

POR: ¹RINCÓN PÉREZ, Alfonso / ²BALAGUERA-LÓPEZ, Helber Enrique / ³ALMANZA-MERCHÁN, Pedro José

EFFECTO DEL CLORURO DE CALCIO Y LA REFRIGERACIÓN SOBRE LA POSCOSECHA DE LA



CLORURO DE BRUSELAS

(Brassica oleracea L.)

¹M.Sc. Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigación CERES, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

E-mail: alfonsoptc@gmail.com.

²Estudiante de Doctorado en Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Grupo de investigaciones Agrícolas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

E-mail: hebalaguera@unal.edu.co.

³Ph.D. Profesor Asociado Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Grupo de investigación Ecofisiología Vegetal

E-mail: ppcalma@gmail.com.

Recibido: 11 de abril de 2014

Aceptado para publicación: 01 de septiembre de 2014

Tipo: Investigación



RESUMEN

En los últimos años se ha incrementado la demanda de las crucíferas y, en especial, de la col de Bruselas (género *Brassica*, especie *Brassica oleracea L.*) debido principalmente, a sus propiedades funcionales; sin embargo, esta hortaliza es perecedera y junto a técnicas inadecuadas en el manejo poscosecha, se generan pérdidas considerables. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del cloruro de calcio y la refrigeración sobre el comportamiento poscosecha de la col de Bruselas. Se utilizó un diseño completamente al azar, los tratamientos correspondieron a tres temperaturas de almacenamiento (4°C, 8°C y ambiente (18°C)) y tres concentraciones de cloruro de calcio (0%, 2% y 4%). Las coles se cosecharon en madurez comercial en una finca del distrito de riego Usochicamocha del Departamento de Boyacá, de tamaño homogéneo, excelentes condiciones fitosanitarias y libres de daños mecánicos. Durante 19 días de almacenamiento se midió pérdida de peso, tasa respiratoria y clorofilas totales. Las coles almacenadas a temperatura ambiente tuvieron una duración poscosecha de 11 días, mientras que en refrigeración se conservaron por 19 días. Se observó un efecto importante en la disminución de la pérdida de peso en aquellas coles que fueron almacenadas a 4°C y 8°C y tratadas con solución de cloruro de calcio al 4%. En cuanto a la tasa respiratoria se observó una disminución considerable en las coles almacenadas a 4°C. Por lo tanto, la temperatura de almacenamiento más favorable para la conservación de las coles de Bruselas es 4°C, y solución de cloruro de calcio al 4%, información de gran importancia para productores y comercializadores.

Palabras clave: clorofilas totales, pérdida de peso, productos perecederos, tasa respiratoria.

ABSTRACT

In recent years, the demand of crucifers has increased and particularly of Brussels sprouts (*Brassica* genus, species *Brassica oleracea L.*); mainly due to their functional properties; however, this vegetable is perishable and with inadequate techniques in postharvest handling, considerable losses are generated. The objective of this research was to determine the effect of calcium chloride and cooling on postharvest behavior of Brussels sprouts. A completely randomized design was performed, treatments corresponded to three storage temperatures (4°C, 8°C and temperature (18°C)) and three concentrations of calcium chloride (0%, 2% and 4%) were used. Sprouts were harvested at commercial maturity on a farm irrigation district in Usochicamocha, Boyacá Department; of uniform size, excellent plant health and free from mechanical damage conditions. For 19 days of storage, weight loss, respiratory rate and total chlorophyll were measured. Sprouts stored at room temperature lasted 11 days postharvest, while cooled lasted for 19 days. A significant effect in reducing weight loss between those sprouts which were stored at 4°C and 8°C and treated with calcium chloride solution at 4% was observed. For the respiratory rate was observed a significant reduction in sprouts stored at 4°C. Therefore the most favorable temperature for the storage of Brussels sprouts is 4°C and calcium chloride solution 4%, useful information for producers and marketers.

Keywords: perishables, respiratory rate, total chlorophylls, weight loss.

EFFECT OF CALCIUM CHLORIDE AND COOLING ON POST-HARVEST BRUSSELS CABBAGE (*Brassica oleracea L.*)

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha incrementado la demanda de las crucíferas y, principalmente, la col de Bruselas (*Brassica oleracea L.*), por su alto valor nutricional que favorece la salud de los consumidores (Jaramillo *et al.*, 2006); al respecto, la col de Bruselas contiene fitoquímicos como glucosinolatos, compuestos fenólicos, antocianinas, aminoácidos, vitaminas y minerales, 100 g de porción comestible de la col contienen aproximadamente 1,8 g de proteínas, 0,1 g de grasa, 4,6 g de carbohidratos, 0,6 g de minerales, 29 mg de calcio, 0,8 mg de hierro, 14,1 mg de sodio, 53 mg de ácido fólico, 0,234 mg de niacina, 0,212 mg de ácido pantoténico, 0,124 mg piridoxina, 0,040 mg de riboflavina, 0,061 mg de tiamina, 98 UI de vitamina A, 36,6 mg de vitamina C y 76 mg de vitamina K (Suhyoung *et al.*, 2014).

