de algunos factores antinutricionales, disminuyen o incluso pueden desaparecer durante el proceso de germinación, mientras que algunos compuestos con actividad antioxidante aumentan, fenómenos que también contribuyen a mejorar la calidad nutricional de los germinados, en comparación con las semillas (Peñas *et al.*, 2008).

El índice de madurez principal del germinado es la longitud deseada y la cosecha se realiza en un número de días relativamente fijo después de la aparición de la raíz, cuando el brote ha alcanzado entre 26 y 38 mm (Cantwell, 2001).

Las altas tasas de respiración y la naturaleza perecedera de los germinados obligan a un rápido almacenamiento y distribución. Se han estimado tasas respiratorias en germinados de poroto entre 17,8 y 21,8 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ a 0 °C, entre 36,9 y 40,7 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ a 5 °C y de 79,8 a 85,5 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ a 10 °C (Suslow y Cantwell, 2008). Específicamente para germinados de alfalfa se recomiendan condiciones de almacenamiento a 0 °C y 95 % de humedad relativa (HR), para las cuales se estima una vida útil de 7 días (Cantwell, 2001).

Debido a su corta vida útil, los productores de germinados de alfalfa reportan importantes pérdidas económicas debido al deterioro durante su distribución o en supermercados, las principales causas son el crecimiento de moho visible y/o el olor a humedad. El deterioro ocurre antes y más frecuentemente cuando los germinados no son refrigerados en el supermercado y/o durante su distribución (Soylemez *et al.*, 2001).

El manejo de la temperatura es la herramienta más efectiva para extender la vida útil de productos hortofrutícolas. Éste se inicia con la remoción rápida del calor de campo y la mantención de la cadena de frío a través del sistema de manejo, se debe garantizar el uso de una temperatura adecuada y constante (Kader, 2002).

Es por esto que la industria necesita además de una apropiada selección de la materia prima, una mejora en estrategias sostenibles que garanticen una reducción en las pérdidas y una entrega de productos de alta calidad sensorial, nutritiva y seguridad alimentaria (Artés *et al.*, 2009).

Objetivo

Evaluar el efecto de distintas temperaturas de almacenamiento (0, 5 y 8 °C), sobre la tasa respiratoria y la calidad sensorial en germinados de alfalfa mínimamente procesados.

MATERIALES Y MÉTODO

Lugar de estudio y material vegetal

Los ensayos se realizaron en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) y en los laboratorios de Evaluación Sensorial del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Esta memoria fue financiada por el Proyecto Nacional FONDECYT - CONICYT N° 1090059 “Technology Innovations Applied to Novel Fresh-cut Leaf Vegetables: Quality and Food Safety”.

Para la realización del presente estudio se utilizaron germinados de alfalfa (*Medicago sativa* L.), proveniente de un huerto comercial perteneciente a la empresa Más Vida S.A., ubicado en la comuna de Calera de Tango, Provincia del Maipo, Región Metropolitana. El método de producción se resume en el Cuadro 1.

En ambos ensayos los germinados se envasaron en tarrinas de polietileno (PE) de 0,5 L.

Cuadro 1. Especificaciones de producción en cultivo de germinados de alfalfa.

| Item | germinados de alfalfa |
|--------------------------------|--|
| Tipo de cultivo | Hidropónico, en cámaras climatizadas |
| Forma de cosecha | Retiro completo del germinado, sin corte |
| Condiciones de cultivo | 18-20 °C y 90% HR |
| Tiempo entre siembra a cosecha | 7 días |

Metodología

Se efectuaron dos ensayos; el primero se realizó con germinados cosechados en enero y el segundo con aquellos cosechados a fines de mayo, en ambos ensayos los germinados fueron envasados en tarrinas de PE de 0,5 L de capacidad. En un primer ensayo se midieron los parámetros de calidad los días, 0, 1, 3 y 6 de almacenamiento y en el segundo, las mediciones se realizaron los días 0, 1, 5 y 8. Las etapas del proceso se describen a continuación y son válidas para ambos ensayos (Figura 1).

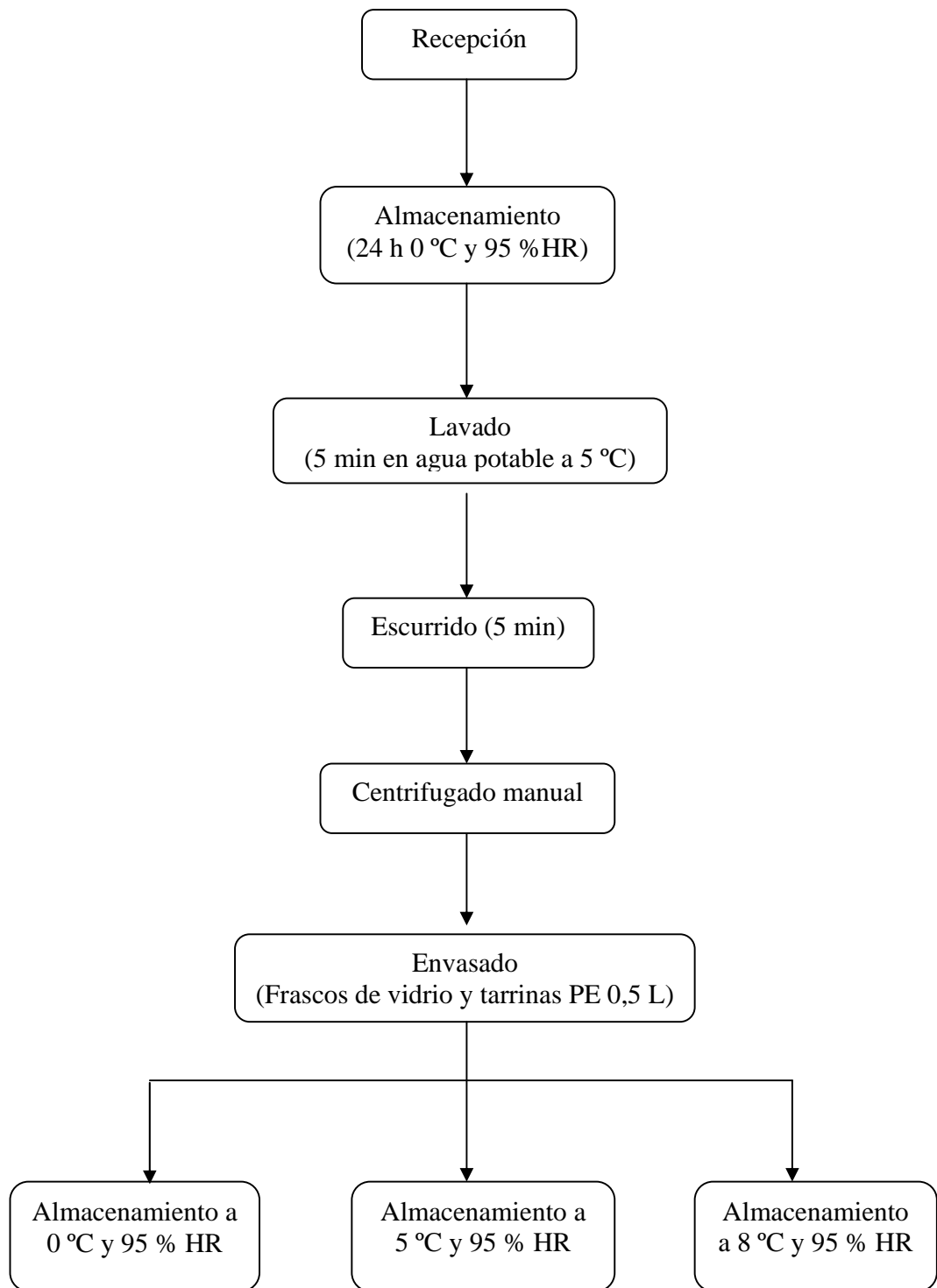


Figura 1. Diagrama de flujo para el procesamiento de germinados de alfalfa MPF.

Recolección, transporte, recepción y almacenamiento

Los germinados se recolectaron manualmente a primera hora de la mañana y fueron envasados en bolsas de PE de 2 kg e inmediatamente transportadas al laboratorio del CEPOC en condiciones de refrigeración en un recipiente aislado (Thermos Brand L.L.C., Illinois, EE.UU.)

Una vez recepcionados los germinados, éstos fueron depositados en cajas plásticas, como se observa en la Figura 2 etapa A y mantenidos a 0 °C y 95% de humedad relativa, durante 24 horas, hasta su procesamiento.

Posteriormente, los germinados se llevaron a una sala de manipulación acondicionada a 8 °C, donde se llevaron a cabo las siguientes operaciones:

Lavado

Con el fin de retirar cualquier material extraño y disminuir la carga microbiana, los germinados fueron inmersos en agua potable a 5 °C durante 5 minutos en un estanque de acero inoxidable, como se observa en la Figura 2, etapa B.

Secado

Los germinados se escurrieron sobre una malla de acero inoxidable por 5 minutos y posteriormente se eliminó el exceso de agua mediante una centrífuga manual, como se observa en las etapas C y D de la Figura 2.

Envasado

Se colocaron 30 g de germinados en frascos de vidrio para medición de tasa respiratoria y otros 60 g en tarrinas de PE para evaluación sensorial, ambos recipientes de 0,5 L de capacidad.

Almacenamiento

Finalmente los germinados, tanto en frascos como tarrinas, fueron almacenados a 0, 5 y 8 °C.

Tratamientos

Los tratamientos aplicados correspondieron a las distintas condiciones de almacenamiento a temperaturas de 0, 5 y 8 °C.



Figura 2. Procesamiento de germinados de alfalfa. (A) Recepción de materia prima; (B) Lavado; (C) Escurrimento; (D) Centrifugado; (E) Pesaje; (F) Envasado.

Parámetros evaluados

Determinación de tasa respiratoria: se determinó mediante un método estático, se dispusieron 50 g de muestra de cada tratamiento en recipientes de vidrio de 0,5 L, los cuales se cerraron herméticamente. Al cabo de 1 a 2 horas después del cierre, a través de un septum de silicona en la tapa se tomaron muestras gaseosas de 10 mL con una jeringa de plástico, La composición del espacio de cabeza fue monitoreado mediante el uso de un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 serie II (EE.UU.). Las temperaturas del inyector, horno y detector fueron 50°, 50° y 200 °C respectivamente. Como gas transportador se utilizó helio (Indura, Chile) a una presión de 50 psi. Se utilizó un estándar de CO₂ de 10% (Indura, Chile) como patrón. La tasa respiratoria se expresó como la producción de CO₂ (mg · kg⁻¹ · h⁻¹) y las mediciones se realizaron a lo largo del almacenamiento.

Para determinar mL de CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ se empleó las siguiente expresión (Kader, 2002).

Método estático:

$$\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} = \frac{\Delta \text{CO}_2\%}{100} * \frac{\text{Volumen libre (mL)}}{\text{Peso muestra (kg)}} * \frac{1}{\text{tiempo (h)}}$$

Para convertir los mL de CO₂ a mg, se multiplicaron los mL por el factor correspondiente, según la temperatura utilizada, 1,98; 1,94 y 1,89, para 0, 5 y 8 °C, respectivamente (Kader, 2002).

Determinaciones físicas

Color: el color de los germinados se midió utilizando un colorímetro compacto triestímulo Minolta modelo CR-300 (Tokio, Japón), con un ángulo observador de 0° y una fuente iluminante D₆₅, previamente calibrado con estándares de color utilizando el sistema CIE Lab (McGuire, 1992). Los valores de a* y b* se transformaron en valores de croma (C*, intensidad) y tono (H_{ab}), donde, C*=(a*²+b*²)^{1/2} y H_{ab}=tan⁻¹(b*/a*).

