

Efecto del ozono y luz UV-C en la conservación postcosecha de repollo

Gustavo Ruiz López¹; Diego R. Gutierrez²; Ana G. Questa¹; Silvia del C. Rodríguez¹

(1) Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. (4200) Santiago del Estero - Argentina. E-mail: silviadepece@hotmail.com

(2) CITSE – CONICET - ICyTA-FAyA - UNSE

RESUMEN: Se evaluó la aplicación de ozono gaseoso y luz UV-C, en la conservación postcosecha de repollo (*Brassica olearacea*) blanco. Para ello, cabezas de repollo se cortaron en tiras de 5 mm se trató con UV-C: 0,6 y 1,2 J/cm² y, con ozono: 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 ppm (5 min). Todas las muestras (acondicionadas en bandejas plásticas) se recubrieron con polietileno de baja densidad de 30 µm y se almacenaron a 6 °C durante 9 días. Se evaluaron los siguientes parámetros: características organolépticas, acidez, ácido ascórbico (AA), fenoles totales (FT) y actividad antioxidante (AOX). Las muestras irradiadas con luz UV-C presentaron, al final del almacenamiento, concentraciones mayores de FT y AOX que las muestras control. En las muestras tratadas con ozono los FT presentaron una evolución similar al de las tratadas con UV-C, sin embargo AOX al final del almacenamiento fue similar al control. Desde el punto de vista sensorial, las dosis utilizadas de ozono y UV-C no modificaron las características del producto.

1 INTRODUCCION

Las frutas y hortalizas precortadas, de la IV Gama o mínimamente procesados, han cobrado gran importancia a nivel mundial ya que los consumidores prefieren productos de alta calidad y listos para ser empleados o consumidos.

Los vegetales mínimamente procesados (VMP), comparados con los productos enteros sin procesar, presentan la desventaja de que su vida comercial es inferior debido al procesamiento al cual fueron sometidos. Sin embargo, estos productos poseen mayor valor agregado que los vegetales frescos por lo que es interesante desde el punto de vista del productor y de la industria de alimentos.

El repollo (*Brassica olearacea*), es una hortaliza de hoja cuya comercialización en Argentina se realiza principalmente en fresco. Desde el punto de vista nutricional se caracteriza por su alto contenido en minerales y vitaminas, especialmente hierro y vitaminas A y C (Rinaldi y col., 2005).

El interés creciente en la caracterización de

fitoquímicos antioxidantes en los vegetales se debe a sus diferentes propiedades bioactivas (Dillard y German, 2000; Shetty y McCue, 2003) dado que estos compuestos inhiben o disminuyen la oxidación inhibiendo la iniciación o propagación de las reacciones oxidativas en cadena. Resultados de investigaciones recientes han demostrado que los diversos compuestos fenólicos presentes en las frutas y hortalizas son responsables de la alta capacidad antioxidante mostrada por estos productos (Proteggente y col., 2002).

La presencia de especies reactivas de oxígeno (ROS) puede causar daño celular en los tejidos de las plantas. Las ROS se generan en los procesos metabólicos normales como subproductos del metabolismo celular y también participan activamente en la señalización y la función antioxidante de los sistemas dentro de la célula para desintoxicar los productos de reacción del estrés oxidativo (Mittler, 2005). Causas de estrés como la luz, la temperatura y lesiones, afecta a la fisiología de los productos frescos por desencadenar respuestas que podrían inducir a la acumulación de compuestos fenólicos y otros



IX JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA

Santiago del Estero, 3 y 4 de Octubre de 2013

metabolitos secundarios (Kays, 1997; Cisneros-Zevallos, 2003).

En los últimos años se han llevado a cabo muchos estudios sobre el efecto de la luz UV-C en diferentes vegetales, con el propósito de controlar enfermedades (Pan y col., 2004; Ayala y col., 2007), retardar procesos relacionados con la maduración (Barka y col. 2000) y, también, para estudiar cómo el estrés provocado por esta irradiación afecta el desarrollo del daño por frío en algunos productos sensibles (Vicente y col., 2005). Sin embargo no hay muchos estudios relacionados con el efecto de tratamientos de luz UV-C de corta duración en hortalizas de hojas cortadas mínimamente procesadas (Artes y col. 2009).

