

Problemática de los alimentos vegetales mínimamente procesados en fresco

Perla Gómez (Grupo de Post-recolección y Refrigeración (Instituto de Biotecnología Vegetal).
Francisco Artés-Hernández, Encarna Aguayo, Víctor Escalona y Francisco Artés (Grupo de Post-recolección
y Refrigeración (Departamento de Ingeniería de Alimentos. Universidad Politécnica de Cartagena.
Cartagena. Murcia. España. fr.artes@upct.es).

Durante los últimos años se ha notado un cambio notable en los hábitos alimentarios de la población. No sólo se espera satisfacción de la comida, sino también que contribuya a mejorar nuestra salud y bienestar. Además, cada vez es más escaso el tiempo para su preparación. Debido a esto, las frutas y hortalizas mínimamente procesadas en fresco constituyen un sector de rápido crecimiento en la industria de los alimentos. Tratándose de productos muy perecederos, deben ser manipulados siguiendo estrictas normas de control de calidad. En este artículo se describen las principales alteraciones físicas, fisiológicas y microbiológicas que más frecuentemente presentan y se indican algunas pautas generales acerca de la tecnología actualmente disponible para su control.

INTRODUCCIÓN

Los hábitos alimentarios de la población han cambiado marcadamente a lo largo del siglo XX. Mientras en las primeras décadas la comida era una mera fuente de energía, hoy en día también constituye un fenómeno sensorial, cultura y social. No sólo se espera satisfacción al comer, sino también que contribuya a mejorar nuestra salud y bienestar. Además, cada vez es más escaso el tiempo libre para su preparación. Surge así una nueva gama de productos compuesta por hortalizas y, en menor medida, frutas e incluso plántulas, frescas, limpias, troceadas (partidas, cortadas, ralladas etc.), desinfectadas, envasadas y listas para su consumo directo en forma de ensaladas o para su cocinado. Los tratamientos aplicados se caracterizan por ser métodos físicos simples, ya que en todo momento se trata de mantener las propiedades sensoriales del producto intacto del que provienen (ARTÉS, 2000).

La obtención de una supervivencia comercial satisfactoria depende de la elección apropiada de la materia prima y de la ejecución de prácticas industriales correctas de manipulación, procesado, envasado, almacenamiento y distribución. Es fundamental el mantenimiento de la cadena de frío y el empleo de atmósferas modificadas.

En los vegetales mínimamente procesados en fresco el corte expone los tejidos al daño y los hace más perecederos, incrementándose la pérdida de nutrientes y la permeabilidad a los gases y al vapor de agua (AVENA-BUSTILLOS *et al.*, 1994). Por lo tanto son muy susceptibles a diversas alteraciones que afectan adversamente su calidad y seguridad. A continuación se describen los cambios más notables que normalmente sufren estos productos y se sugieren algunas actuaciones para limitarlos.

Alteraciones físicas

Deshidratación

La pérdida de agua por transpiración es un factor que incide negativamente sobre la calidad (Figura 1F). Consiste en la transferencia de vapor de agua desde los tejidos al medio circundante. Las células vegetales se hallan en equilibrio con la atmósfera cuando están a la misma temperatura y a una alta humedad relativa (99-99,5%). Cualquier disminución de la presión de vapor por debajo

de estos niveles determina la pérdida de agua, la cual se manifiesta mediante marchitamiento, afectando el peso, la apariencia y la textura, provocando menor succulencia y firmeza. El uso de películas plásticas para la generación de atmósferas modificadas reduce la diferencia de presión de vapor, aunque en algunos casos sería recomendable el empleo de recubrimientos comestibles. Se ha observado en zanahoria rallada que la aparición de una capa blanquecina podría estar vinculada a la deshidratación de las células muertas (AVENA-BUSTILLOS *et al.*, 1994). Para evitar esta alteración, se ha propuesto el uso de películas comestibles fabricadas con ésteres de sacarosa (BALDWIN *et al.*, 1995).