El color se midió en una capa de germinados de 1 cm, depositada en una placa petri, realizándose 10 mediciones en diferentes lugares para cada repetición.

Determinaciones químicas

Sólidos solubles totales (SST): se determinó mediante un refractómetro manual termo-compensado Atago ATC-1E (Japón), a partir de una muestra de jugo representativa, obtenida de una porción de cada tarrina. Los resultados se expresaron en % SST.

Acidez titulable: se determinó mediante la titulación de 10 mL de jugo con NaOH 0,1N, utilizando un agitador electromagnético Thermolyne Nuova II (EE.UU.), hasta la neutralización de los ácidos orgánicos a pH 8,2 - 8,3. Los resultados se expresaron en % de ácido cítrico (g ácido cítrico/ 100 mL).

Las muestras se obtuvieron utilizando un extractor de jugos centrífuga Oster 3157 (China).

Determinación de calidad sensorial

Para realizar el análisis sensorial, se almacenaron 3 tarrinas con 60 g por tratamiento para cada salida. Se utilizó el método de análisis descriptivo-cuantitativo, aplicado a un panel de 12 jueces semi - entrenados, usando una pauta no estructurada de 0 a 15 cm, puntuaciones bajo 7,5, fueron consideradas como inaceptables comercialmente. Se evaluaron: aspecto visual (aparición y color), aspecto gustativo (sabores extraños y turgencia), además se evaluó la presencia de olores extraños. Las muestras se entregaron randomizadas en pocillos de color blanco identificadas con un código de tres dígitos. La pauta de evaluación se presenta en el Anexo I.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con cinco repeticiones por tratamiento, donde la quinta repetición se utilizó para análisis sensorial. La unidad experimental fue la tarrina con 60 g de germinados. Para la medición de tasa respiratoria, se utilizaron tres repeticiones por tratamiento, la unidad experimental fue el frasco de vidrio con 50 g de germinados.

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

Los resultados fueron comparados entre tratamientos por día y a lo largo de los días de almacenamiento.

Todos los resultados de las determinaciones se analizaron estadísticamente mediante el programa de software estadístico Minitab® INC, 2007 15 e Infostat®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ENSAYO 1

Tasa respiratoria

Se observó una tendencia a la disminución de la tasa respiratoria a lo largo del tiempo de almacenamiento para todos los tratamientos (Figura 3).

El día del proceso, los tratamientos presentaron tasas respiratorias en un rango entre 27,6 y 47,0 $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. La respiración más baja se obtuvo a 0 °C, presentando diferencias significativas en comparación a los otros dos tratamientos. La tasa más alta se registró en los germinados almacenados a 8 °C. El tratamiento 5 °C registró un valor de 45,1 $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (Apéndice I, Cuadro 1).

En el día 1 el tratamiento a 8 °C, presentó una tasa significativamente mayor en comparación a los otros dos tratamientos, alcanzando un valor de 41 $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

En el día 3, se observaron diferencias significativas entre los tres tratamientos, con valores de 16,8, 30,6 y 42,4 $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, para 0, 5 y 8 °C respectivamente.

Tras 6 días de almacenamiento, el tratamiento 5 °C presentó un valor de 23,1, observándose diferencias significativas entre los tratamientos 0 y 8 °C, con valores de 13,9 y 30,2 $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, respectivamente. Se observaron disminuciones significativas en la tasa respiratoria a lo largo de los días de almacenamiento para los tres tratamientos (Apéndice I, Cuadro 1).

Otros germinados similares a los de alfalfa, como los de poroto se clasifican en la categoría muy alta tasa de respiración, con valores entre 40 y 60 $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a temperatura de almacenamiento 5 °C. Los valores situados dentro de este rango se obtuvieron en los germinados de alfalfa almacenados a 8 °C, durante los tres primeros días.

En el tratamiento 5 °C se obtuvieron tasas de respiración clasificadas como altas, es decir, entre 20,0 y 40,0 $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, mientras que en el tratamiento 0 °C se obtuvieron tasas de respiración consideradas como moderadas, es decir, entre 10,0 y 20,0 $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (Kader, 2002).

Las elevadas tasas respiratorias en el día 0, podrían ser consecuencia de la manipulación en las etapas de lavado y secado de los germinados, durante el

procesamiento de éstos, el cual causaría un estrés fisiológico. El aumento de la tasa respiratoria en una de las consecuencias más importantes que sufren los productos vegetales luego del procesamiento (Allende *et al.*, 2009).

Las situaciones de estrés, como el daño mecánico de la superficie, producto de la manipulación es uno de los principales factores de deterioro, este acelera la pérdida de peso por deshidratación y genera sitios de entrada para infecciones fúngicas (Kader, 2002).

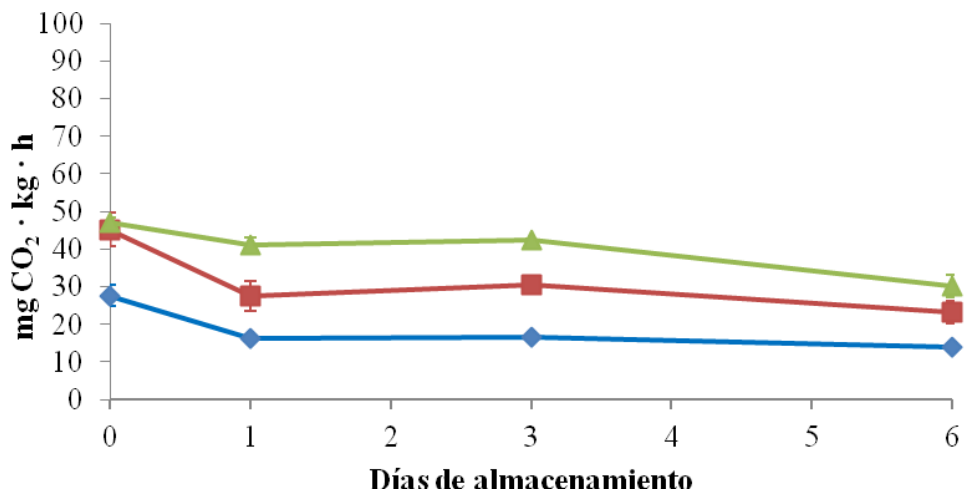


Figura 3. Evolución de la tasa respiratoria en germinados de alfalfa almacenados a diferentes temperaturas durante 6 días.

◆ 0 °C; ■ 5 °C; ▲ 8 °C. Los valores corresponden a la media ± EE (n = 3)

Color

Luminosidad: al inicio del ensayo, la materia prima presentó un valor de 61, el cual disminuyó a través de los días de almacenamiento en los tres tratamientos (Figura 4), como resultado del pardeamiento sufrido por los germinados durante su almacenamiento. El día 1 el tratamiento 5 °C tuvo un valor de 59,4, significativamente más alto en comparación a 0 y 8 °C, los que alcanzaron 57,7 y 58,3, respectivamente. Durante el día 3, los tres tratamientos presentaron un valor de 57,5 (Apéndice I, Cuadro 2).

Tras 6 días de almacenamiento, se registraron valores entre 56,6 y 57,3, para 8 y 0 °C (Apéndice I, Cuadro 2), si bien los menores valores se obtuvieron para el tratamiento 8 °C, esta disminución de luminosidad no fue significativa en el tiempo.

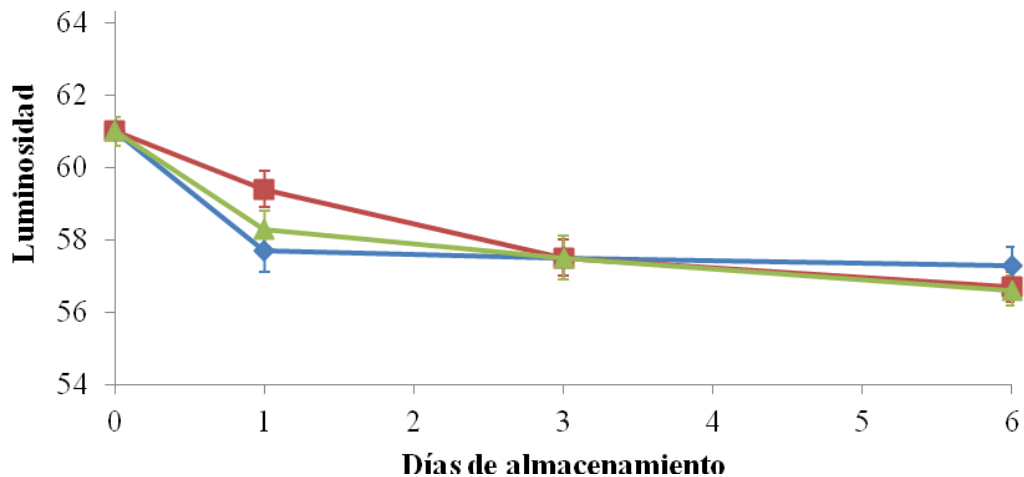


Figura 4. Evolución del parámetro luminosidad en germinados de alfalfa almacenados a diferentes temperaturas durante 6 días.

◆ 0 °C; ■ 5 °C; ▲ 8 °C. Los valores corresponden a la media \pm EE (n = 4).

Croma: al inicio del ensayo, la materia prima presentó un valor de 12,2, valor que disminuyó el día 1, con un rango entre 11,3 a 11,8, sin presentar diferencias significativas entre tratamientos.

Durante los días 3 y 6 los valores aumentaron como se observa en la Figura 5, registrándose valores significativamente más bajos el día 6 en el tratamiento 0 °C, con un valor de 12,9 en comparación a los tratamientos 5 y 8 °C, los que alcanzaron valores de 13,8 y 13,4 respectivamente (Apéndice I, Cuadro 2). Este aumento demostró el mayor pardeamiento observado en los tratamientos de mayores temperaturas, reflejando un color más intenso.

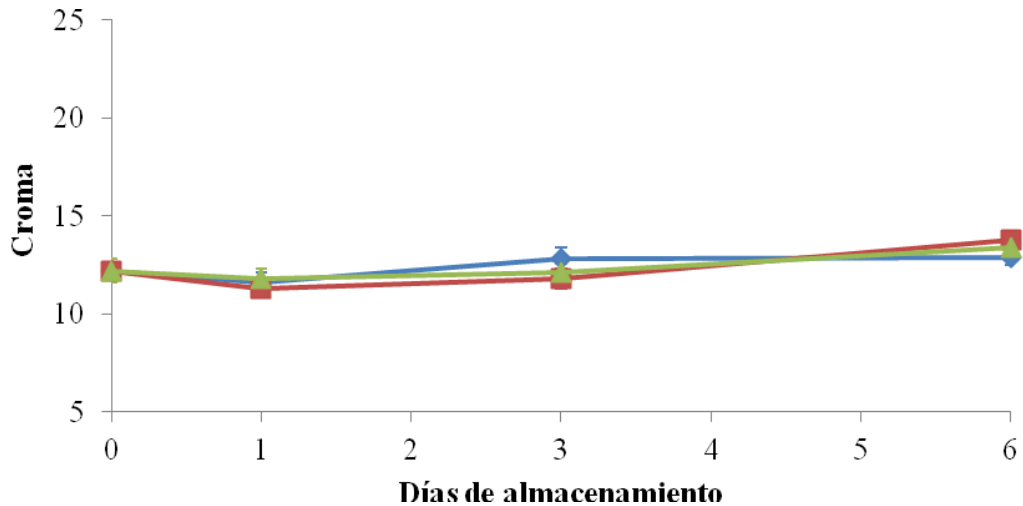


Figura 5. Evolución del parámetro croma en germinados de alfalfa almacenados a diferentes temperaturas durante 6 días.