El cultivo de col de Bruselas se ha convertido en una alternativa económica importante para los agricultores del departamento de Boyacá y, en especial, de la región del Tundama, zona de tradición ganadera, que en los últimos años ha venido cambiando esta práctica por cultivos de hortalizas. La col de Bruselas es una hortaliza perecedera con limitada vida útil que junto a una manipulación inadecuada de cosecha y almacenamiento, presenta pérdidas en poscosecha alrededor del 30% (Jaramillo *et al.*, 2006). A nivel nacional el cultivo de las crucíferas cuenta con un área promedio sembrada de 3.767 hectáreas y una producción de 98.227 toneladas, en el cual se genera alrededor de 485.000 empleos (Agronet, 2014).

Una característica importante de los vegetales, es el hecho de que respiran, tomando oxígeno y desprendiendo dióxido de carbono y calor; también transpiran, es decir, pierden agua mientras permanecen unidas a las plantas; tras la recolección continúan respirando y transpirando, pero como han perdido contacto con la fuente de agua, asimilados y minerales, dependen exclusivamente de sus reservas de carbohidratos y de su propio contenido en agua, por lo tanto, las pérdidas de substratos respirables no se compensan y se inicia el deterioro (Martínez *et al.*, 2008).

Con la aplicación de técnicas adecuadas de conservación, se puede retrasar el deterioro de las hortalizas y evitar alteraciones relacionadas con la pérdida de aroma, sabor, color, calidad nutricional y microbiológica; es posible que esto se logre aplicando retardantes de madurez, como el cloruro de calcio que se utiliza en pre y poscosecha y ha sido efectivo para controlar varios desórdenes fisiológicos, para reducir la incidencia de patógenos y aumentar la vida poscosecha de frutos (Manganaris *et al.*, 2007).

El calcio actúa principalmente en la estabilización y rigidez de membranas y paredes celulares, esto se debe a que en la pared celular, el calcio forma enlaces con los grupos de las pectinas presentes en la lámina media de las paredes celulares, lo que contribuye a la adhesión y cohesión célula-célula (Hernández *et al.*, 2008). A nivel de membranas, el calcio genera estabilidad al formar enlaces con los fosfolípidos y proteínas mediante los grupos fosfatos y carboxílicos, preferencialmente en la superficie de la membrana (Marschner, 2012). Estas funciones fisiológicas del calcio



hacen que sea una alternativa para aumentar la vida poscosecha de la Col de Bruselas manteniendo sus características organolépticas por más tiempo. De igual manera, la refrigeración puede mantener la calidad de las hortalizas al disminuir la tasa de respiración, procesos enzimáticos, que contribuyen a conservar el color, la textura, el olor y la aceptabilidad durante el almacenamiento en poscosecha, la temperatura de almacenamiento recomendada para la mayoría de crucíferas es de 0°C a 4°C (Lijuan *et al.*, 2012).

Por lo tanto, la temperatura es uno de los factores que influye sobre el proceso respiratorio, de hecho, es el factor ambiental más importante que contribuye a la supervivencia comercial de los productos hortofrutícolas frescos, al disminuir la velocidad de los procesos fisiológicos (Martínez *et al.*, 2013). El correcto uso de la refrigeración, es una de las formas más eficaces en el mantenimiento de la calidad de los productos agrícolas (Kader, 2008). Lemoine *et al.* (2009) afirman que la refrigeración es el método más utilizado para retrasar la senescencia y la pérdida de calidad en el brócoli durante el almacenamiento poscosecha.

El objetivo de esta investigación era determinar el efecto de diferentes concentraciones de cloruro de calcio y la



refrigeración sobre el comportamiento poscosecha de la col de Bruselas, cultivada en el Distrito de Riego Usochicamocho, departamento de Boyacá.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el laboratorio de poscosecha de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia-Bogotá. La col de Bruselas fue cosechada en madurez comercial, en un cultivo ubicado en el municipio de Duitama-Boyacá, Distrito de Riego Usochicamocho, situada a 5° 49' 42" y 73° 3' longitud Occidente de Greenwich, la altitud es de 2.535 msnm., temperatura promedio es de 15 °C, la precipitación media es de 1.128 mm, humedad relativa de 81,4% promedio (Alcaldía de Duitama, 2014).