Daños mecánicos

Para reducir los daños mecánicos y la consecuente pérdida de fluidos, es fundamental realizar los cortes con instrumentos bien afilados. El empleo de acero inoxidable reduce los riesgos de pardeamiento enzimático, al evitar la presencia de iones metálicos (fundamentalmente de cobre) que lo favorecen. Es importante también la solidez del equipo industrial, ya que, de ser inestable, se pueden generar vibraciones capaces de alterar la eficiencia del corte, produciendo desgarros en las células y la consecuente pérdida de calidad (GRAG *et al.*, 1990). Por ejemplo, se ha observado que en lechuga los cortes realizados con una cuchilla sin filo presentan una mayor tasa respiratoria (AHVENAINEN, 2000).

Cuando los vegetales deben pelarse, siempre que sea posible es recomendable el uso de enzimas, minimizando de este modo la presencia de heridas que luego serán potenciales vías de penetración para los microorganismos (WILEY, 1994).

Otro factor a tener en cuenta es el tamaño de las piezas en que se procesa el producto. En lechuga se ha observado que el menor tamaño conduce a una mayor tasa respiratoria y de producción de etileno, el cual, estimula a su vez la biosíntesis de enzimas, como la fenil alanina amonio liasa (PAL) y la polifenol oxidasa (PPO). Paralelamente, cuanto mayor es la superficie expuesta carente de epidermis, mayor será la deshidratación (VAROQUAUX y WILEY, 1994).

Alteraciones fisiológicas

Incremento en la tasa respiratoria y en la producción de etileno

La tasa respiratoria y la producción de etileno del producto procesado es, generalmente, mucho más alta que la del producto intacto, principalmente durante las primeras horas posteriores al corte, como se ha observado en lechuga, melón, tomate, granada, hinojo, colirrábano, apio, etc. (VAROQUAUX y WILEY, 1994, ARTÉS *et al.*, 1999, AGUAYO *et al.*, 2001, ARTÉS y AGUAYO, 2001, ESCALONA *et al.*, 2001, GÓMEZ y ARTÉS, 2004). Sin embargo, acciones tales como la remoción de peciolo y sépalos en fresas, o la eliminación del raquis en uva, no conducen a un incremento en la respiración (WATADA *et al.*, 1996). La tasa respiratoria está altamente relacionada con la temperatura. De ahí la importancia de mantenerla lo más baja posible. La modificación de la atmósfera también contribuye a su control, así como a reducir la síntesis y acción del etileno.

Cambios en la composición química

Entre los principales cambios que sufren los productos procesados en fresco luego del envasado se incluye la pérdida de sólidos totales, carbohidratos, proteínas, aminoácidos y vitaminas. Muchos de estos cambios se inician a consecuencia de la pérdida de turgencia de los tejidos que lleva a una creciente deshidratación y por último a la muerte celular. Azúcares, ácidos orgánicos, lípidos y otros substratos son utilizados por los tejidos como fuente primaria de energía química. Se ha observado que el nivel de azúcares cae y el nitrógeno soluble se incrementa, asociado a una mayor síntesis de enzimas relacionadas con la degradación. Los monosacáridos disminuyen (fructosa y glucosa), probablemente debido a que la fructosa es consumida o transformada en glucosa para luego ser consumida. Cuando más baja es la temperatura de almacenamiento y si la atmósfera es modificada, mayor es el mantenimiento de los niveles de azúcares.

Por otra parte, los cambios en el contenido de ácidos orgánicos generalmente son mínimos. Varios estudios sostienen la hipótesis de que con bajas con-



Figura 1. Alteraciones observadas en productos mínimamente procesados: A) Amarillamiento en rúcula. B) Ahuecado en apio. C) Pardeamiento en kiwi. D) Pardeamiento en habas. E) Daño por Irió en pimienta. F) Deshidratación y color blanco en zanahoria. G) Ataque bacteriano en flavedo de limón. H) Efecto del ozono en control de hongos en melón.

centraciones de O_2 y altos niveles de CO_2 se retarda la descomposición de estos compuestos. Sin embargo, el mecanismo por medio del cual ocurre permanece aún desconocido y en la mayoría de los casos, los resultados tienen una alta variabilidad.