Por otra parte, algunos estudios han mostrado efectos negativos de la luz UV-C sobre tejidos vegetales tales como disminución de la síntesis de proteínas, daño en el ADN (Danon y Gallois, 1998; Brosché y col., 1999). Sin embargo actualmente se acepta el concepto de hormesis que establece que es posible obtener un efecto benéfico de la aplicación subletal de un agente capaz de inducir estrés físico o químico (Luckey, 1980, Calabrese y Baldwin, 2002).

En los últimos años se han llevado a cabo algunos estudios con ozono gaseoso y ozono disuelto en agua, como una alternativa para llevar a cabo la sanitización de frutas y hortalizas durante su preparación para ser comercializados frescos y en productos precortados (Aguayo y col., 2006).

La exposición al ozono, si bien puede ser relativamente breve (5 a 10 min) puede ocasionar cambios a nivel metabólico en los vegetales. Así por ejemplo se encontró un incremento en la vida útil de naranjas tratadas con 0.4ppm O₃. Esto fue atribuido a la oxidación del etileno durante el almacenamiento (Skog y Chu, 2000). Artes-Hernandez y col., (2007) encontraron que bajas dosis de O₃ inducirían el incremento del contenido de polifenoles totales durante el almacenamiento de semillas de uva.

Sin embargo no se encontraron estudios sobre el efecto del ozono en repollo precortado y almacenado a bajas temperaturas.

2 OBJETIVO

En este trabajo se estudió el efecto del tratamiento con ozono y la aplicación de luz UV-C, en la

conservación postcosecha de repollo blanco cortado.

3 MATERIALES Y METODOS

3-1 Preparación de las muestras

Se trabajó con repollo blanco, obtenido de productores de la ciudad de Santiago del Estero-Argentina. A las cabezas se les eliminó las hojas externas, se las seleccionó y se las cortó en tiras de 5 mm aproximadamente, luego fueron lavadas con agua clorada (150 ppm NaClO, 5 min) y escurridas.

A fin de encontrar las condiciones más adecuadas del ensayo se aplicaron diferentes dosis de luz UV-C (pico de emisión de 254 nm). Para ello el producto cortado fue cuidadosamente distribuido en bandejas plásticas y ubicado debajo de lámparas germicidas de UV (TUV G30T8, 30 W, Philips) y fue irradiado a una distancia de 30 cm hasta alcanzar las dosis de 0,6 y 1,2 J/cm². El producto fue mezclado y rotado por lo menos tres veces a fin de asegurar la incidencia de la luz UV en toda la superficie. La intensidad de la radiación fue medida por un radiómetro digital (Cole-Parmer Instrument Company, Vernon Hill, Illinois).

Posteriormente el repollo se envasó en bandejas plásticas con 40 g de producto y se recubrió con polietileno de baja densidad (PEBD) de 30 µm.

Para los tratamientos con ozono, bandejas de PVC con 40 g con el repollo cortado, se colocaron en un recipiente hermético de plástico donde se inyectó el ozono durante 10 min., el cual fue generado con un Generador de Ozono Bio3. Modelo: TDZ-1. La concentración de ozono en el interior de recipiente fue determinada con un Medidor de ozono: GasAlert O₃ Extreme - BW Technology by Honeywell. Se aplicaron las siguientes concentraciones de ozono: 0,5; 1,0; 1,5 y 2 ppm.

Como control se envasaron muestras sin ningún tratamiento. Todas las bandejas se almacenaron a 6 °C durante 9 días.

Luego de la irradiación y del tratamiento con ozono y en forma diaria se extrajeron muestras hasta el tercer día, y luego a los 6 y 9 días para evaluar: características organolépticas, acidez, contenido de ácido ascórbico, fenoles totales y actividad antioxidante.



IX JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA

Santiago del Estero, 3 y 4 de Octubre de 2013

3-2 Análisis Sensorial

Se realizó un análisis descriptivo cuantitativo, con panel entrenado de 12 jueces, evaluándose las muestras mediante el empleo de una escala estructurada de 1-9 puntos (1 muy malo y 9 excelente). Se consideraron los siguientes parámetros sensoriales: apariencia general, pardeamiento, deshidratación y olor. Se estableció como límite de aceptabilidad para su comercialización el valor de 5 puntos (Torricella y col., 2007; Zamora Utset, 2007; Selma y col, 2012).