Como material vegetal se utilizó la de Col de Bruselas (variedad compact) de tamaño homogéneo y en excelentes condiciones fitosanitarias, libre de daños mecánicos. Se usó cloruro de calcio en polvo como fuente de calcio. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3x3, donde el primer factor correspondió a la dosis de cloruro de calcio (0%, 2% y 4%) y el segundo factor, la temperatura (4°C, 8°C y Ambiente (18)), los 9 tratamientos tuvieron 4 repeticio-

nes, para un total de 36 unidades experimentales (UE), cada UE estuvo compuesta por 1kg de col de Bruselas, aproximadamente.

Periódicamente, y por un periodo de 19 días, se midieron las siguientes variables: pérdida de peso (%), a una muestra de aproximadamente 100g de frutos se le realizó medición de la masa fresca en balanza de precisión con aproximación de 0,001g tasa de respiración ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$), se pusieron a respirar aproximadamente 50g de muestra en cámaras herméticas de 2L, en la cámara fue ubicado un sensor infrarrojo de CO_2 , el cual se conectó a una Labquest (equipo de captura de datos). Cada 4 segundos y durante 5 minutos se registraron los valores de CO_2 , con estos valores se calculó la pendiente, que correspondió a la tasa respiratoria, se tuvo en cuenta el peso de los frutos y el volumen de la cámara para convertir los datos a $\text{mg de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$; clorofilas totales ($\text{mg g}^{-1} \text{ PF}$) se pesó aproximadamente 1g de tejido, se agregó 5 ml de acetona, se agitó en vórtex durante 1 min y luego se centrifugó durante 10 min a 4000 rpm. Después se vertió el sobrenadante en un balón de 25 ml, al pelet nuevamente se le agregó acetona, se agitó en vórtex y luego se llevó a centrifuga, este procedimiento se repitió 3 veces. El sobrenadante

obtenido se llevó a volumen de 25ml con acetona para luego hacer la lectura en espectrofotómetro, las clorofilas fueron medidas a 663 y 647nm y se cuantificaron mediante la siguiente fórmula adaptada de (Solarte *et al.*, 2010):

$$\text{Clorofila total (mg g}^{-1} \text{ PF)} = ((15 \times A_{663\text{nm}}) + (18,7 \times A_{647\text{nm}})) \times V / 1000 \times P$$

V= Volumen final del extracto en ml (25ml)
P= Peso de material vegetal inicial en g.

Con los datos obtenidos se llevó a cabo un análisis de varianza factorial, se realizó una prueba de comparación de promedios de Tukey ($P \leq 0,05$). Los análisis se realizaron con el programa estadístico SAS 9,2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de peso: se presentaron diferencias estadísticas significativas en todos los puntos de muestreo. Hasta el día 11 de almacenamiento, se presentó mayor pérdida de peso en las coles tratadas con 4% de CaCl_2 y almacenadas a temperatura ambiente (20,6%), durante todo el almacenamiento, la menor pérdida de peso se obtuvo con 4% de CaCl_2 y refrigeración a 8°C y 4°C (Figura 1). Acorde con lo propuesto por Lara *et al.*, (2004), la aplicación de calcio es eficaz en términos de funcionalidad de la membrana y la integridad de mantenimiento, con menores pérdidas de fosfolípidos y proteínas, reduciendo de esta manera la pérdidas de agua, también genera mayor estabilidad de la pared celular, que podría ser responsable de menores pérdidas de peso en frutas y hortalizas.

La pérdida de peso aumentó progresivamente con el tiempo de almacenamiento, en cada uno de los tratamientos, esto concuerda con los reportados por Znidarcic *et al.*, (2010), quien afirma que la pérdida de peso en los vegetales se debe principalmente a la pérdida de agua causada por los procesos de transpiración y la respiración. Estas pérdidas pueden conducir a la marchitez y arrugamiento, ocasionando pérdidas en el valor del mercado y la no aceptación por parte del consumidor (Rao *et al.*, 2011). Por otra parte, De Castro *et al.*, (2006) afirman que hortalizas almacenadas a diferentes temperaturas, arrojaron pérdida de peso proporcional al periodo de almacenamiento.

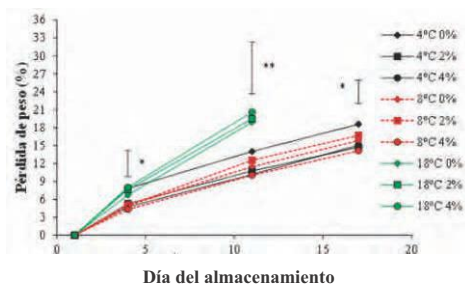


Figura 1. Efecto de diferentes concentraciones de cloruro de calcio (0%, 2% y 4%) y la refrigeración sobre la pérdida de peso de la col de Bruselas durante la poscosecha. * Diferencias estadísticas al 5%, ** diferencias estadísticas al 1%, ns no hay diferencias de acuerdo con el Anova. La barra vertical representa el valor estadístico de diferencia mínima significativa (LSD) de la prueba de Tukey. Si la diferencia entre dos promedios en cada punto de muestreo es mayor al LSD, habrá diferencia ($P \leq 0,05$).