Las hortalizas se caracterizan por ser relativamente ricas en vitaminas, principalmente las vitaminas C y A, así como tiamina y riboflavina. Durante la vida en estante es posible observar una disminución en el contenido de vitamina C, la cual depende de la temperatura de almacenamiento. Por ejemplo en espárragos se han indicado valores de disminución de hasta un 40% en sólo un día cuando la temperatura es de $10^\circ C$. En cambio, si la temperatura es de $0^\circ C$, se observa una disminución del 50% luego de una semana (WATADA, 1987).

Cambios en el color

En los tejidos vegetales verdes el proceso de senescencia normalmente conduce a la pérdida de estructura del citoplasma y de los cloroplastos y, en consecuencia, al amarillamiento de los tejidos (Figura 1A). Esto se debe a que los pigmentos se encuentran accesibles al ataque de ácidos celulares y enzimas de-

gradativas, favorecidos además por la presencia de O₂ (Maunder *et al.*, 2005). En las hortalizas de hoja el color amarillo resultante no es atractivo para los consumidores y tiene un efecto negativo sobre la posibilidad de venta del producto (ARTÉS y GÓMEZ, 2003). El mantenimiento de una baja temperatura y una humedad relativa elevada, conjuntamente con el empleo de atmósferas empobrecidas en O₂ y moderadamente enriquecidas en CO₂, son las principales herramientas recomendables para retardar esta alteración.

Otro cambio en el color que puede aparecer en los productos procesados se manifiesta como manchas en la epidermis, tal como ocurre en la lechuga cortada, donde se observan pardeamientos del borde de la hoja ("*leaf edge browning*") y de tejidos no fotosintéticos ("*brown stain*"), asociados a una acumulación superior al 2% de CO₂ en la atmósfera de conservación. También en este producto se ha indicado la presencia de manchas rosáceas ("*russet spotting*") en las nervaduras, atribuidas a un nivel de etileno en la atmósfera superior a 0,1 ppm. Se ha visto que una concentración de 200 ppm de ácido cítrico resultó eficaz para reducir el pardeamiento del borde de la hoja, en tanto que los otros dos defectos fueron inhibidos por una baja temperatura de almacenamiento (1°C) (ARTÉS *et al.*, 1999).

Por otro lado, en hortalizas procesadas como la zanahoria rallada, es frecuente observar durante su vida comercial la aparición de una capa blanquecina que ha sido asociada a la presencia de lignina, cicatrizante natural de los tejidos (BOLIN y HUXSOLL, 1991), aunque, como se mencionara anteriormente, puede también estar vinculada a la deshidratación (AVENA-BUSTILLOS *et al.*, 1994).

Pardeamiento enzimático

Es una de las principales causas de la pérdida de calidad de los productos procesados en fresco, constituyéndose en uno de los mayores desafíos a solucionar. La presencia de pardeamientos se debe a la oxidación de los compuestos fenólicos, reacción catalizada por la enzima (PPO), originándose quinonas incoloras que posteriormente se polimerizan, formando melaninas cuya coloración muestra tonos pardos, rojizos o negros (GÓMEZ *et al.*, 2006). Este tipo de alteración es muy frecuente en productos mínimamente procesados tan dispares como manzana, pera, patata, kiwi, champiñón, habas o lechuga (Figura 1C y D)

La prohibición del uso de sulfitos para evitar esta alteración, ha llevado al desarrollo de alternativas. El empleo de atmósferas modificadas puede contribuir positivamente a ello, como sucede en manzana (NICOLI *et al.*, 1994). También se han empleado, con diferente éxito, agentes reductores como el ácido ascórbico (vitamina C), quelantes como el EDTA, acidulantes como los ácidos cítrico y acético, etc. (VAMOS-VIGYAZO, 1981; DZIEZAK, 1986; SAPERS y HICKS, 1989; SAPERS y MILLER, 1992; ARTÉS *et al.*, 1996; CASTAÑER *et al.*, 1996). Al momento de usarlos se debe tener precaución, ya que pueden producir alguna alteración en atributos tales como la calidad sensorial y el valor nutricional.