3-3 Acidez total

Para la determinación de acidez total se empleó el AOAC Official Method 942.15, el que consiste en titular 10 g de muestra triturados con 50 ml de agua destilada, filtrar y titular el filtrado con NaOH 0,1 N. Los resultados se expresan en mg de ácido cítrico / 100 g de tejido fresco.

3-4 Acido ascórbico

Determinado según la metodología de Carvalho y col. (1990), la cual se basa en la reducción del indicador 2,6 – diclorofenolindofenol por el ácido ascórbico. Expresándose los resultados como mg de ácido ascórbico / 100 g de tejido fresco.

3-5 Preparación de los extractos para fenoles totales y actividad antioxidante

Se tomaron 5 g de muestra y se homogenizó con 20 ml de metanol. A los extractos se los trasvasó a frascos color caramelo y se mantuvieron a 6 °C durante 12 hs. Transcurrido este tiempo, se centrifugaron a las muestras durante 15 min a 12000 rpm y se tomó el sobrenadante para realizar las determinaciones de fenoles totales y actividad antioxidante.

3-6 Fenoles Totales

Se determinaron de acuerdo a la metodología de Singleton y col. (1999), la cual se basa en tomar 500 µl de extracto al que se le añaden 8 ml de agua destilada y 0,5 ml del reactivo de Follin–Ciocalteu se agita y se deja reaccionar en la oscuridad durante 3 minutos luego se añade 1 ml

de carbonato de sodio y se deja reaccionar durante 10 min en oscuridad; transcurrido este tiempo se centrifuga durante 15 minutos a 12000 rpm y se procede a medir la absorbancia en espectrofotómetro a 725 nm. La curva de calibración se realizó empleando ácido clorogénico como patrón.

3-7 Actividad Antioxidante

Determinados según la metodología de Brand-Williams y col. (1995), la cual consiste en tomar 150 µl del extracto metabólico y adicionarle 2850 µl de DPPH de absorbancia ~1,1; se deja reaccionar al abrigo de la luz el tiempo necesario hasta que las mediciones de absorbancia no presentan variación. Se midieron las absorbancias a 515 nm. La curva de calibración se realizó empleando Trolox como patrón.

3-8 Diseño experimental y tratamiento estadístico de los datos.

Las experiencias se realizaron según un diseño factorial. Se llevaron a cabo por lo menos cuatro ensayos de almacenamiento y las determinaciones se efectuaron por triplicado. Los resultados obtenidos fueron analizados empleando StatGraphics Plus Network 3.0. Las diferencias significativas se determinaron utilizando ANOVA. La diferencia entre medias fue estudiada mediante el test LSD para un α igual a 0,05.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar la calidad sensorial del producto se observó que los atributos que presentaron modificaciones como consecuencia de los tratamientos fueron sólo la apariencia general y el pardeamiento, el cual fue visible en la zona de los bordes de las tiras de repollo.

El olor y la deshidratación de las hojas cortadas, no presentaron variaciones significativas durante el almacenamiento refrigerado. Asimismo, no se encontraron diferencias significativas entre las muestras control y las tratadas con luz UV-C.

En las Figuras 1 y 2, se presentan la evolución de la apariencia general y el pardeamiento del producto, en las cuales se puede observar que



IX JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA

Santiago del Estero, 3 y 4 de Octubre de 2013

ambos atributos se mantuvieron por encima del nivel de aceptación para ambas dosis de luz UV-C hasta el final del almacenamiento refrigerado.