◆ 0 °C; ■ 5 °C; ▲ 8 °C. Los valores corresponden a la media \pm EE (n = 4).

Tono: Al inicio del ensayo, la materia prima presentó un valor de 93,1°, valor que aumentó a lo largo de los días en los tres tratamientos (Figura 6). Los tratamientos que presentaron mayores valores de tono durante todas las evaluaciones fueron los de mayor temperatura de almacenamiento.

El día 1, los tratamientos 0 y 5 °C, presentaron un valor de 94°, el tratamiento 8 °C, presentó un valor significativamente mayor en comparación a las otras dos temperaturas, con un valor de 98,3°. El día 3, los valores fueron 93; 97,4 y 99°, para 0, 5 y 8 °C respectivamente.

Durante el día 6, se observó un leve aumento a valores 93,4; 95,7 y 100,6°, observándose en los últimos dos días de evaluación, valores significativamente menores para el tratamiento 0 °C (Apéndice I, Cuadro 2). Los valores menores de tono, se asociarían al aumento del color amarillo, observado a la menor temperatura de almacenamiento.

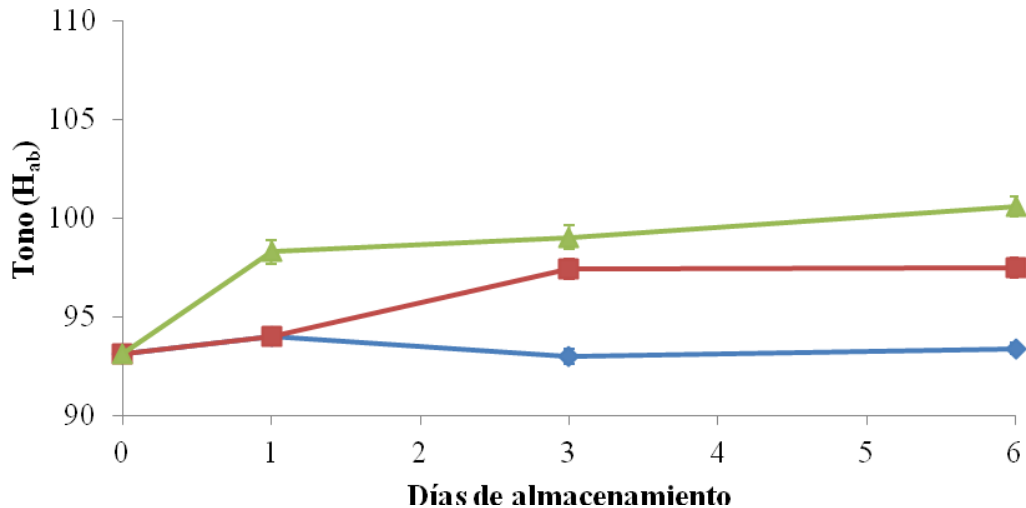


Figura 6. Evolución del parámetro tono (H_{ab}) en germinados de alfalfa almacenados a diferentes temperaturas durante 6 días.

◆ 0 °C; ■ 5 °C; ▲ 8 °C. Los valores corresponden a la media \pm EE (n = 4).

Aunque la calidad de consumo es una combinación de diversas características, atributos y propiedades que hacen que un alimento se prefiera, los consumidores opinan que la apariencia y la frescura son los atributos más importantes al momento de compra. Un color apropiado, entre otros factores, es un criterio de calidad importante al momento de decidir (Kader, 2002).

Uno de los principales problemas que reduce la vida útil de frutas y hortalizas mínimamente procesadas es el pardeamiento enzimático que se produce en la zona de daño mecánico, el resultado de la desintegración de las membranas, es la exposición de los compuestos fenólicos a la enzima polifenol oxidasa. Este deterioro tiene un gran impacto visual que disminuye la calidad comercial, aceptación y valor nutricional del producto en cuestión (Artés *et al.*, 1998).

El pardeamiento, resultado de la variación de los parámetros de color fue menor en el tratamientos 0 °C, el que obtuvo como resultado un producto menos pardeado que los almacenados a 5 y 8 °C.

Parámetros Químicos

Cuadro 2. Valores de los parámetros SST y acidez titulable de germinados de alfalfa almacenados a diferentes temperaturas, durante 6 días.

| Parámetro | Días | Tratamientos | | |
|---------------------------------|------|----------------------------|---------------|---------------|
| | | 0 °C | 5 °C | 8 °C |
| SST (%) | 1 | 2,9 ± 0,1 B b ^z | 2,6 ± 0,1 A a | 2,3 ± 0,1 A a |
| | 3 | 2,4 ± 0,1 A a | 2,4 ± 0,1 A a | 2,3 ± 0,1 A a |
| | 6 | 2,9 ± 0,1 B a | 2,8 ± 0,1 A a | 2,7 ± 0 B a |
| Ac. titulable (%Ac. cítrico) | 1 | 0,18 ± 0 A a | 0,17 ± 0 A a | 0,17 ± 0 A a |
| | 3 | 0,17 ± 0 A a | 0,17 ± 0 A a | 0,17 ± 0 A a |
| | 6 | 0,21 ± 0 B a | 0,21 ± 0 B a | 0,22 ± 0 B a |

^zLetras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

SST: al inicio del ensayo, la materia prima presentó un valor de 3,0 %, valor que disminuyó durante los días de almacenamiento (Cuadro 2), en un rango 2,9 a 2,3 %.

En el día 1, los valores registrados para 0 y 5 °C fueron 2,3 y 2,6 % SST respectivamente, el tratamiento 0 °C presentó valores significativamente mayores, con 2,9 %. Durante el día 3, se observó una disminución de los SST, a un rango 2,3 a 2,4 %.

Finalmente, el día 6, se observó un aumento en los niveles de SST, presentando un rango 2,7 a 2,9 %, sin diferencias significativas entre tratamientos durante ambos días.

Acidez titulable: al inicio del ensayo, la materia prima presentó un valor de 0,17%. Durante el día 1, se observaron valores promedio entre 0,17 y 0,18%.

Durante el día 3, los tres tratamientos registraron un valor promedio de 0,17%. Finalmente, tras 6 días de almacenamiento, se obtuvo un rango entre 0,21 y 0,22%, sin observarse diferencias significativas entre tratamientos durante ninguna de las evaluaciones.

Se observaron aumentos significativos en el porcentaje de acidez a lo largo de los días de almacenamiento para los tres tratamientos (Cuadro 2).

La menor temperatura de almacenamiento presentó tasas significativamente menores de respiración durante el día 1, por lo tanto, mayor porcentaje de SST para el tratamiento 0 °C, como consecuencia de un menor consumo de azúcares utilizados como sustrato durante el proceso de respiración, en comparación a los otros dos tratamientos de mayor temperatura. El aumento observado en ambos parámetros desde el día 3 de evaluación al 6, podría deberse al proceso de deshidratación sufrido por los germinados (Kader, 2002).

Análisis sensorial

Apariencia: durante el día 1, los germinados obtuvieron puntuaciones entre 11,2 y 12 a 5 y 8 °C (Figura 7).

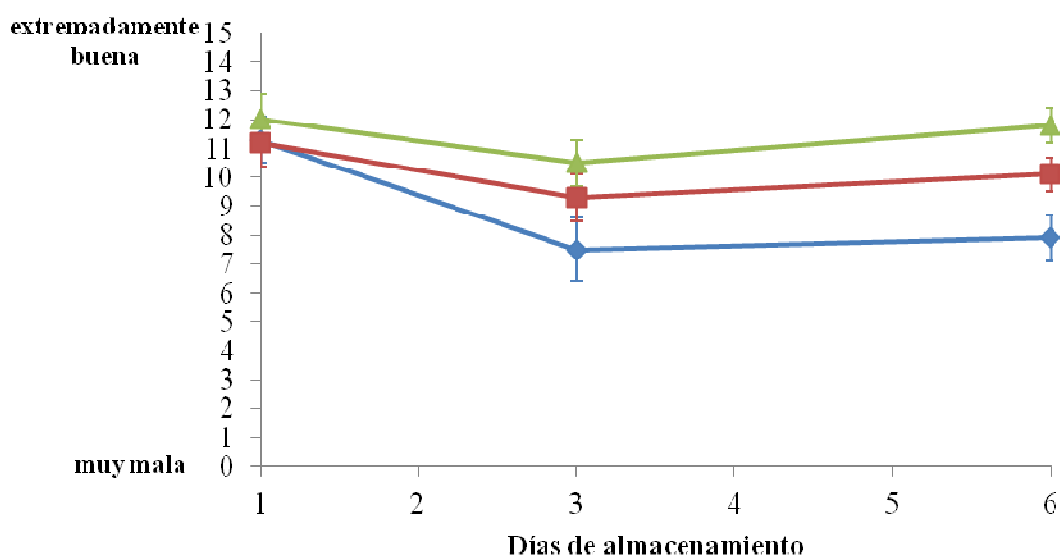


Figura 7. Efecto de diferentes temperaturas de almacenamiento sobre la apariencia en germinados de alfalfa durante 6 días.

◆ 0 °C; ■ 5 °C; ▲ 8 °C. Los valores corresponden a la media \pm EE (n = 12).

Durante el día 3, los puntajes se situaron entre 7,5 y 10,5 a 0 y 8 °C sin observarse diferencias significativas entre tratamientos durante ambos días de evaluación.

Tras 6 días de almacenamiento, se observaron puntuaciones significativamente menores para el tratamiento 0 °C, con un valor de 7,9, comparado con los tratamientos 5 y 8 °C, los que obtuvieron 10,1 y 11,8, respectivamente (Apéndice I, Cuadro 3).

El aumento en la puntuación durante el último día de almacenamiento, probablemente se asoció al cambio de color de los cotiledones de amarillo a verde pálido, el que según

observaciones dadas por los panelistas, les confiere una mejor apariencia. Por la misma razón, los panelistas asignaron mejores puntajes al tratamiento de mayor temperatura de almacenamiento.

Sólo el tratamiento 0 °C presentó diferencias significativas en apariencia a lo largo de los días de almacenamiento y todos los tratamientos fueron considerados aceptables durante todos los días de evaluación.

Intensidad de color: durante el día 1, los germinados obtuvieron puntuaciones entre 10,8 a 11,8 a 5 y 8 °C (Figura 8).

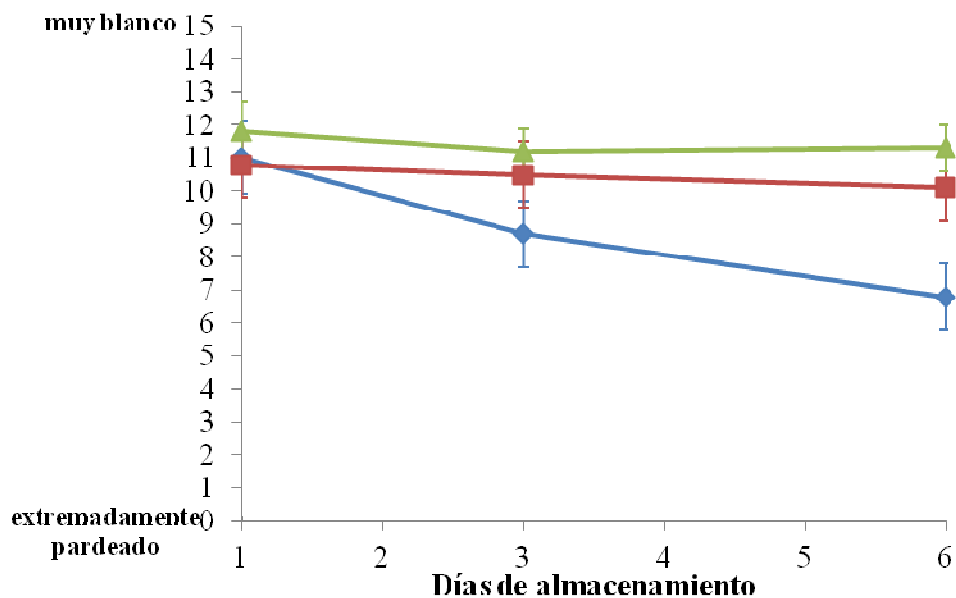


Figura 8. Efecto de diferentes temperaturas de almacenamiento sobre la intensidad de color en germinados de alfalfa durante 6 días.