Cambios en la textura

La textura de un producto vegetal es una de las características sensoriales más importantes que se encuentra asociada a su calidad. La misma está determinada por la estructura y composición de sus tejidos. La pared celular es la principal responsable de la condición textural. Se halla compuesta por fibrillas de celulosa embebidas en una matriz de sustancias pécticas, hemicelulosa, proteínas, lignina, solutos de bajo peso molecular y agua (SMITH *et al.*, 2006). Por lo general, los órganos vegetales comestibles contienen sólo células con pared pri-

ma. El envasado en atmósfera modificada y la refrigeración no siempre son suficientemente eficaces para asegurar la retención de la firmeza. En relación con los diferentes productos, existe una sensibilidad varietal significativa, como se ha puesto de manifiesto en distintos tipos de melón (AGUAYO *et al.*, 2001). El uso de sales cálcicas (cloruro, lactato o propionato) puede retrasar el ablandamiento en melón procesado en fresco (AGUAYO y ARTÉS, 2001).

Ahuecado

Esta alteración, aún no suficientemente estudiada, es particularmente importante en apio y rábano (Figura 1B). En este caso se observa que las células del parénquima cortical se rompen, dando lugar al aerénquima, de color blanco y de consistencia esponjosa, con grandes espacios de aire. Posteriormente puede ocurrir el desprendimiento de la epidermis. El defecto generalmente empieza en la zona de corte, aunque también puede provenir del campo, en este caso asociado a alternancias drásticas en la disponibilidad de agua o bien a una excesiva fertilización nitrogenada (ALONI y PRESSMAN, 1979). Existen diferencias entre variedades, desde cultivares altamente susceptibles hasta los marcadamente resistentes. Esta fisiopatía es un carácter genético heredable, de forma que el carácter "*sin ahuecado*" es recesivo (WHITLOCK, 1979). La presencia de etileno también favorece la formación de aerénquima (SALTVEIT y MANGRICH, 1996).

Sabores y aromas extraños

Durante el almacenamiento refrigerado, los productos vegetales pueden absorber aromas y sabores extraños. De ahí que se recomiende tener en cuenta mantenerlos alejados de los olores de productos tales como manzanas, zanahorias y cebolla. El uso de películas plásticas no siempre evita la transferencia de olores. Por otra parte, cuando la atmósfera de equilibrio que se genera en el interior de los envases no es la adecuada, puede producirse el desarrollo de sabores o aromas extraños resultantes de un metabolismo fermentativo (ARTÉS, 2000). Por ejemplo en zanahoria, se ha observado el incremento en el contenido de ácido clorogénico, el cual perjudica el aroma y sabor del producto (BABIC *et al.*, 1993).

Translucencia

Es un desorden fisiológico cuya causa no ha sido conocida aún completamente. Se trata del proceso por el cual los espacios celulares libres se llenan con líquido, dando a los tejidos un aspecto de transparencia o vitrosidad. Cuando se produce este fenómeno, los productos procesados suelen desarrollar aromas desagradables. En melón se ha observado que la translucencia se reduce por el uso de atmósferas enriquecidas en CO₂ (15 kPa, PORTELLA y CANTWELL, 1998). Generalmente está asociada a una mayor actividad de las enzimas catalasas y α y β galactosidasas, lo que ocasiona modificaciones en los galactolípidos de la membrana alterando su permeabilidad.