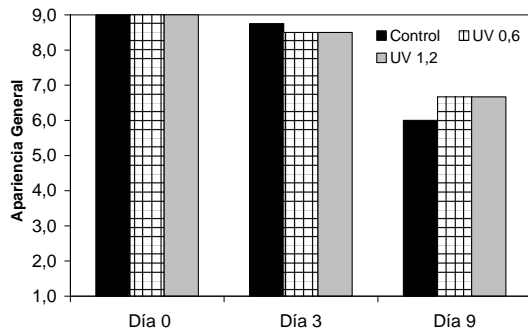


Figura 1: Apariencia general para repollo mínimamente procesado almacenado a 6 °C luego del tratamiento con Luz UV-C. $LSD(0,05) = 0,8$

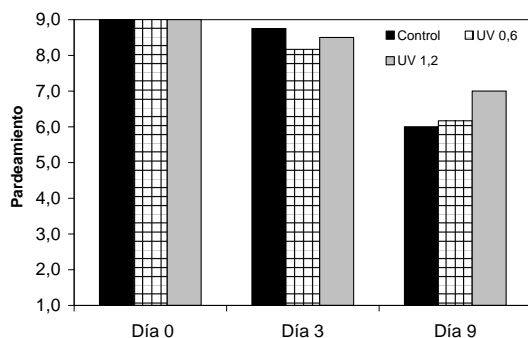


Figura 2: Pardeamiento para repollo mínimamente procesado tratado con luz UV-C y almacenado a 6 °C. $LSD(0,05) = 0.9$

No se observaron diferencias significativas entre las muestras control y las tratadas con luz UV-C para apariencia general. Tampoco hubo diferencias en el pardeamiento entre las muestras control y las tratadas con 0,6 J/cm². Por lo tanto se podría afirmar que las dosis empleadas de luz UV-C no modificaron los parámetros sensoriales del repollo cortado en tiras, durante su almacenamiento a 6°C.

Así mismo se observó que las muestras tratadas con 1 y 2 ppm de ozono mantuvieron sus características globales de calidad sensorial y de

color, parámetros estos que presentaron una evolución similar al control (datos no mostrados). Al evaluar la acidez del producto almacenado no se encontraron diferencias significativas durante el tiempo que duró la conservación entre las diferentes muestras tratadas con ozono y UV-C con el control, manteniéndose los valores en el rango de 1,40-1,55 durante todo el almacenamiento.

En la Tabla 1 y 2 se presentan los resultados correspondientes a la evolución de AA en repollo tratado con luz UV-C y con ozono, respectivamente.

Tabla 1: Contenido de ácido ascórbico en repollo mínimamente procesado tratado con de UV-C envasado en PEBD 30 y almacenado a 6 °C.

$LSD(0,05) = 2,5;$

Tiempo (días)	Tratamiento		
	Control	0,6 j/cm ²	1,2 j/cm ²
0	12,91	12,15	12,56
1	14,30	12,67	12,09
2	12,71	13,28	12,83
3	13,99	13,60	13,99
6	13,13	11,74	12,93
9	13,90	12,72	13,65

Tabla 2: Contenido de ácido ascórbico en repollo mínimamente procesado tratado con Ozono y envasado en PEBD 30 y almacenado a 6 °C.

$LSD(0,05) = 2,8$

Tiempo (días)	Control	Tratamiento con ozono (ppm)			
		0,5	1,0	1,5	2,0
0	12,91	23,60	25,57	27,53	29,50
1	14,30	20,83	20,46	19,62	19,16
2	12,71	13,10	13,28	13,47	12,53
3	13,99	12,96	13,22	12,85	12,35
6	13,13	13,30	13,09	12,43	12,26
9	13,90	13,43	12,34	12,35	12,45

Se observó que el contenido inicial en el control fue de aproximadamente 13 mg Ac. Ascórbico/100 g de tejido fresco. Luego de realizados los tratamientos con luz UV-C, con ambas dosis, no hubo variaciones significativas en las muestras tratadas, presentando los mismos niveles del valor inicial.

En las muestras tratadas con ozono, sin embargo, se observó que los niveles iniciales de AA fueron



IX JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA

Santiago del Estero, 3 y 4 de Octubre de 2013

más altos cuanto mayor fue la concentración de ozono, alcanzando niveles similares y sin variaciones significativas a partir del segundo día de almacenamiento.

En la Tabla 3 y 4 se presenta la evolución de fenoles totales en repollo mínimamente procesado tratado con luz UV-C y con ozono.