◆ 0 °C; ■ 5 °C; ▲ 8 °C. Los valores corresponden a la media ± EE (n = 12).

Durante el día 3 se obtuvieron valores entre 8,7 y 11,2 a 0 y 8 °C, sin observarse diferencias significativas entre tratamientos en ambos días de evaluación.

Tras 6 días de almacenamiento, el tratamiento 0 °C recibió puntuaciones significativamente menores en comparación a los otros dos tratamientos, con un valor de 6,8, valor interpretado como inaceptable comercialmente (Apéndice I, Cuadro 3).

Sólo el tratamiento 0 °C, presentó diferencias significativas de intensidad de color a lo largo de los días de almacenamiento.

Contrario a lo esperado, los tratamientos mejor evaluados al final del periodo de almacenamiento fueron los almacenados a mayor temperatura, esto probablemente a una asociación subjetiva de los panelistas, entre el color amarillo- pardo de los cotiledones presentado por los tratamientos 0, asociado a una mayor intensidad de color.

Turgencia: durante el día 1, se obtuvieron puntuaciones entre 10,7 y 12,4 a 0 y 8 °C respectivamente (Figura 9).

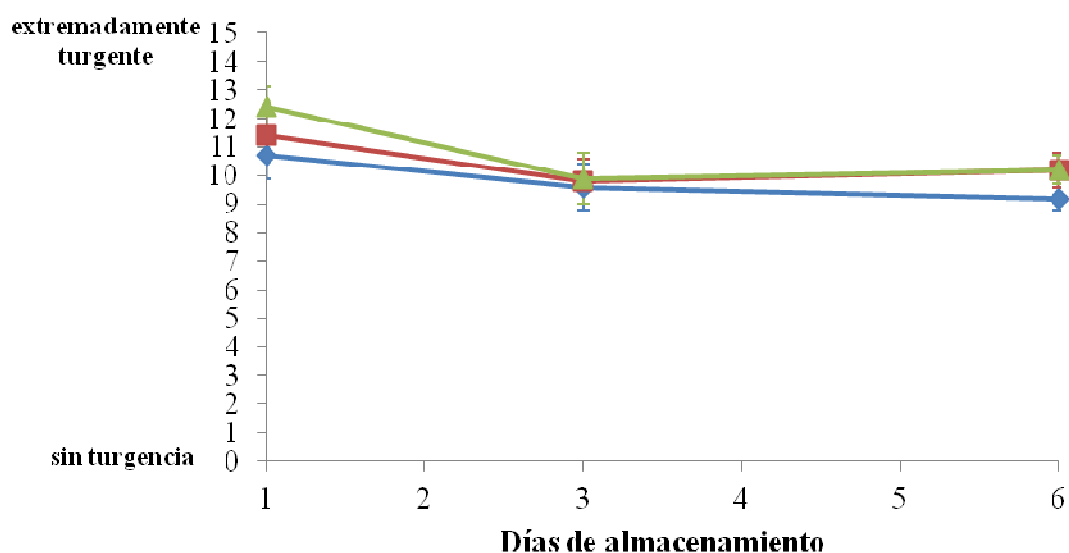


Figura 9. Efecto de diferentes temperaturas de almacenamiento sobre la turgencia en germinados de alfalfa durante 6 días.

◆ 0 °C; ■ 5 °C; ▲ 8 °C. Los valores corresponden a la media \pm EE (n = 12).

Durante el día 3, se obtuvieron puntuaciones entre 9,6 y 9,9 a 0 y 8 °C.

Tras 6 días de almacenamiento, se obtuvieron puntuaciones de 9,2 a 0 °C y 10,2 a 5 y 8 °C, sin observarse diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los días de evaluación (Apéndice I, Cuadro 3).

No se observaron diferencias significativas de turgencia a lo largo de los días de almacenamiento. Todos los puntajes asignados por los panelistas para los tres tratamientos calificaron los germinados como aceptables durante todas las evaluaciones.

Sabores extraños: durante el día 1, las puntuaciones obtenidas estuvieron en un rango de 11,7 a 12,3 a 5 y 8 °C (Figura 10).

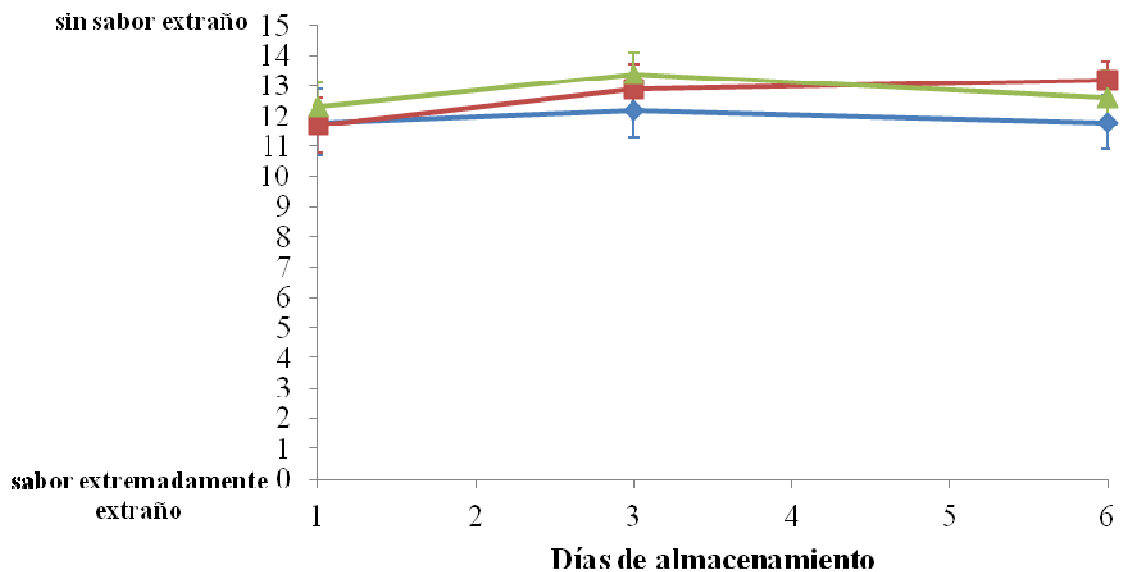


Figura 10. Efecto de diferentes temperaturas de almacenamiento sobre la formación de sabores extraños en germinados de alfalfa durante 6 días.

◆ 0 °C; ■ 5 °C; ▲ 8 °C. Los valores corresponden a la media \pm EE (n = 12).

El día 3 se obtuvieron puntajes entre 12,2 a 13,4 a 0 y 8 °C.

Tras 6 días de almacenamiento, las puntuaciones estuvieron entre 11,8 y 13,2 a 0 y 5 °C (Apéndice I, Cuadro 3).

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los días de evaluación ni a lo largo de los días de almacenamiento.

Durante toda la experiencia los puntajes reflejaron aceptabilidad comercial de los germinados.

Olores extraños: durante el día 1, los puntajes obtenidos estuvieron en un rango de 13,7 a 14, 2 a 5 y 8 °C (Figura 11).

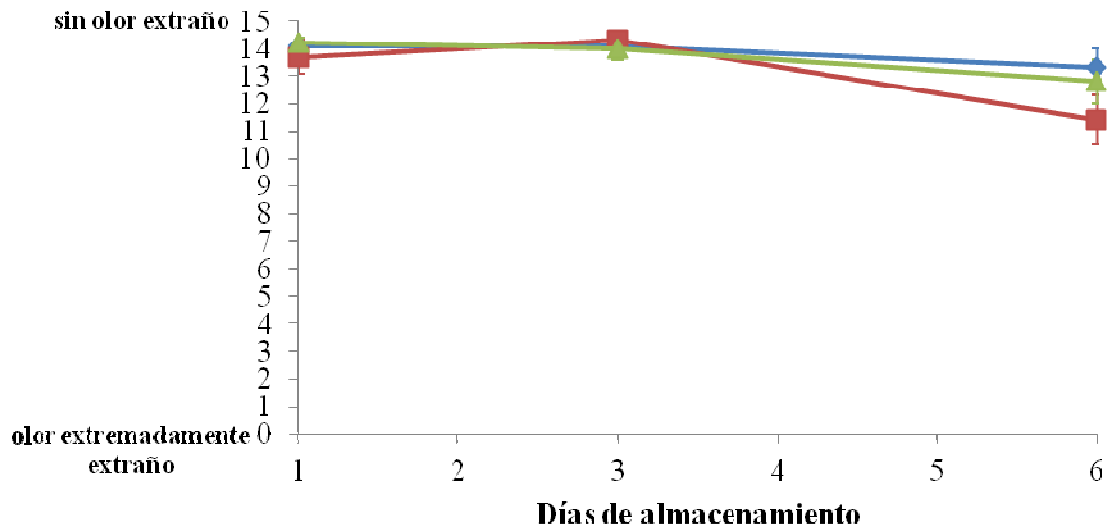


Figura 11. Efecto de diferentes temperaturas de almacenamiento sobre la formación de olores extraños en germinados de alfalfa durante 6 días.

◆ 0 °C; ■ 5 °C; ▲ 8 °C. Los valores corresponden a la media \pm EE (n = 12).

El día 3, se obtuvo un rango entre 14 y 14,3 a 8 y 5 °C respectivamente.

Tras 6 días de almacenamiento el tratamiento 0 °C obtuvo una puntuación de 13,3, mientras que los tratamientos 5 y 8 °C, obtuvieron puntajes de 11,4 y 12,8, respectivamente (Apéndice I, Cuadro 3).

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los días de evaluación.

Se observaron diferencias significativas en la percepción de olores extraños a lo largo de los días de almacenamiento sólo para el tratamiento 5 °C, la disminución en la puntuación para el parámetro reflejó un aumento en la percepción de éstos.

Todos los puntajes asignados por los panelistas para los tres tratamientos calificaron los germinados como aceptables durante todas las evaluaciones.

ENSAYO 2

Tasa respiratoria

En los germinados de alfalfa se observó una tendencia a la disminución de la tasa respiratoria a lo largo del almacenamiento para todos los tratamientos (Figura 12).