Daños por frío

Es posible observar alteraciones fisiológicas en los productos procesados en fresco cuando los mismos son sensibles a bajas temperaturas de almacenamiento, aunque siempre superiores al punto de congelación. Sin embargo no es un defecto muy frecuente, debido a que la duración de la vida comercial suele ser reducida, y por lo tanto no se supera el umbral de inducción o periodo de latencia para que el defecto se exprese (Figura 1E).

Alteraciones microbiológicas

El daño en los tejidos, con la consecuente disponibilidad de nutrientes, provee condiciones favorables para el desarrollo de patógenos. Los géneros y especies, así como la cantidad de microorganismos presentes en los productos mínimamente procesados, varía con la fruta u hortaliza de que se trate, las prácticas de cultivo y la higiene durante la manipulación y procesado, siendo clave el correcto manejo de la temperatura (Figura 1G).

Debido a que las bacterias, hongos y levaduras proliferan en la periferia e interior de los tejidos dañados y células muertas, es muy importante realizar un buen escurrido y centrifugado o secado del producto procesado. De este modo se disminuye la humedad superficial (BOLIN y HUXSOLL, 1991).

El agua clorada con unas 50 a 150 ppm de ClO₂ es efectiva en gran medida, aunque no elimina todos los microorganismos. Además, los productos secundarios resultantes de su uso pueden resultar perjudiciales para la salud. Alternativas al cloro son el empleo del CO₂ en concentraciones relativamente altas (30 kPa), el cual se ha visto que es efectivo en fresas (WILLS *et al.*, 1998), el uso de radiaciones gamma; la aplicación de ozono (Figura 1H), el cual se ha demostrado que retrasa el crecimiento de hongos patógenos como *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea* o *Rhizopus stolonifer* (LIEW y PRANGE, 1994 y SARIG *et al.*, 1996, AGUAYO *et al.*, 2006); el recubrimiento con coberturas comestibles y controladores biológicos, como por ejemplo el empleo de la levadura *Candida quilliermondii* para controlar el hongo *Penicillium sp.* (WATADA *et al.*, 1996). También se ha evaluado el efecto de atmósferas con elevados niveles de O₂ (70-90%), solos o en combinación con una concentración moderadamente alta de CO₂ (10-20%), observándose que se logró afectar el crecimiento de levaduras y bacterias que normalmente alteran la calidad de las hortalizas procesadas en fresco (AMANATIDOU *et al.*, 1999).

Aunque a temperaturas inferiores a 5°C las bacterias mesófilas apenas se desarrollan, las psicrófilas como *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes* y *Aeromonas hydrophila*, sí pueden hacerlo, constituyendo un riesgo real, aunque afortunadamente poco común, en los productos mínimamente procesados comercializados a bajas temperaturas (BRACKETT, 1994). Otros géneros bacterianos como *Pseudomonas sp.* y *Erwinia sp.* considerados como no peligrosos para el consumidor, son más habituales en productos procesados en fresco (VAROQUAUX y WILEY, 1994), causando la denominada podredumbre blanda bacteriana, identificada frecuentemente en productos como la ensalada de lechuga (ARTÉS *et al.*, 1999).