Tabla 3: Contenido de fenoles totales en repollo mínimamente procesado tratado con diferentes dosis de UV-C, envasado en PEBD 30 y almacenado a 6 °C. $LSD_{(0,05)} = 2,9$.

Tiempo (días)	Tratamiento		
	Control	0,6 J/cm ²	1,2 J/cm ²
0	148,3	136,0	122,2
1	127,8	111,8	112,7
2	111,4	112,4	113,0
3	111,6	110,2	111,3
6	110,2	114,7	117,8
9	114,5	118,7	118,5

Tabla 4: Contenido de fenoles totales en repollo mínimamente procesado tratado con ozono, envasado en PEBD 30 y almacenado a 6 °C.

$LSD_{(0,05)} = 2,7$.

Tpo.	Con trol	Tratamiento con ozono (ppm)			
		0,5 ppm	1,0 ppm	1,5 ppm	2,0 ppm
0	148,3	110,3	105,7	120,4	120,3
1	127,8	97,5	99,1	114,6	112,8
2	111,4	111,2	110,4	123,2	130,0
3	111,6	123,1	116,8	136,0	129,3
6	110,2	114,5	124,8	127,3	127,9
9	114,5	122,1	132,7	138,9	130,3

El contenido de fenoles totales en las muestras control, al inicio del ensayo fue de aproximadamente 148 mg Ac. Clorogénico/100 g muestra. Luego de aplicado el tratamiento de luz UV-C se observó que éstos disminuyeron presentando valores inferiores al del control ($P < 0,05$). A su vez los niveles de fenoles en las muestras tratadas con 0,6 J/cm² y con 1,2 J/cm² también fueron significativamente diferentes entre ellas, presentando, respectivamente, niveles de 136 y 122 mg Ac. Clorogénico/100 g. En las muestras control se observó que hubo una marcada disminución de sus niveles, aproximadamente un 26%, hasta los 2 días de

almacenamiento, permaneciendo luego prácticamente constantes hasta el final de la conservación.

Sin embargo, si bien en las muestras tratadas con ozono también hubo una disminución en el nivel de los fenoles hasta el primer día, posteriormente estos compuestos aumentaron lentamente durante el almacenamiento, alcanzando en todas las muestras, valores finales superiores a los iniciales y al control. Comportamiento similar a los fenoles presentó la evolución de la actividad antioxidante en las muestras tratadas tanto con UV-C y con ozono, respectivamente. Así, en la Figura 3 se presentan los valores correspondientes a la actividad antioxidante del repollo cortado tratado con diferentes dosis de luz UV-C.

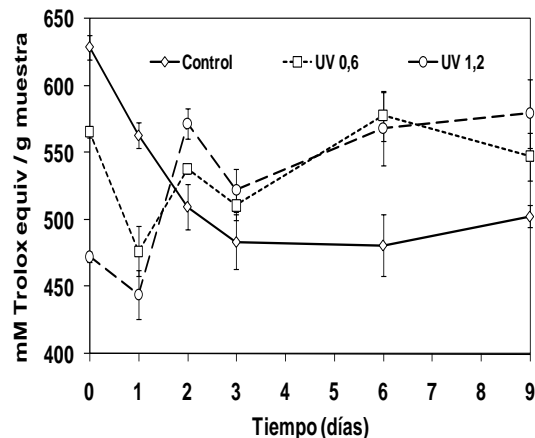


Figura 3: Actividad antioxidante en repollo cortado mínimamente procesado almacenado a 6 °C luego del tratamiento con luz UV-C. $LSD_{(0,05)} = 21,2$.

Como se observa, los valores iniciales de las muestras control e irradiadas con luz UV-C presentaron diferencias significativas para los distintos tratamientos aplicados antes del almacenamiento siendo mayor en las muestras control que en las irradiadas con 0,6 J/cm² y esta a su vez mayor que las irradiadas con 1,2 J/cm². Las muestras control presentaron una disminución sostenida hasta los 2 días en aproximadamente un 20% respecto al valor inicial (629 mM Trolox equiv./ g muestra). Posteriormente estos niveles permanecieron prácticamente sin variaciones importantes hasta los 9 días de almacenamiento. Comportamiento



IX JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA

Santiago del Estero, 3 y 4 de Octubre de 2013

similar se observó en las muestras tratadas con ozono, no observándose diferencias significativas entre las distintas dosis empleadas en el tratamiento y las muestras control.