El análisis factorial indicó que las coles Bruselas almacenadas a temperatura ambiente lograron mantener su calidad comercial hasta el día 11 de almacenamiento, reportando pérdidas de peso del 19,66%, las coles que fueron almacenadas a 4°C y 8°C respectivamente, lograron mantener la calidad comercial hasta el día 19 de almacenamiento y presentaron pérdidas de peso del 16% (Figura 2A), por lo tanto, se puede afirmar que las coles de Bruselas almacenadas en refrigeración a 4°C y 8°C tienen un efecto favorable ampliando la vida útil en la poscosecha. Bernaert *et al.*, (2013) afirman que la temperatura es un factor decisivo en la actividad respiratoria y en el metabolismo en general, al disminuir la temperatura, se contribuye a controlar la síntesis de etileno, que es la hormona encargada de regular la síntesis de las enzimas hidrolíticas que degradan los tejidos vegetales, como consecuencia, se prolonga la vida poscosecha de los productos hortofrutícolas.

Las coles tratadas con solución de cloruro de calcio al 4% presentaron las menores pérdidas de peso del 14,58%, con respecto a aquellas que fueron tratadas sin aplicaciones de calcio y que presentaron pérdidas de peso del 17,20% (Figura 2B). Resultado similar reportaron Fusheng *et al.*, (2011) en fresas tratadas con solución de CaCl_2 al 4% y almacenada a 4°C. Según Morteza *et al.*, (2013) tratamientos con cloruro de calcio en hortalizas contribuyen a reducir la tasa respiratoria, la producción de etileno y es fundamental en la mitigación de daños por frío, sin ningún efecto perjudicial sobre la salud de los consumidores.

Estos resultados están acorde con investigadores (Supapvanich *et al.*, 2012, Chenet *et al.*, 2011 y Martin *et al.*, 2007) que afirman que el calcio contribuye a mantener la integridad de las membranas y la pared celular, disminuyendo la pérdida de agua de los tejidos de las frutas y hortalizas y, posiblemente, reduce la difusión del agua a través de la cutícula.

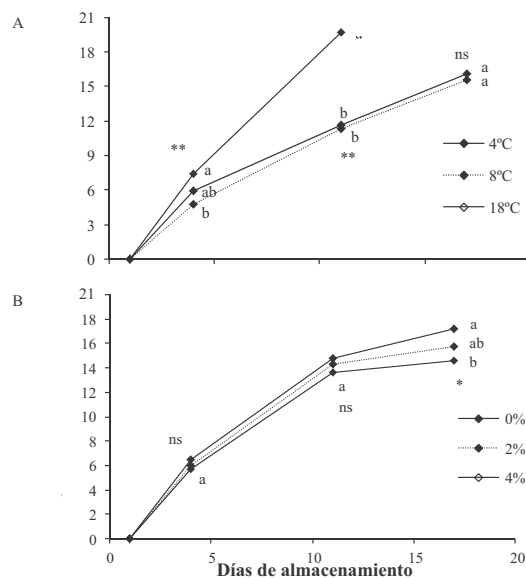


Figura 2. Efecto de A) La refrigeración y B) Diferentes concentraciones de cloruro de calcio sobre la pérdida de peso de la col de Bruselas durante la poscosecha y * Diferencias estadísticas al 5%, ** diferencias estadísticas al 1%, ns no hay diferencias de acuerdo con el Anova, Letras diferentes en cada punto de muestreo indican diferencias significativas según prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).



Angeletti *et al.*, (2010) afirman que los iones de calcio aumentan la estabilidad de la pared celular, mediante la unión de pectinas, sin embargo, la pared celular de las plantas son permeables al agua, la reducción de desmontaje de esta estructura podría dar lugar a una mayor resistencia al flujo del agua, además, puede reducir las diferencias en el potencial osmótico que son la fuerza impulsora para la difusión del agua e importante para reforzar las paredes de las células epidérmicas, que como resultado se genera una resistencia a la degradación de las células (Sekse, 1998). Esto podría ser una de las razones por las cuales, los porcentajes de pérdida de peso en las coles tratadas con calcio en concentraciones del 4% es bajo con respecto a los demás tratamientos.