BIBLIOGRAFÍA

- AGUAYO, E. y ARTÉS, F. 2001. *Procesado en fresco del melón "amarillo" y evolución de su calidad sensorial*. Alimentaria. 25-32.
- AGUAYO, E., ESCALONA, V.H. y ARTÉS, F. 2002. *Minimally processed 'Amarillo' melon washed on ozone treated water*. Emerging Technologies for the Food Industry. Madrid.
- AGUAYO, E., ESCALONA, V.H. y ARTÉS, F. 2006. *Effect of the cyclic exposure to ozone gas on phytochemical, sensorial and microbial quality in whole and slices tomatoes*. Postharvest Biol. Technol. 39 (2):169-177.
- AHVENAINEN, R. 2000. *Ready to use fruit and vegetables*. Flair Flow Europe Technical Manual, F-FE, 376A/00. 31 pp.
- ALONI, B. y PRESSMAN, E. 1979. *Petiole pithiness in celery leaves: induction by environmental stresses and the involvement of abscisic acid*. Physiol. Plant. 47:61-65.
- AMANATIDOU, A., SMID, E., GORRIS, L. 1999. *Effect of elevated oxygen and carbon dioxide on the surface growth of vegetable-associated micro-organisms*. J. Appl. Microbiol. 86:429-438.
- ARTÉS, F. 2000. *Productos vegetales procesados en fresco*. En: Aplicación del Frío a los Alimentos. Ed: M. Lamúa. Edit: Mundi Prensa. Cap.5. 127-141.
- ARTÉS, F. y AGUAYO, E. 2001. *Controlled atmosphere storage of fresh-cut tomato*. En: Improving Postharvest Technologies of Fruits, Vegetables and Ornamentals. Ed. International Institute of Refrigeration. Ed: F. Artés, M.I. Gil and M.A. Conesa. Murcia. Spain. Vol.1: 432-436.
- ARTÉS, F., MARTÍNEZ, J.A. y MARÍN, J.G. 1999. *Quality changes in minimally processed 'Romaine' lettuce as affected by several treatments*. En: Agri-Food Quality II. Quality Management of Fruits and Vegetables. Ed. The Royal Society of Chemistry. Ed: M. Hägg, R. Avenhainen, A.M. Evers and K. Tiikkala. London. 115-118.
- ARTÉS, F., GIL, M., CASTAÑER, M., FERRERES, F. y TOMÁS-B, F. 1996. *Organic acids as inhibitors of browning in minimally processed lettuce*. EFFOST- GD. Minimal Processing of Foods. Cologne. Alemania. Noviembre.
- ARTÉS, F., GÓMEZ, P. 2003. *Active packaging and colour control: the case of fruit and vegetables*. Chapter 20. Novel food packaging techniques. R. Ahvenainen (Ed.). CRC Press, Cambridge, UK.
- ARTÉS, F.; GÓMEZ, P., ARTÉS HERNÁNDEZ, F. 2002. *Alteraciones físicas, fisiológicas y microbianas de frutas y hortalizas procesadas en fresco*. Alimentaria. 335: 69-74.
- ARTÉS, F., GÓMEZ, P. y ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. 2006. *Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables*. Stewart Postharvest Review. 5(3): 1-13. doi: 10.2212/spr.2006.5.3.
- AVENA-BUSTILLOS, R., CISNEROS-ZEVALLOS, L., KROCHTA, J. y SALTVEIT, M. JR. 1994. *Application of casein-lipid edible film emulsions to reduce white blush on minimally processed carrots*. Postharvest Biol. Technol., 4:319-329.
- BABIC, I., AMIOT, M., NGUYEN-THE, C. y AUBERT, S. 1993. *Accumulation of chlorogenic acid in shredded carrots during storage in an oriented polypropylene film*. J. Food Sci., 58:840-841.
- BALDWIN, E., NISPEROS-CARRIEDO, M. y BAKER, R. 1995. *Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products*. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 35:509-524.
- BOLIN, H. y HUXSOLL, C. 1991. *Control of minimally processed carrot (Daucus carota) surface discoloration caused by abrasion peeling*. J. Food Sci., 56:416-418.
- BRACKETT, R. 1994. *Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed fruits and vegetables*. En: Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. Ed: R.C. Wiley, Edit. Chapman and Hall. NY. Chap. 7, 269-312.
- CASTAÑER, M., GIL, M., ARTÉS, F. y TOMÁS-B, F. 1996. *Inhibition of browning of harvested head lettuce*. J. Food Sci., 61(2):314-316.
- DZIEŻAK, J.D. 1986. *Preservative systems in foods, antioxidants and antimicrobial agents*. Food Technol. 40 (9): 94-136
- ESCALONA, V., AGUAYO, E. y ARTÉS, F. 2001. *Quality attributes and shelf life of minimally processed fennel*. 8th Controlled Atmosphere Research Conf., Rotterdam, The Netherlands, 8-13/7.