Estos resultados difieren con los obtenidos por Beltrán et al. (2005), quienes observaron que en lechugas lavadas con 20 mg O₃/l, no hubo cambios significativos en el contenido total e individual de sustancias fenólicas luego del tratamiento, ni durante el almacenamiento a 4°C.

Por otra parte los resultados obtenidos en repollo cortado difieren de lo observado por Vicente y col. (2005) para pimientos, ya que las muestras tratadas con UV-C presentaron inmediatamente de irradiadas mayor poder antioxidante y luego una ligera disminución durante el almacenamiento refrigerado.

Por su parte Costa y col. (2006) encontraron para floretes de brócoli que inmediatamente de irradiados las muestras presentaron mayor capacidad antioxidante y también durante todo el almacenamiento respecto del control.

Esta diferencia encontrada entre los trabajos mencionados, al momento inicial del tratamiento, podría explicarse a que el repollo ya presenta un gran estrés provocado por el corte de las hojas en tiras y luego es sometido a otro estrés como lo es la luz UV-C al inicio del tratamiento. El posterior incremento del contenido de fenoles se atribuiría a que como es ya bien conocido compuestos fenilpropanoides se sintetizan en respuesta a tratamientos con UV-C, debido a que mecanismos de protección de los tejidos vegetales se activarían en respuesta a la radiación (Bieza and Lois, 2001; Cisneros-Zevallos, 2003). Por otra parte estudios previos encontraron que tratamientos con UV-C induce la enzima PAL la cual es un enzima clave en la regulación del metabolismo de los fenilpropanoides (Costa y col., 2006).

Por todo lo mencionado los tratamientos con luz UV-C provocarían un mayor estrés en las hojas cortadas de repollo mínimamente procesado, lo que induciría una mayor síntesis de FT y una mayor AOX respecto de las muestras tratadas con ozono y el control.

5 CONCLUSIONES

Las muestras irradiadas con luz UV-C y las tratadas con ozono, en las dosis y concentraciones

estudiadas presentaron un mejor comportamiento en cuanto a mantener el nivel de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en concentraciones superiores respecto de las muestras no tratadas.

6 REFERENCIAS

- Aguayo, E., V. Escalona, V., F. Artés. Effect of the cyclic exposure to ozone gas on phytochemical, sensorial and microbial quality in whole and sliced tomatoes. *Postharvest Biology and Technology* 39, 166–177. 2006.
- AOAC. Official methods of analysis. Arlington, VA. Tomo 2. 2003.
- Artés-Hernández, F., E. Aguayo, F. Artés, F. Tomás-Barberán. Enriched ozone atmosphere enhances bioactive phenolics in seedless table grapes after prolonged shelf life. *J. Sci. Food Agric.* 87, 824–831. 2007.
- Artés, F., P. Gómez, E. Aguayo, V. Escalona, F. Artés-Hernández. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. *Postharvest Biology and Technology* 51, 287–296. 2009.
- Ayala-Zavala, J. F.; S. Y. Wang, C. Y. Wang, G. A. Gonzalez-Aguilar. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. *Food Technol. Biotechnoogy*, 45, 166–173. 2007.
- Barka E A, S. Kalantari, J. Makhlof, J. Arul. Impact of UV-C irradiation o the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. *J. Agric. Food Chem.* 48, 667-671. 2000.
- Beltrán, D., M. V. Selma, A. Marín, M. I. Gil. Ozonated water extends the shelf life of fresh-cut lettuce. *J. Agric. Food Chem.* 53, 5654-5663. 2005.
- Bieza K, & R. Lois. An Arabidopsis mutant tolerant to lethal ultraviolet-B levels shows constitutively elevated accumulation of flavonoids and other phenolics. *Plant Physiol.* 126, 1105-1115. 2001.
- Brand-Williams, W, M. E. Cuvelier, C. Berset. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT - Food Science and Technology*, Vo. 28 pag. 25-30. 1995.
- Brosché M, C. Fant, S. Bergkvist, H. Strid, A. Svensk, O. Olsson, A. Strid. Molecular markers for UV-B stress in plants: alteration of the