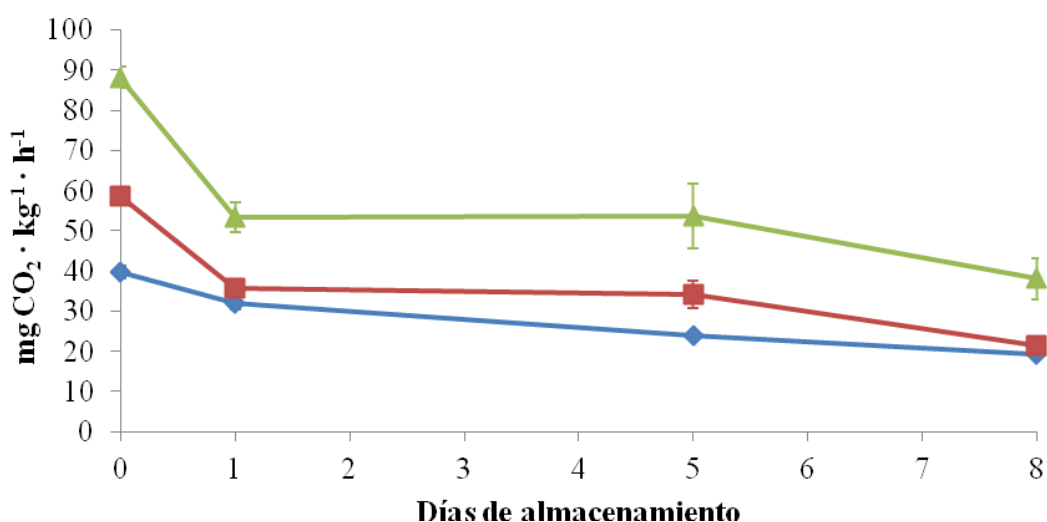


Figura 12. Evolución de la tasa respiratoria en germinados de alfalfa almacenados a diferentes temperaturas durante 8 días.

◆ 0 °C; ■ 5 °C; ▲ 8 °C. Los valores corresponden a la media ± EE (n = 3)

El día del procesamiento, la tasa respiratoria más baja se obtuvo a 0 °C, con un valor de 39,8 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹, el tratamiento 5 °C presentó una tasa de 58,6 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ y el tratamiento 8 °C de 88,2 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ existiendo diferencias significativas entre los tres tratamientos (Apéndice II, Cuadro 1).

Durante el día 1 el tratamiento 8 °C presentó tasas significativamente mayores en comparación a los otros dos tratamientos, alcanzando un valor promedio de 53,3 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹, mientras 0 y 5 °C presentaron valores de 31,9 y 35,9 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ respectivamente.

Tras 3 días de almacenamiento, el tratamiento 8 °C presentó un valores significativamente mayores, registrándose una tasa de 53,7 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹, versus un 34,3 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ para 5 °C y 23,9 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ para 0 °C.

Durante el último día de evaluación el tratamiento 8 °C presentó diferencias significativas en comparación a las otras dos temperaturas de almacenamiento, con un valor de 38,1 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹. Los tratamientos 0 y 5 °C, registraron valores de 19,2 y 21,4 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹.

Se observaron disminuciones significativas en la tasa respiratoria a lo largo de los días de almacenamiento para los tres tratamientos (Apéndice II, Cuadro 1).

A diferencia del ensayo anterior, esta experiencia registró tasas de respiración mucho más altas durante los días de almacenamiento, registrándose tasas hasta 1,8 veces mayores.

Los valores obtenidos en el ensayo 2 se acercan a los obtenidos por Cantwell (2001), quién registró en germinados de poroto tasas entre 17,8 y 21, 8 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 0 °C, 36,9 a 40,7 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ a 5 °C y entre 79,8 y 85,5 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹ a 10 °C.

En el día 1 se alcanzaron valores entre 31,9 a 53,3 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹, versus 13,4 a 40,9 mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹, en el ensayo 1. Estas diferencias se podrían atribuirse a varias causas, entre ellas, diferencias en la calidad de la materia prima utilizada, diferencias en las condiciones de temperatura y humedad durante el almacenamiento y transporte y mayor manipulación de los germinados durante las etapas del proceso, factores que estimulan la tasa respiratoria del producto. Los efectos del procesamiento aceleran cambios fisiológicos en las hortalizas, la mayoría de los pasos del proceso tienen como consecuencia la ruptura o daño de las células vegetales, los cuales influyen sobre su calidad y vida útil (Cliffe-Byrnes and O'Beirne, 2005).

Estos resultados podrían ser una posible respuesta al deterioro evidente en el ensayo 2, ya que las pérdidas de las reservas alimenticias durante la respiración aceleran la senescencia (Kader, 2002).

Color

Luminosidad: al inicio del ensayo, la materia prima presentó un valor de 61,5, durante el día 1 se registró un rango entre 60,6 y 60,9 (Figura 13).

Durante el día 5, un rango 59,2 a 60,2, sin observarse diferencias significativas entre tratamientos en ambos días.

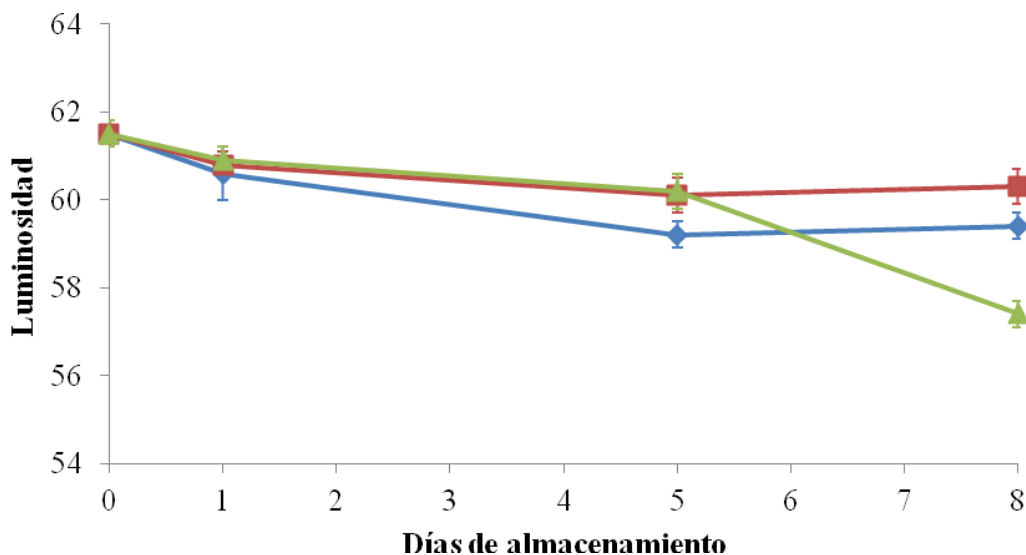


Figura 13. Evolución del parámetro luminosidad en germinados de alfalfa almacenados a diferentes temperaturas durante 8 días.

◆ 0 °C; ■ 5 °C; ▲ 8 °C. Los valores corresponden a la media \pm EE (n = 4).

Tras 8 días de almacenamiento se observaron valores significativamente menores en el tratamiento 8 °C, con un valor de 57,4, mientras que los otros dos tratamientos alcanzaron valores de 59,4 y 60,3 a 0 y 5 °C, respectivamente (Apéndice II, Cuadro 2).

La disminución de luminosidad fue significativa a lo largo de los días, sólo para el tratamiento 8 °C.

El valor de luminosidad de la materia prima fue muy similar al del ensayo 1 (61), valor que también disminuyó durante los días de almacenamiento para los tres tratamientos, como se observa en las Figuras 4 y 13.

El tratamiento 8 °C, fue el que presentó menores valores de luminosidad al final del periodo de almacenamiento al igual que en la primera experiencia, lo que coincidiría con un mayor pardeamiento.

Croma: al inicio del ensayo la materia prima presentó un valor de 13,7, durante el día 1 se registró un rango entre 12,7 a 13,1 (Figura 14), sin presentar diferencias significativas entre tratamientos.

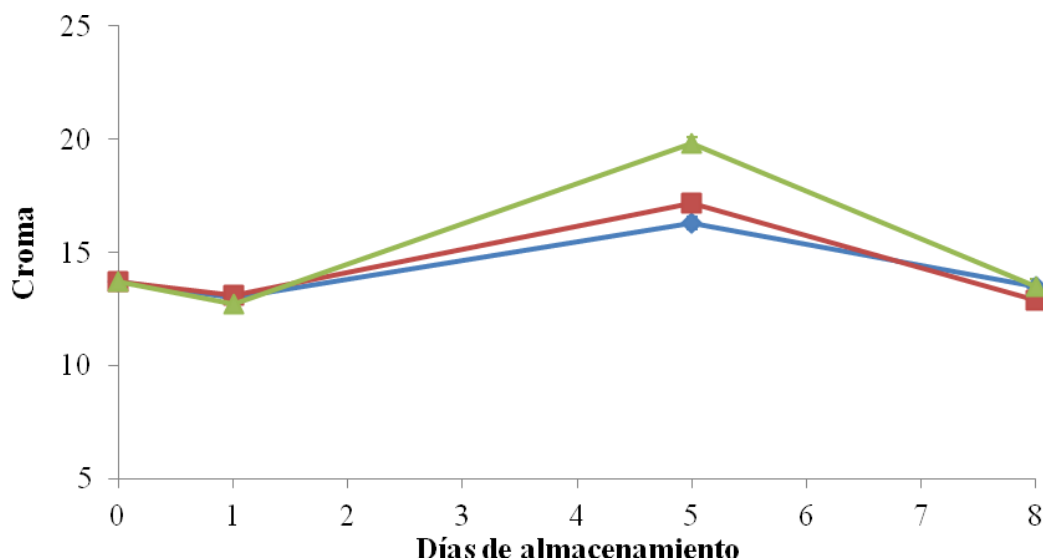


Figura 14. Evolución del parámetro croma en germinados de alfalfa almacenados a diferentes temperaturas durante 8 días.

◆ 0 °C; ■ 5 °C; ▲ 8 °C. Los valores corresponden a la media \pm EE (n = 4).

Durante el día 5 el valor de croma aumentó, presentando el tratamiento 8 °C valores significativamente mayores, con un valor promedio de 19,8, versus 16,3 para el tratamiento 0 °C y 17,2 a 5 °C.

Tras 8 días de almacenamiento se observó una disminución a un rango entre 12,9 y 13,5, sin existir diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice II, Cuadro 2).

Al igual que en el ensayo 1, el tratamiento de mayor temperatura de almacenamiento fue el que presentó mayores valores de croma, reflejando un color más intenso, solo durante el quinto día de evaluación.

Tono: al inicio del ensayo, la materia prima presentó un valor de 95,1°, valor que disminuyó levemente en los tratamientos 0 y 8 °C en el día 1, con valores de 93,5 y 94,5° respectivamente, mientras el tratamiento 5 °C mantuvo el valor inicial (Figura 15).

Durante el día 5, se observó un aumento con un rango entre 105,6 a 106,8°, sin presentar diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice II, Cuadro 2).

Tras 8 días de almacenamiento el tratamiento 0 °C, presentó valores significativamente menores en comparación a los otros dos tratamientos, al igual que en el ensayo 1 durante

el último día de evaluación, registrándose un valor promedio de 92,9°, versus 95,6 y 97°, para 5 y 8 °C respectivamente.

Sólo el tratamiento 8 °C presentó cambios significativos a través de los días de almacenamiento.