- GÓMEZ, P., ARTÉS, F. 2004. *Improved keeping quality of minimally fresh processed celery sticks by modified atmosphere packaging*. Food Sci. Technol. Internat. 38:323-329.
- GÓMEZ, P., GEYSEN, S., VERLINDEN, B., ARTÉS, F. and NICOLAI, B. 2006. *Modelling the effect of superatmospheric oxygen concentrations on invitro mushroom PPO activity*. J. Sc. Food Agric. 86: 2387-2394.
- GRAG, N., CHURREY, J. y SPLITTSTOESSER, D. 1990. *Effect of processing conditions on the microflora of fresh-cut vegetables*. J. Food Protect. 53: 701-703.
- LIEW, C. y PRANGE, R. 1994. *Effect of Ozone and Storage Temperature on Postharvest Diseases and Physiology of Carrots (Daucus carota L.)*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119(3): 563-567.
- MAUNDERS, M., BROWN, S., WOOLHOUSE, S. 2005. *The appearance of chlorophyll derivatives in senescing tissue*. Phytochemistry. 22:2443-2446.
- NICOLI, M., ANESE, M. y SEVERINI, C. 1994. *Combined effects in preventing enzymatic browning reactions in minimally processed fruit*. J. Food Quality. 17:221-229.
- PORTELLA, S. y CANTWELL, M. 1998. *Quality changes of minimally processed honeydew melons stored in air or controlled atmosphere*. Postharvest Biol. Technol. 14:351-357.
- SALTVEIT, M y MANGRICH, M. 1996. *Using density measurements to study the effect of excision, storage, abscisic acid, and ethylene on pithiness in celery petioles*. J. Amer. Soc. Hort. Sci.: 12(1): 137-141.
- SAPERS, G. y HICKS, K. 1989. *Inhibition of enzymatic browning in fruits and vegetables*. En: Quality Factors of Fruits and Vegetables, Chemistry and Technology, Editor: J.J. Jen, Washington, 29-43
- SAPERS, G. y MILLER, R. 1992. *Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-2-phosphates*. J Food Sci. 57 (5): 1132-1135.
- SARIG, P., ZAHAVI, T., YANNAI, S., LISKER, H. y BEN-ARIE, R. 1996. *Ozone for Control for Post-Harvest Decay of Table Grapes Caused by Rhizopus stolonifer*. Physiol. Mol. Plant Pathol. 48: 403-41.
- SMITH, J., STANLEY, D. 2006. *Nonenzymatic lignification of asparagus?*. J. Text. Studies., 18:339-358.
- VAMOS-VIGAZO, L. 1981. *Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables*. CRC Critical Rev. Food Sci. Nutr. 15: 49-127
- VAROQUAUX, P. y WILEY, R. 1994. *Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. En: Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. R.C. Wiley (ed.). Edit. Chapman & Hall. 226-268
- WATADA, A. 1987. *Vitamins*. In: Postharvest physiology of vegetables. Cap. 22. J Weichmann (ed.). Marcel Dekker, Inc., New York, USA. 597 pp.
- WATADA, A., KO, N. y MINOTT, D. 1996. *Factors affecting quality of fresh-cut horticultural crops*. Postharvest Biol. Technol. (9):115-125.
- WHITLOCK, A. 1979. *Celery grower guide*, 6. Ed. Grower Books. London, UK. 93 pág.
- WILEY, R.C. 1994. *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. Chapman & Hall. 269-312. 368 pp.
- WILLS, R., MCGLOSSON, B, GRAHAM, D. y JOYCE, D. 1998. *Postharvest. An introduction to the Physiology & Handling of Fruit, Vegetables & Ornamentals*. UNSW Press. pag. 102-103.