IX JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA

Santiago del Estero, 3 y 4 de Octubre de 2013

- expression of four classes of genes in pisum sativum and formation of high molecular mass RNA adducts. *Biochim. Biophys. Acta* 1447, 185-198. 1995.
- Calabrese, E. J. & L.A. Baldwin. Defining hormesis. *Hum Exp Toxicol* vol. 21 no. 2 91-97. 2002.
- Carvalho, C.R.L.; D.M.B Mantovani, P.R.N Carvalho, R. M. Moraes. Análises químicas de alimentos. Campinas: ITAL. 1990.
- Cisneros-Zevallos, L. The use of controlled postharvest abiotic stresses as a tool for enhancing the nutraceutical content and adding value of fresh fruits and vegetables. *J. Food Sci.*, 68, 1560-1565. 2003.
- Costa L, A., A. Vicente, P. Civello, A. Chaves G. A. Martinez. UV-C treatments delay postharvest senescence in broccoli florets. *Postharvest Biology and Technology* 39. 204-210. 2006.
- Danon A. & P. Gallois. UV-C radiation induces apoptotic-like changes in Arabidopsis thaliana. *FEBS let.* 437, 131-136. 1998.
- Dillard, C. J., & German, J. B. Phytochemicals: nutraceuticals and human health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 1744-1756. 2000.
- Kays, S. J. Stress in harvested products. In S. J. Kays (Ed.), *Postharvest physiology of perishable plant products* (pp. 335-407). 1997.
- Luckey T D. Hormesis with Ionizing Radiation. CRC press, Boca raton. 1980.
- Mittler, R. Oxidative stress. Available from <http://www.ag.unr.edu/mittler/oxistress.pdf> (accessed September 2005).
- Pan J., A. R. Vicente, G. A. Martinez, A. R. Chaves, P. M. Civello. Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. *J Sci. Food Agric.* 84, 1831-1838. 2004.
- Proteggente, A. R., A. S. Pannala, G. Paganga, L. Van Buren, E. Wagner, S. Wiseman, S. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Radical Research*, 36, 217-233. 2002.
- Rinaldi M. M. B. C. Benedetti, L. Calore L. Efeito da embalagem e temperatura de armazenamento em repolho minimamente processado. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 25(3): 480-486, jul.-set. 2005.
- Selma M V., M. C. Luna, A. Martínez-Sánchez, J. A. Tudela, D. Beltrán, C. Baixauli, M. I. Gil. Sensory quality, bioactive constituents and microbiological quality of green and red fresh-cut lettuces (*Lactuca sativa L.*) are influenced by soil and soilless agricultural production systems. *Postharvest Biology and Technology* 63, 16-24. 2012.
- Shetty, K., & P. McCue, P. Phenolic antioxidant biosynthesis in plants for functional food application: integration of systems biology and biotechnological approaches. *Food Biotechnology*, 17, 67-97. 2003.
- Singleton, V. L., R. Orthofer, R. M. Lamuela-Raventós. Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent; *Methods in Enzymology*. Vol. 299. 1999.
- Skog, L. & C. Chu. Ozone technology for shelf life extension of fruits and vegetables. *Acta Hort.* 553, 285-291. 2000.
- Torricella Morales, R. G., E. Zamora Utset, H. Pulido Alvarez. Evaluación Sensorial Aplicada a la Investigación, desarrollo y control de la calidad en la Industria Alimentaria; Editorial Universitaria, La Habana, Cuba. 2007.
- Vicente A. R., C. Pineda, L. Lemoine, P. M. Civello, G. A. Martinez, A. R. Chaves. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biology and Technology* 35. 69-78. 2005.
- Zamora Utset E., Evaluación Objetiva de la Calidad Sensorial de Alimentos Procesados; Editorial Universitaria, La Habana, Cuba, 2007.
- Zhang, L., Lu, Z., Yu, Z., Gao, X. Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. *Food Control* 16, 279-283. 2005.



**IX JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA**
Santiago del Estero, 3 y 4 de Octubre de 2013