Tasa de respiración ($\text{mg CO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$): la TR inicial de la col fue de $70 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ y disminuyó hasta el día 2 de almacenamiento en todos los tratamientos (Figura 3) fenómeno causado posiblemente por el estrés generado en las coles por la cosecha, y que ocasiona una elevada actividad metabólica (Valderrama *et al.*, 2005). Se presentaron diferencias estadísticas significativas en todos los puntos de muestreo hasta el día 13 de almacenamiento, en el día 2 de almacenamiento se encontraron disminuciones en la TR en todos los tratamientos, siendo más notorio en las coles almacenadas a 4°C y 8°C respectivamente; por lo tanto, se puede afirmar que las coles de Bruselas almacenadas a esas temperaturas tienen un efecto favorable en la disminución de TR. Al cabo del día 7 de almacenamiento se observó una diferencia de la TR de las coles almacenadas a temperatura ambiente y tratadas con solución de cloruro de calcio de 0%, 2% y 4%, con respecto a las coles almacenadas a 4°C y 8°C y tratadas con solución de cloruro de calcio de 0%, 2% y 4%, las cuales reportan una tasa respiratoria por debajo de $22,8 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Resultados que confirman lo reportado por Fast *et al.*, (2012), quienes concluyen que la temperatura de almacenamiento es el parámetro que más influye en la disminución de la TR.

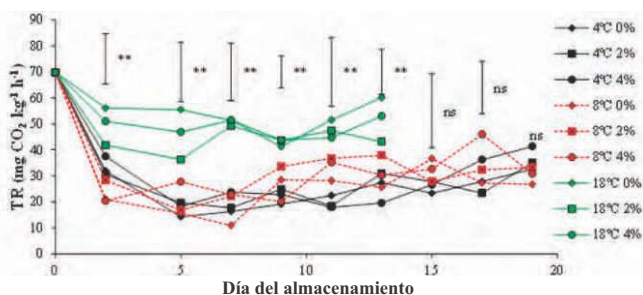


Figura 3. Efecto de diferentes concentraciones de cloruro de calcio (0%, 2% y 4%) y la refrigeración sobre la TR de la col de Bruselas durante la poscosecha. * Diferencias estadísticas al 5%, ** diferencias estadísticas al 1%, ns no hay diferencias de acuerdo con el Anova. La barra vertical representa el valor estadístico de diferencia mínima significativa (LSD) de la prueba de Tukey. Si la diferencia entre dos promedios en cada punto de muestreo es mayor al LSD, habrá diferencia ($P \leq 0,05$).

El Anova factorial mostró que la temperatura de almacenamiento tiene un efecto significativo sobre la TR, las coles de Bruselas que fueron almacenadas a temperatura ambiente, presentaron una TR de $52,11 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ en el día 11 de almacenamiento, las que fueron almacenadas a 4°C y 8°C presentaron valores de $36,35 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ y $30,26 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, el día 19 de almacenamiento respectivamente (Figura

4A), esto indica que la refrigeración a 4°C y 8°C, tiene un efecto favorable sobre la disminución de latasa respiratoria de la col de Bruselas durante la poscosecha. Información que coincide con lo reportado por Uchino *et al.*, (2004) en estudios de la TR de brócoli.

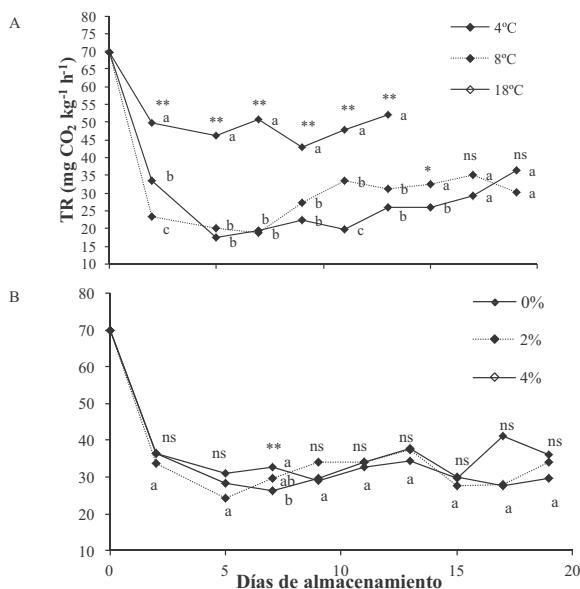


Figura 4. Efecto de A) La refrigeración y B) Diferentes concentraciones de cloruro de calcio sobre TR de la col de Bruselas durante la poscosecha y * Diferencias estadísticas al 5%, ** diferencias estadísticas al 1%, ns no hay diferencias de acuerdo con el Anova. Letras diferentes en cada punto de muestreo indican diferencias significativas según prueba de Tukey (P≤0,05).

El deterioro de los productos hortofrutícolas es generalmente proporcional a la tasa respiratoria (Valderrama *et al.*, 2005), por lo tanto, con base en los resultados de esta investigación, se observó que las coles sometidas a refrigeración presentaron una velocidad menor en la TR con respecto a las coles almacenadas a temperatura ambiente, haciendo que se prolongue su vida útil durante el almacenamiento poscosecha.