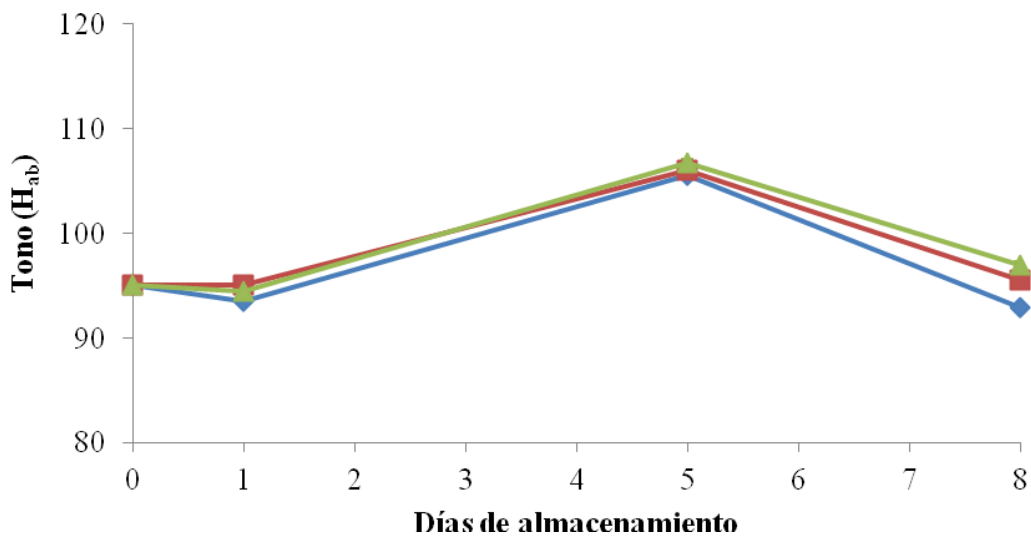


Figura 15. Evolución del parámetro tono (H_{ab}) en germinados de alfalfa almacenados a diferentes temperaturas durante 8 días.

◆ 0 °C; ■ 5 °C; ▲ 8 °C. Los valores corresponden a la media \pm EE (n = 4).

Parámetros químicos

SST: al inicio del ensayo, la materia prima presentó un valor de 2,2%, el que disminuyó levemente hacia el final del periodo de almacenamiento (Cuadro 3), al igual que en el primer ensayo, presentando un rango 2,0 a 2,1%, sin observarse diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los días de evaluación.

Durante el día 1 los tres tratamientos presentaron un valor de 1,9 %.

Durante el día 5, se observaron valores de 2,1; 2,2 y 2,3% a 0, 5 y 8 °C, respectivamente.

Tras 8 días de almacenamiento, los valores registrados fueron 2,1% para los tratamientos 0 y 5 °C y 2% para el tratamiento 8 °C.

Acidez titulable: al inicio del ensayo, la materia prima presentó un valor de 0,13%, valor que no presentó cambios significativos tras 8 días de almacenamiento (Cuadro 3).

Durante los días 1 y 5, se obtuvo un valor promedio entre 0,14 y 0,13% de acidez.

Durante el día 8, se obtuvo un valor promedio entre 0,12 y 0,13 % de acidez, sin observarse diferencias significativas durante ninguno de los días de evaluación.

Cuadro 3. Valores de los parámetros SST y acidez titulable de germinados de alfalfa almacenados a diferentes temperaturas, durante 8 días.

| Parámetro | Días | Tratamientos | | |
|----------------------------------|------|--------------------------|---------------|---------------|
| | | 0 °C | 5 °C | 8 °C |
| SST (%) | 1 | 1,9 ± 0 A a ^z | 1,9 ± 0,2 A a | 1,9 ± 0,2 A a |
| | 5 | 2,1 ± 0,1 B a | 2,2 ± 0 A a | 2,3 ± 0,1 A a |
| | 8 | 2,1 ± 0,1 AB a | 2,1 ± 0,1 A a | 2,0 ± 0 A a |
| Ac. titulable (% Ac. Cítrico) | 1 | 0,14 ± 0 A a | 0,14 ± 0 A a | 0,13 ± 0 A a |
| | 5 | 0,13 ± 0 A a | 0,14 ± 0 A a | 0,14 ± 0 A a |
| | 8 | 0,12 ± 0 A a | 0,13 ± 0 A a | 0,13 ± 0 A a |

^zLetras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Análisis sensorial

Apariencia: se observó una disminución en las puntuaciones durante los días de almacenamiento para los tratamientos 0 y 5 °C (Figura 16).

Durante el día 1, los germinados obtuvieron puntuaciones entre 10,7 a 11,8 a 8 y 5 °C respectivamente.

Durante el día 5 el tratamiento mejor evaluado fue el almacenado a 8 °C, alcanzando una puntuación de 11,2, este mismo día el tratamiento 0 °C recibió una puntuación significativamente menor con un valor de 8,5.

Finalmente el día 8, se obtuvieron puntuaciones de 8,1, 9,3 y 9,5, para 0, 5 y 8 °C, sin observarse diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice II, Cuadro 3).

Todos los tratamientos fueron considerados aceptables durante todos los días de evaluación. Los tratamientos 0 y 5 °C registraron cambios significativos a lo largo de los días de almacenamiento (Figura 19).

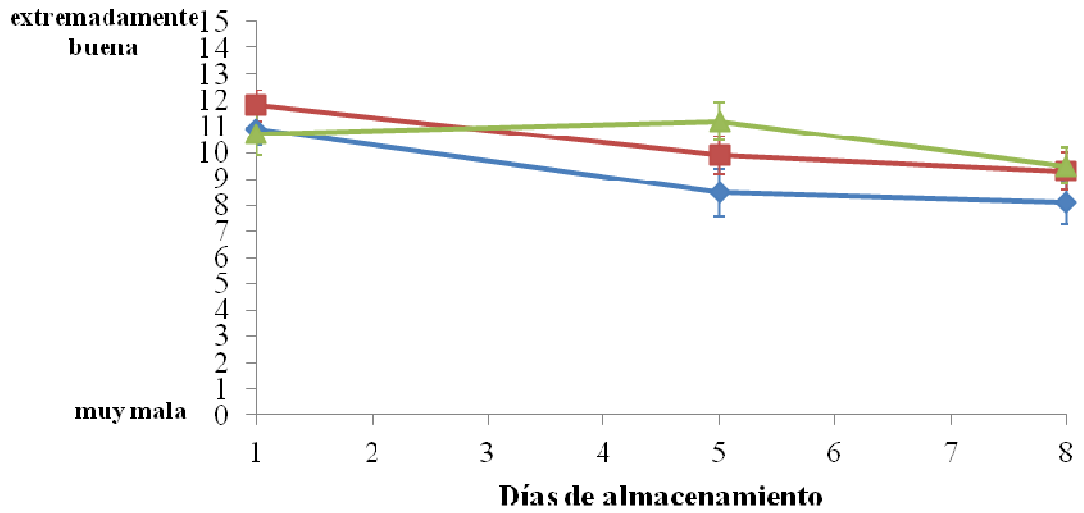


Figura 16. Efecto de diferentes temperaturas de almacenamiento sobre la apariencia en germinados de alfalfa durante 8 días.

◆ 0 °C; ■ 5 °C; ▲ 8 °C. Los valores corresponden a la media ± EE (n = 12).

Intensidad de color: durante el día 1, los tratamientos 0 y 8 °C obtuvieron un puntaje promedio de 9,2, mientras que el tratamiento 5 °C, obtuvo un puntaje de 9,5 (Figura 17).

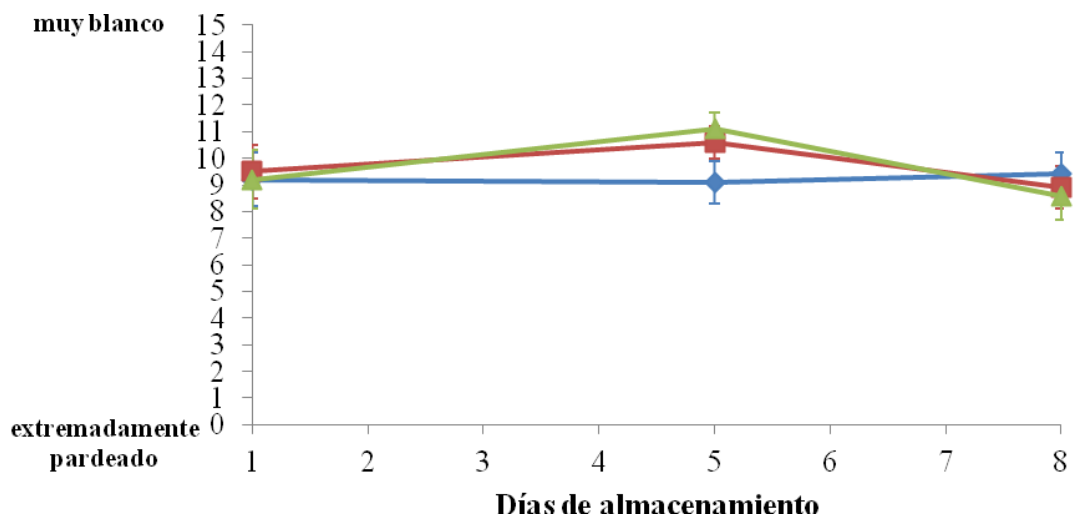


Figura 17. Efecto de diferentes temperaturas de almacenamiento sobre la intensidad de color en germinados de alfalfa durante 8 días.

◆ 0 °C; ■ 5 °C; ▲ 8 °C. Los valores corresponden a la media ± EE (n = 12).

Durante el día 5, se obtuvieron puntajes entre 9,1 y 11,1, para 0 y 8 °C. Finalmente, el día 8, se obtuvo un rango 9,4 a 8,6, para 0 y 8 °C (Apéndice II, Cuadro 3).

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los días de evaluación y todos los tratamientos fueron considerados aceptables durante todos los días de evaluación. Los cambios en intensidad de color no fueron significativos a lo largo de los días de almacenamiento.

Turgencia: durante el día 1, el tratamiento 0 °C presentó un valor de 9,7, mientras que los tratamientos 5 y 8 °C, recibieron puntajes de 10,8 y 10,5 respectivamente.

Durante el día 5 el tratamiento 8 °C presentó un valor de 9,5, mientras que los tratamientos 0 y 5 °C, recibieron puntajes de 10,1 y 10,2 respectivamente (Apéndice II, Cuadro 3).

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los días de evaluación. Hasta el día 5, todos los tratamientos fueron considerados comercialmente aceptables según este parámetro. No se registraron cambios significativos de turgencia a través de los días de evaluación.

El día 8 no fue posible evaluar el aspecto gustativo, ya que los germinados presentaron un fuerte olor extraño, por lo que se excluyó dicha parte de la evaluación sensorial. Este olor extraño podría estar asociado, según Cliffe-Byrnes y O'Beirne (2005), al crecimiento de microorganismos.

Sabores extraños: durante el día 1, se registraron puntajes en un rango 9,7 a 10,8 a 0 y 5 °C. Durante el día 5, el rango registrado fue entre 11,9 y 13,5 a 5 y 0 °C respectivamente.

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los días de evaluación, los germinados obtuvieron puntajes considerados aceptables y no se observaron cambios significativos en este parámetro (Apéndice II, Cuadro 3).

Olores extraños: en los tres tratamientos se observó una disminución en la puntuación para este parámetro, es decir, un aumento en la percepción de estos (Figura 18).

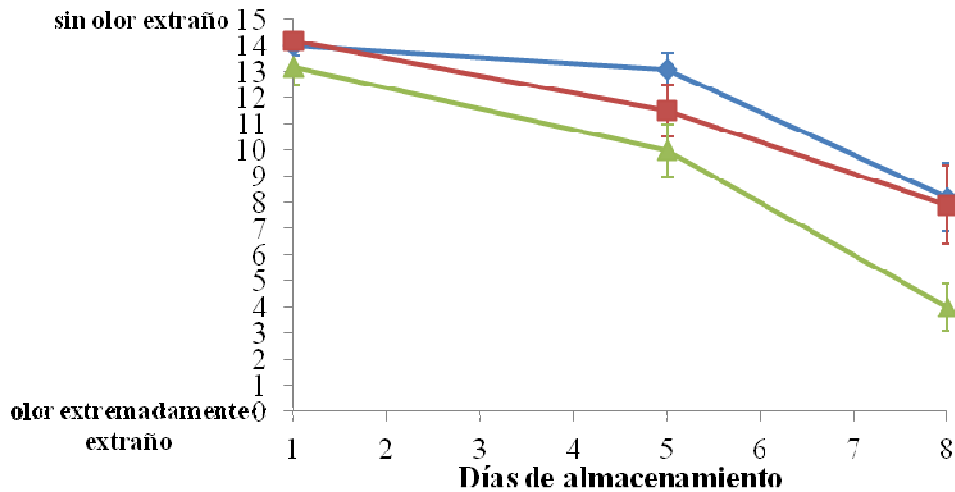


Figura 18. Efecto de diferentes temperaturas de almacenamiento sobre la formación de olores extraños en germinados de alfalfa durante 8 días.