Respecto al efecto de las soluciones de cloruro de calcio en la TR, se presentaron diferencias significativas únicamente en el día 7 de almacenamiento, en los demás puntos de muestreo no se observaron diferencias significativas, la menor TR se presentó en las coles tratadas con solución de cloruro de calcio al 2%, durante los días 1 al 5 de almacenamiento y las coles con solución de cloruro de calcio al 4% presentaron TR bajas durante los días 9 al 13 de almacenamiento (Figura 4B). Esto demuestra que el calcio tiene un efecto positivo en la disminución la TR de la col de Bruselas durante la poscosecha. Según Marschner (2012) tratamientos con calcio sobre tejidos disminuyen la tasa respiratoria, ya que el calcio estabiliza las membranas mediante los puentes fosfatos y carboxílicos de los fosfolípidos y proteínas, en la superficie de membranas.

Clorofilas totales (mg g⁻¹ PF): disminuyeron continuamente durante el almacenamiento de las coles. No se presentaron diferencias estadísticas significativas en todos los puntos de muestreo (Figura 5).

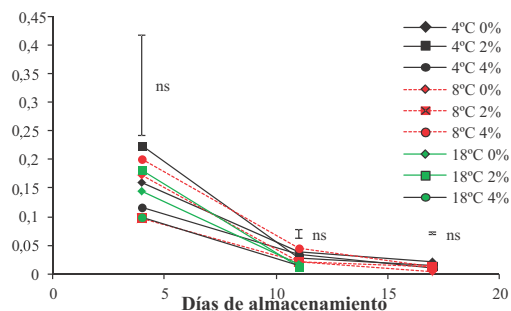


Figura 5. Efecto de diferentes concentraciones de cloruro de calcio (0%, 2% y 4%) y la refrigeración sobre las clorofilas totales de la col de Bruselas durante la poscosecha. * Diferencias estadísticas al 5%, ** diferencias estadísticas al 1%, ns no hay diferencias de acuerdo con el Anova. La barra vertical representa el valor estadístico de diferencia mínima significativa (LSD) de la prueba de Tukey. Si la diferencia entre dos promedios en cada punto de muestreo es mayor al LSD, habrá diferencia (P≤0,05).

Resultados que coinciden con lo reportado por Zhenlei *et al.* (2014) en un estudio de rábano, en la cual el contenido total de clorofila disminuyó en todas las muestras almacenadas a 5°C durante 14 días. En este estudio las muestra almacenadas a 4°C, la disminución de la clorofila fue menor, lo que indica que el contenido de clorofila es dependiente de la temperatura, a temperaturas baja resulta mayor retención de clorofila, resultados que coinciden con lo reportado por Olivera *et al.*, (2008) quienes encontraron que en espinacas congeladas no se observaron pérdidas significativas de clorofilas durante el almacenamiento. Por otra parte, el contenido de clorofilas está asociado con la degradación y senescencia, y la pérdida del color verde de las hortalizas, el color verde cambia a verde oliva, lo cual se debe a la conversión de las clorofilas a feofitinas, cambio influenciado por el pH, además, del incremento de los ácidos cítrico y ascórbico (Sidonia *et al.*, 2013).

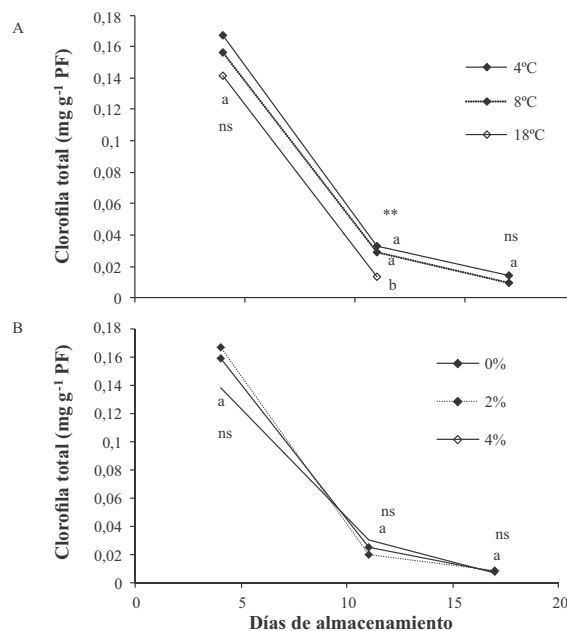


Figura 6. Efecto de A) La refrigeración y B) Diferentes concentraciones de cloruro de calcio sobre las clorofilas totales de la col de Bruselas durante la poscosecha y * Diferencias estadísticas al 5%, ** diferencias estadísticas al 1%, ns no hay diferencias de acuerdo con el Anova. Letras diferentes en cada punto de muestreo indican diferencias significativas según prueba de Tukey (P≤0,05).

Respecto a las coles almacenadas en refrigeración presentaron una disminución importante en el contenido de clorofilas totales durante el almacenamiento, información que coincide con lo reportado por Lemoine *et al.*, (2009) en una investigación en brócoli almacenado por 3 semanas a 0°C, donde hubo una continua degradación de clorofila. En esta investigación las coles almacenadas a 4°C, presentaron menores pérdidas en el contenido de clorofilas (Figura 6A) resultados similares reportaron Olarte *et al.*, (2009) en coles almacenadas a 4°C.

Respecto al efecto de las soluciones de cloruro de calcio, no se presentaron diferencias significativas durante el almacenamiento, las coles tratadas con solución de cloruro de calcio al 4%, presentaron menores pérdidas (Figura 6B), por lo tanto, la solución de cloruro de calcio al 4% evita las

disminución rápida del contenido total de clorofilas totales en los primeros 11 días de almacenamiento de la poscosecha de col de Bruselas.

CONCLUSIONES

La inmersión de las coles de Bruselas en solución de cloruro de calcio al 4% y la posterior refrigeración a 4°C, presentaron un efecto favorable al prolongar la vida poscosecha de esta hortaliza, se observó una disminución en la pérdida de peso y la disminución de la TR, la solución de cloruro de calcio no presentó efectos favorables en la disminución de contenido de clorofilas totales, sin embargo, la refrigeración a 4°C contribuyó a disminuir las pérdidas de clorofilas durante el almacenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- AGRONET. (2014). Á rea Cosechada, Producción y Rendimiento de crucíferas. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/ReportesAjax/VerReporte.aspx>.
- Alcaldía de Duitama. (2014). Información geográfica. Recuperado de http://www.duitama-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml#geografia.
- Angeletti, P., Castagnasso, H., Miceli, E., Terminiello, L., Concellon, A., Chaves, A. & Ariel, R. V. (2010). Efecto de aplicaciones de calcio en precosecha sobre la calidad postcosecha, suavizando y la degradación de la pared celular de los dos huertos de arándano (*Vaccinium corymbosum*) variedades. *Biología y Tecnología de Postcosecha*, 58(2), 98-103.
- Bernaert, N. De Clercq, H., Bockstaele, R.V., De Loose, M. & Bart V. D. (2013). Cambios antioxidantes durante el procesamiento y almacenamiento de puerro (*Allium porrum ampeloprasum* var.). *Biología y Tecnología de Postcosecha*, 86, 8-16.
- Chen, F., Liu, H., Yang, H., Lai, S., Cheng, X., Xin, Y., Yang, B., Hou, H., Yao, Y., Zhang, S., Bu & G., Deng, Y. (2011). Quality attributes and cell wall properties of strawberries (*Fragaria annanassa* Duch.) under calcium chloride treatment. *Food Chem*, 126, 450-459.
- De Castro, L.R., Cortez, L.A. & Vigneault C. (2006). Effect of sorting, refrigeration and packaging on tomato shelf life. *J. Food Agric. Environ*, 4, 70-74.
- Fast, H., Seefeldt, M., Lokke, M. & Merete, E. (2012). Efecto de la variedad y la época de la cosecha en la tasa de respiración de floretes de brócoli y ensalada de rúcula salvaje utilizando un novedoso sensor de O₂. *Biología y Tecnología de Postcosecha*, 69, 7-14.
- Fusheng, C., Hui Liu, H. Y., Shaojuan, L., Xiaoli C., Ying, X. B., Yang, H. H., Yongzhi, Y. S., Zhang, G. B. & Yun D. (2011). Quality attributes and cell wall properties of strawberries (*Fragaria annanassa* Duch.) under calcium chloride treatment, *Food Chemistry*, 126, 450-459.
- Hernández, M. P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D. & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chem*, 110, 428-435.
- Jaramillo, J. E. & Díaz, C. A. (2006). El cultivo de las crucíferas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA. Centro de Investigación La Selva Rionegro, Antioquia, Colombia.
- Kader, A. A. (2008). Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. *Postharvest Technology Research Information Center. Department of Plant Sciences*.
- Lara, P. & García, M. V. (2004). Modificaciones en la composición de la pared celular después del almacenamiento en frío de fresa calcio tratados (*Fragaria x ananassa* Duch.) *Fruta, Biología y Tecnología de Postcosecha*, 34(3), 331-339.
- Lemoine, L., Civello, P., Chaves, A. & Martínez, G. (2009). Retrasos en el tratamiento del aire caliente senescencia y mantiene la calidad de floretes de brócoli frescos cortados durante el almacenamiento refrigerado, *LWT - Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 42(6), 1076-1081.