◆ 0 °C; ■ 5 °C; ▲ 8 °C. Los valores corresponden a la media \pm EE (n = 12)

Durante el día 1, las puntuaciones se encontraron entre 13,2 y 14,2 a 8 y 5 °C respectivamente, sin observarse diferencias significativas entre tratamientos.

Durante el día 5 los tratamientos 5 y 8 °C, alcanzaron valores de 11,5 y 10, mientras que el tratamiento 0 °C, fue el mejor evaluado con un puntaje de 13,1, con diferencias significativas entre los tratamientos 0 y 8 °C.

Tras 8 días de almacenamiento se observó una considerable disminución en los puntajes, alcanzando el tratamiento 8 °C un puntaje de 4, considerado inaceptable. El tratamiento 5 °C obtuvo un puntaje de 7,9, mientras que el tratamiento 0 °C registró 8,2, sin diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice II, Cuadro 3).

Los tres tratamientos presentaron aumentos significativos en la percepción de olores extraños a lo largo del almacenamiento. En tratamiento 8 °C estos valores fueron considerados inaceptables comercialmente el día 8.

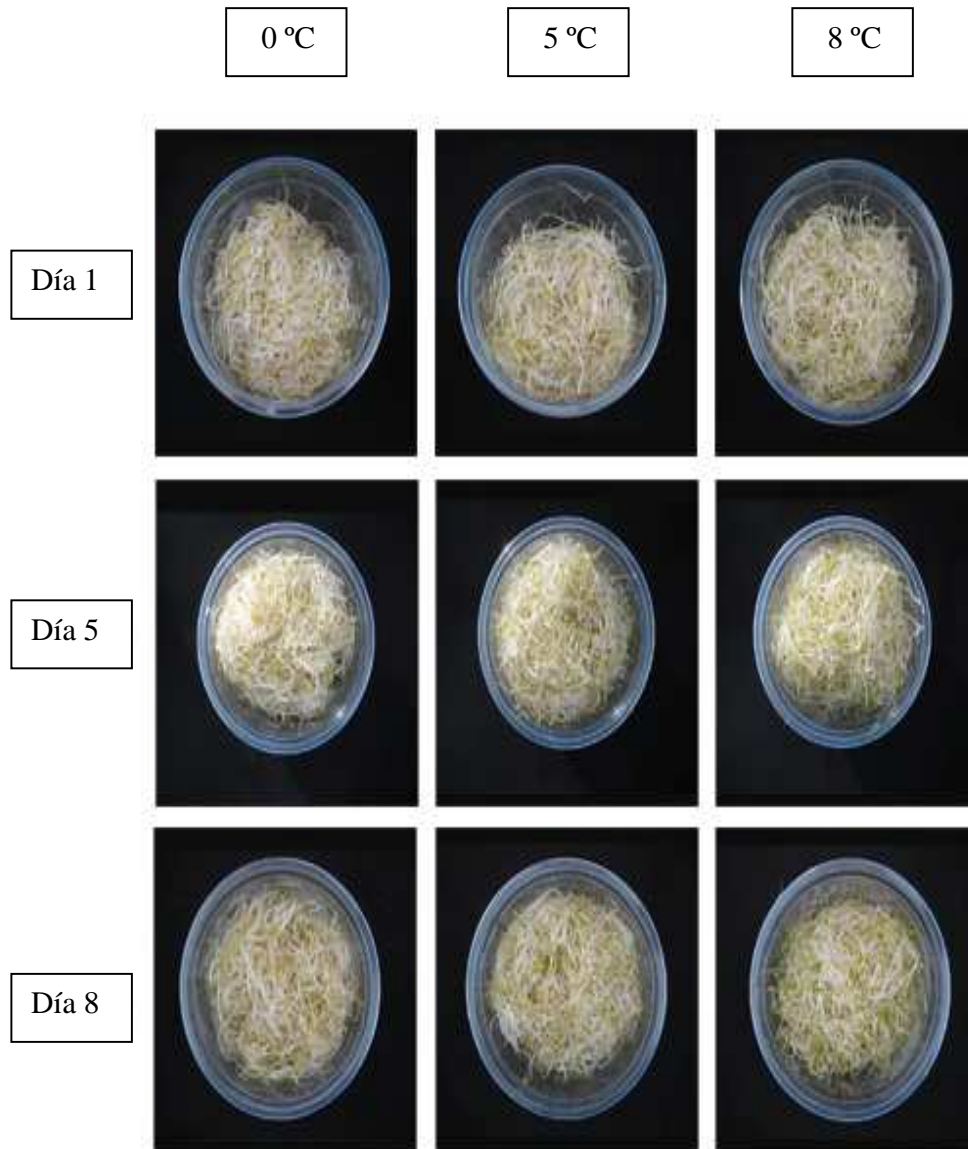


Figura 19. Evolución del color y apariencia de germinados de alfalfa almacenados a 0, 5 y 8 °C.

CONCLUSIONES

Existe un efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la tasa respiratoria en germinados de alfalfa. El almacenamiento a 0 °C presenta tasas significativamente más bajas en comparación a 5 y 8 °C.

Existe un efecto de la temperatura de almacenamiento sobre el parámetro tono. El almacenamiento a 0 °C presenta valores significativamente menores en comparación a 5 y 8 °C, asociado a un cambio de color hacia tonos amarillos.

En cuanto a la evolución de la calidad sensorial, los germinados mejor evaluados en apariencia e intensidad de color fueron los almacenados a mayor temperatura (8 °C).

El tiempo máximo de almacenamiento para las tres temperaturas evaluadas sin un tratamiento sanitizante corresponde a 6 días, un periodo mayor de tiempo podría incrementar la presencia de olores extraños a niveles no deseados.

BIBLIOGRAFÍA

Abadias, M.; J. Usall; M. Anguera; C. Solsona and I. Viñas. 2007. Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. *International Journal of Food Microbiology* 123: 212-129.

Aenor. 1997. Análisis sensorial. Tomo 1. Alimentación. Recopilación de norma española UNE 87-020-93. Madrid, España. Editorial Aenor. 253 p.

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.

Artés, F.; P. Gómez; E. Aguayo and V. Escalona. 2009. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. *Postharvest Biology and Technology* 51(3): 287-296.

Artés-Hernández, F.; F. Rivera-Cabrera and A. Kader. 2007. Quality retention and potential shelf life of fresh-cut lemons as affected by cut type and temperature. *Postharvest Biology and Technology* 43: 245-254.

Artés, F.; M. Castañer and M.Gil. 1998. Revisión: El pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas mínimamente procesadas. *Food Science and Technology International* 12: 377-389.

Calandra, P.; D. Ortiz; G. Pozo y B. Noziglia. 2012. Manual para la redacción de referencias bibliográficas. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 84p.

Cantwell, M. 2001. Properties and Recommended Conditions for Storage of Fresh Fruits and Vegetables. *Postharvest Technology University of California, Davis. Research and Information Center.* Disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/SproutsSeed/>. Leído el 29 de Octubre de 2013.

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

Conesa, A.; F. Artes-Hernandez; B. Verlinden; B. Nicolai y F. Artes 2007. Modelización de la actividad respiratoria en pimiento mínimamente procesado en fresco. p 685-692. V

Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones Cartagena, España.

Doblado, R.; J. Frías and C. Vidal-Valverde. 2007. Changes in vitamin C content and antioxidant capacity of raw and germinated cowpea (*Vigna sinensis* var. *carilla*) seeds induced by high pressure treatment. *Food Chemistry* 101: 918-923.

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

Frías, J.; M. Miranda; R. Doblado and C. Vidal-Valverde. 2005. Effect of germination and fermentation on the antioxidant vitamin content and antioxidant capacity of *Lupinus albus* L. var *Multolupa*. *Food Chemistry* 92: 211-220.

Kader, A. 2002. Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. Universidad de California, Davis. Estados Unidos. 570 p.

McGuire, R. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27: 1254-1255.

Oh, M. and C.B. Rajashekar. 2009. Antioxidant content of edible sprouts: effects of environmental shocks. *Journal Science Food Agriculture* 89: 2221-2227.

Peñas, E.; R. Gómez; J. Frías and C. Vidal-Valverde. 2008. Application of high-pressure treatment on alfalfa (*Medicago sativa*) and mung bean (*Virginia radiata*) seeds to enhance the microbiological safety of their sprouts. *Food Control* 19 (7): 698-705.

Peñas, E.; R. Gómez; J. Frías and C. Vidal-Valverde. 2009. Efficacy of combinations of high pressure treatment, temperature and antimicrobial compounds to improve the microbiological quality of alfalfa seeds for sprout production. *Food Control* 20: 31-39.

Peñas, E.; R. Gómez; J. Frías and C. Vidal-Valverde. 2010. Effects of combined treatments of high pressure, temperature and antimicrobial products on germination of mung bean seeds and microbial quality of sprouts. *Food Control* 21: 82-88.

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.

Rocha, A. and A. Morais. 2007. Role of minimally processed fruit and vegetables on the diet of the consumers in the XXI century. *Acta Horticulturae* 746: 265-272.

Sachin, N.; D. Sunil; S. Varsha; R. Shashidhar and R. Jayant. 2007. Effect of radiation processing on nutritional and sensory quality of minimally processed green gram and garden pea sprouts. *Radiation Physics and Chemistry* 76: 1642-1649

Soylemez, G.; M. Brashears; D.A. Smith and S.L. Cuppett. 2001. Microbial quality of alfalfa seeds and sprouts after a chlorine treatment and packaging modifications. *Journal of Food Science* 66 (1): 153-157.

Suslow, T. y M. Cantwell. 2008. Brotes de semillas. Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/brotedese semillas.shtml>. Leído el 10 de diciembre de 2009.

Uchino, T.; D. Nei; W. Hu and H. Sorour. 2004. Development of a mathematical model for dependence of respiration rate of fresh produce on temperature and time. *Postharvest Biology and Technology* 34: 285-293.

Wills, R.; B. Mc Glasson; D. Graham y J. Joyce. 1999. Introducción a la fisiología y manipulación de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. 2º Edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 240 p.

ANEXO I

EVALUACIÓN DE CALIDAD PANEL ENTRENADO

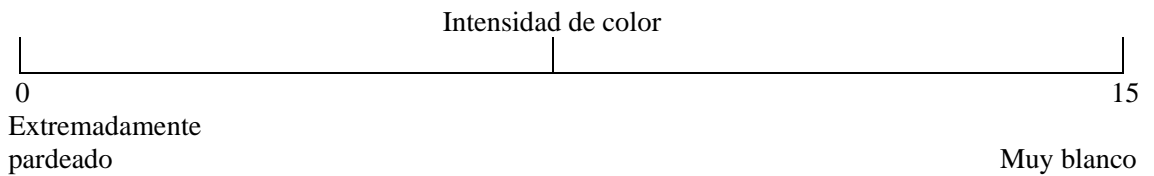
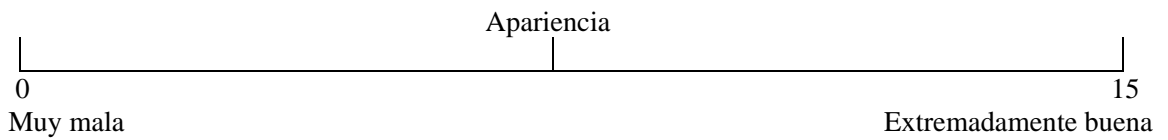
Nombre:.....Fecha:.....