- Lijuan, Z., Jinqiang, H. Y. & Lingyun, P. (2012). Combinación de exposición a la luz y baja temperatura para preservar la calidad y extender la vida útil de brócoli fresco-cut (*Brassicacoleracea* L.), *Biología y Tecnología de Postcosecha*, 72, 76-81.
- Manganaris, G.A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G., & Mignani, I. (2007). The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. *Food Chem*, 100, 1385-1392.
- Marschner, H. (2012). Mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. Academic Press, United States of America.
- Martín, D. A., Rico, D., Frías, J.M., Barat, J.M., Henehan, G.T.M & Barry, R.C. (2007). Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Trend Food Sci. Technol*, 18, 210-218.
- Martínez, H. F., Artés, H., Perla, A., Gómez, A. C. & Formica, F. A. (2013). Combinación de agua electrolizada, UV-C y envasado de O₂ superior a la atmosférica para mejorar la calidad de brócoli fresco cortado. *Biología y Tecnología de Postcosecha*, 76, 125-134.
- Martínez, S. A., Allende, A., Cortes, G. Y., & Gil, M. I. (2008). Respiration rate response of four baby leaf Brassica species to cutting at harvest and fresh cut washing. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 382-388.
- Morteza, S. A., Afsaneh, Y., Dokhanieh, H. H. & Javad, R. F. (2013). Aumento de la capacidad antioxidante de la cereza de cornalina (*Cornus mas*) de fruta por el tratamiento poscosecha de calcio. *Scientia Horticulturae*, 161, 160-164.
- Olarte, C., Susana, S. J., Echavarría, F. & Ayala, F. (2009). Effect of plastic permeability and exposure to light during storage on the quality of minimally processed broccoli and cauliflower. *LWT. Food Science and Technology*, 42(1), 402-411.
- Olivera, D.F., Viña, S.Z., Marani, M.C., Ferreyra, R.M. Mugridge, A., Chaves, A.R. & Mascheroni, H.R. (2008). Efecto del escaldado en la calidad de las coles de Bruselas (*Brassicacoleracea* L. gemmifera DC) después del almacenamiento congelado. *Journal of Food Engineering*, 84(1), 148-155.
- Rao, N. B., Gol, K. & Shah, K. (2011). Efecto de los tratamientos post-cosecha y temperaturas de almacenamiento sobre la calidad y la vida útil de pimiento (*Capsicum annum* L.). *Scientia Horticulturae* 132, 18-26.
- Sekse, L. (1998). Fruit cracking mechanism in sweet cherries (*Prunus avium* L.). *A review. Acta Hort.* 468, 637-648.
- Sidonia, M., Perez, N., Carballo, J. & Franco, I. (2013). Efecto de los métodos de escaldado y el almacenamiento en congelación sobre algunos parámetros de calidad de las hojas de nabo ("Grelós"), *LWT. Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 51(1), 383-392.
- Solarte, M., Moreno, L., & Melgarejo, L. M. (2010). VI. Fotosíntesis y Pigmentos Vegetales. En Melgarejo, L.M. (ed.). *Experimentos en Fisiología Vegetal*, (pp. 277). Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- Suhyoung, P., Mariadhas, V. A., Min, K., Jin, H., Chun, J., Min, S., Sang, W., Lee, N., Abdullah, A. D. & Sun, J. (2014). Cuantificación de los glucosinolatos, antocianinas, aminoácidos libres, y vitamina C en las líneas puras de col (*Brassicacoleracea* L.). *Química de Alimentos*, 145, 77-85.
- Supapvanich, S., Arkajak, R. & Yalai, K. (2012). Maintenance of postharvest quality and bioactive compounds of fresh-cut sweet leaf bush (*Sauropus androgynus* L. Merr.) through hot CaCl₂ dips. *Int. J. Food Sci. Technol*, 47, 2662-2670.
- Uchino, T., Nei, D., Hu, W.Z. & Sorour, H. (2004). Development of a mathematical model for dependence of respiration rate of fresh produce on temperature and time. *Postharvest Biol. Technol*, 34, 285-293.
- Valderrama, K., Fischer, G. & Serrano, M. S. (2005). Fisiología poscosecha en frutos de dos cultivares de feijoa (*Accasellowiana* O. Berg Burret) sometidos a un tratamiento cuarentenario de frío. *Agronomía Colombiana*, 23, 276-282.
- Zhenlei, X., Yaguang, L. G., Lester, L. K., Tianbao, Y. & Wang, Q. (2014). La calidad poscosecha y la vida útil de microgreens rábano tan afectada por la temperatura de almacenamiento, la película de embalaje y tratamiento de lavado de cloro, *LWT. Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 55, 551-558.
- Znidarcic, D., Ban I, D., Milan, O. M., Karic, L., & Pozra, T. (2010). Influence of postharvest temperatures on physicochemical quality of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill). *J. Food Agric. Environ*, 8, 21-25.