Instrucciones:

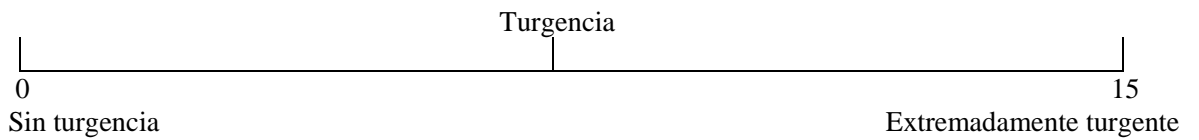
Por favor, indique con una **línea vertical** la intensidad de su sensación para cada una de ellas.

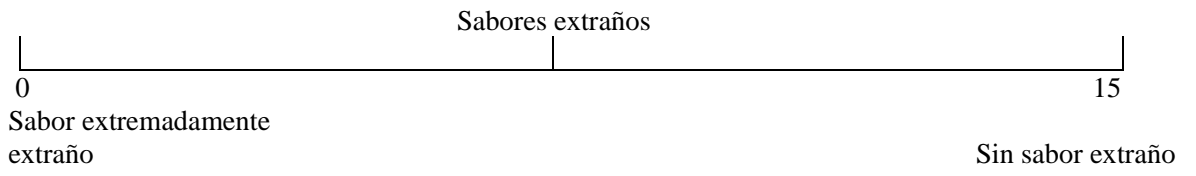
Muestra N° ____

Aspecto visual

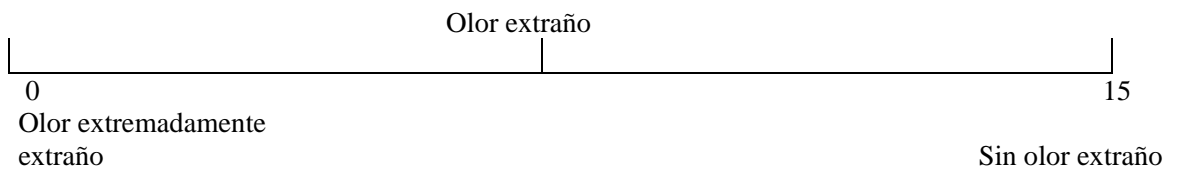


Aspecto gustativo





Aspecto olfativo



Comentarios: _____

APÉNDICE I

Cuadro 1. Evolución de la tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en germinados de alfalfa almacenados a diferentes temperaturas durante 6 días.

| Parámetro | Días | Tratamientos | | |
|-------------|------|-----------------------------|-----------------|----------------|
| | | 0 °C | 5 °C | 8 °C |
| Respiración | 0 | 27,6 ± 2,8 B a ^z | 45,1 ± 4,5 B b | 47,0 ± 1,3 B b |
| | 1 | 13,4 ± 0,8 A a | 27,5 ± 3,9 AB a | 41,0 ± 2,0 B b |
| | 3 | 16,8 ± 0,5 A a | 30,6 ± 1,4 A b | 42,4 ± 0,4 B c |
| | 6 | 13,9 ± 0,6 A a | 23,1 ± 3,0 A ab | 30,2 ± 2,9 A b |

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 2. Evolución del color (L, C* y Hab) en germinados de alfalfa almacenados a diferentes temperaturas durante 6 días.

| Parámetro | Días | Tratamientos | | |
|-----------|------|-----------------------------|----------------|-----------------|
| | | 0 °C | 5 °C | 8 °C |
| L | 1 | 57,7 ± 0,6 A a ^z | 59,4 ± 0,5 A b | 58,3 ± 0,5 A a |
| | 3 | 57,5 ± 0,6 A a | 57,5 ± 0,5 A a | 57,5 ± 0,6 A a |
| | 6 | 57,3 ± 0,5 A a | 56,7 ± 0,4 A a | 56,6 ± 0,4 A a |
| C* | 1 | 11,6 ± 0,5 A a | 11,3 ± 0,4 A a | 11,8 ± 0,5 A a |
| | 3 | 12,8 ± 0,6 A a | 11,8 ± 0,5 A a | 12,1 ± 0,5 A a |
| | 6 | 12,9 ± 0,4 A a | 13,8 ± 0,4 A b | 13,4 ± 0,3 A b |
| Hab | 1 | 94,0 ± 0,4 A a | 94,0 ± 0,4 A a | 98,3 ± 0,6 B b |
| | 3 | 93,0 ± 0,4 A a | 97,4 ± 0,5 B b | 99,0 ± 0,6 B b |
| | 6 | 93,4 ± 0,3 A a | 97,5 ± 0,5 B b | 100,6 ± 0,5 B b |

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 3. Evolución de la calidad sensorial en germinados de alfalfa almacenados a diferentes temperaturas durante 6 días.

| Parámetro | Días | Tratamientos | | |
|---------------------|------|-----------------------------|-----------------|----------------|
| | | 0 °C | 5 °C | 8 °C |
| Apariencia | 1 | 11,3 ± 0,8 B a ^z | 11,2 ± 0,8 A a | 12,0 ± 0,9 A a |
| | 3 | 7,5 ± 1,1 A a | 9,3 ± 0,8 A a | 10,5 ± 0,8 A a |
| | 6 | 7,9 ± 0,8 A a | 10,1 ± 0,6 A ab | 11,8 ± 0,6 A b |
| Intensidad de color | 1 | 11,0 ± 1,1 B a | 10,8 ± 0,9 A a | 11,8 ± 0,9 A a |
| | 3 | 8,7 ± 1,0 AB a | 10,5 ± 0,6 A a | 11,2 ± 0,7 A a |
| | 6 | 6,8 ± 1,0 A a | 10,1 ± 0,8 A b | 11,3 ± 0,7 A b |
| Turgencia | 1 | 10,7 ± 0,8 A a | 11,4 ± 0,7 A a | 12,4 ± 0,7 A a |
| | 3 | 9,6 ± 0,8 A a | 9,8 ± 0,8 A a | 9,9 ± 0,9 A a |
| | 6 | 9,2 ± 0,4 A a | 10,2 ± 0,6 A a | 10,2 ± 0,5 A a |
| Sabor extraño | 1 | 11,8 ± 1,1 A a | 11,7 ± 0,9 A a | 12,3 ± 0,8 A a |
| | 3 | 12,2 ± 0,9 A a | 12,9 ± 0,8 A a | 13,4 ± 0,7 A a |
| | 6 | 11,8 ± 0,9 A a | 13,2 ± 0,6 A a | 12,6 ± 0,9 A a |
| Olor extraño | 1 | 14,1 ± 0,3 A a | 13,7 ± 0,6 B a | 14,2 ± 0,2 A a |
| | 3 | 14,1 ± 0,3 A a | 14,3 ± 0,2 B a | 14,0 ± 0,4 A a |
| | 6 | 13,3 ± 0,7 A a | 11,4 ± 0,9 A a | 12,8 ± 0,8 A a |

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

APÉNDICE II

Cuadro 1. Evolución de la tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) en germinados de alfalfa almacenados a diferentes temperaturas durante 8 días.

| Parámetro | Días | Tratamientos | | |
|-------------|------|-----------------------------|-----------------|----------------|
| | | 0 °C | 5 °C | 8 °C |
| Respiración | 0 | 39,8 ± 1,5 C a ^z | 58,6 ± 1,3 C b | 88,2 ± 2,7 B c |
| | 1 | 31,9 ± 1,6 B a | 35,9 ± 1,7 B a | 53,3 ± 3,8 A b |
| | 5 | 23,9 ± 0,3 A a | 34,3 ± 3,4 B ab | 53,7 ± 8,1 A b |
| | 8 | 19,2 ± 0,7 A a | 21,4 ± 1,3 A a | 38,1 ± 5,0 A b |

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 2. Evolución del color (L, C* y Hab) en germinados de alfalfa almacenados a diferentes temperaturas durante 8 días.

| Parámetro | Días | Tratamientos | | |
|-----------|------|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| | | 0 °C | 5 °C | 8 °C |
| L | 1 | 60,6 ± 0,6 A a ^z | 60,8 ± 0,3 A a | 60,9 ± 0,3 B a |
| | 5 | 59,2 ± 0,3 A a | 60,1 ± 0,4 A a | 60,2 ± 0,4 B a |
| | 8 | 59,4 ± 0,3 A ab | 60,3 ± 0,4 A b | 57,4 ± 0,3 A a |
| C* | 1 | 13,0 ± 0,3 A a | 13,1 ± 0,3 A a | 12,7 ± 0,3 A a |
| | 5 | 16,3 ± 0,3 B a | 17,2 ± 0,3 B a | 19,8 ± 0,3 B b |
| | 8 | 13,5 ± 0,3 A a | 12,9 ± 0,4 A a | 13,5 ± 0,3 A a |
| Hab | 1 | 93,5 ± 0,3 A a | 95,1 ± 0,2 A a | 94,5 ± 0,3 A a |
| | 5 | 105,6 ± 0,2 B a | 106,1 ± 0,3 B a | 106,8 ± 0,3 C a |
| | 8 | 92,9 ± 0,3 A a | 95,6 ± 0,3 A b | 97,0 ± 0,4 B b |

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 3. Evolución de la calidad sensorial en germinados de alfalfa almacenados a diferentes temperaturas durante 8 días.

| Parámetro | Días | Tratamientos | | |
|---------------------|------|-----------------------------|-----------------|----------------|
| | | 0 °C | 5 °C | 8 °C |
| Apariencia | 1 | 10,9 ± 0,6 B a ^z | 11,8 ± 0,6 B a | 10,7 ± 0,8 A a |
| | 5 | 8,5 ± 0,9 AB a | 9,9 ± 0,7 AB ab | 11,2 ± 0,7 A b |
| | 8 | 8,1 ± 0,8 A a | 9,3 ± 0,7 A a | 9,5 ± 0,7 A a |
| Intensidad de color | 1 | 9,2 ± 1 A a | 9,5 ± 1 A a | 9,2 ± 1,1 A a |
| | 5 | 9,1 ± 0,8 A a | 10,6 ± 0,6 A a | 11,1 ± 0,6 A a |
| | 8 | 9,4 ± 0,8 A a | 8,9 ± 0,8 A a | 8,6 ± 0,9 A a |
| Turgencia | 1 | 9,7 ± 0,8 A a | 10,8 ± 0,8 A a | 10,5 ± 0,8 A a |
| | 5 | 10,1 ± 0,7 A a | 10,2 ± 0,7 A a | 9,5 ± 0,4 A a |
| | 8 | nd | nd | nd |
| Sabor extraño | 1 | 12,3 ± 0,9 A a | 12,8 ± 0,8 A a | 11,7 ± 1 A a |
| | 5 | 13,5 ± 0,4 A a | 11,9 ± 0,9 A a | 12,0 ± 1 A a |
| | 8 | nd | nd | nd |
| Olor extraño | 1 | 14,0 ± 0,4 B a | 14,2 ± 0,3 B a | 13,2 ± 0,7 C a |
| | 5 | 13,1 ± 0,6 B b | 11,5 ± 1 AB ab | 10,0 ± 1,0 B a |
| | 8 | 8,2 ± 1,3 A a | 7,9 ± 1,5 A a | 4,0 ± 0,9 A a |

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.
nd: no determinado.