

REVISIÓN

Uso de envasado en atmósfera modificada en los productos de IV y V gama

Escalona Víctor Hugo¹

¹Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Producción Agrícola, Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC). Casilla 1004 Santiago Chile. Teléfono: +562 29785841/23; Fax: +562 29785813. Correo electrónico: vescalona@uchile.cl, www.cepoc.cl, www.hortyfresco.cl

Recibido: 2015-06-10 Aceptado: 2017-09-01

Resumen

Los productos de IV y V gama son altamente susceptibles al deterioro y a sufrir re-contaminación por microorganismos después de finalizado el procesamiento industrial. El uso del envasado en atmósfera modificada (EAM) es ampliamente empleado como técnica para prolongar la vida útil de estos productos. El principal efecto fisiológico del uso comercial de EAM, con una combinación gaseosa baja en O₂ y moderada a alta en CO₂, se debe a la disminución de la respiración aeróbica, producción de etileno, pardeamiento enzimático, degradación de la pared celular, crecimiento microbiano, etc., prolongando la vida útil especialmente en los productos de IV gama respecto a los de V gama, los cuales fueron tratados con calor y presentan una perecibilidad menor. Para alcanzar la atmósfera de equilibrio recomendada en el interior del envase con un producto de IV gama se debe seleccionar la película plástica según su permeabilidad al O₂, CO₂, etileno y vapor de agua, tasa respiratoria y peso del producto cortado, superficie de intercambio del envase y temperatura de almacenamiento. Para los productos de V gama el material plástico debe ser resistente al tratamiento térmico y debe mantener el vacío tras el procesamiento. El uso de temperaturas adecuadas es la principal herramienta para mantener la calidad y vida útil, siendo por tanto esencial el monitoreo de la misma para evitar condiciones de anaerobiosis, ya que el consumo de O₂ se incrementa en la hortaliza picada más rápidamente que la permeabilidad de la película plástica frente a un alza en la temperatura.

Palabras clave: mínimo proceso, envases, postcosecha, permeabilidad a los gases, vida útil

Use of Modified Atmosphere Packaging in Minimally Processed and Sous Vide Products

Summary

Minimally processed and sous vide vegetables are highly susceptible to deterioration and to be re-contaminated by microbial organisms after the completion of the industrial processing. Modified atmosphere packaging (MAP) is widely used as a technique to extend the shelf-life period of these products. The main physiological effect of commercial MAP with low O₂ combined with moderate and high CO₂ levels is related to a decreasing of aerobic respiration, ethylene production, enzymatic browning, cell wall degradation, microbial growth, etc., prolonging specially the shelf-life of minimally processed compared to sous vide vegetables, which are heat treated and show a lower perishability. In order to reach the recommended equilibrium atmosphere inside the package for minimally processed, plastic film must be carefully chosen according to its permeability to O₂, CO₂, ethylene and water vapor, respiratory rate and weigh of the cut product, packaging, and storage temperature. In case of sous vide, the plastic film must be resistant to heat treatment and must maintain the vacuum after processing. The use of adequate temperatures is the main tool to keep the quality and the shelf life of these products. Therefore temperature control is essential to assure the desired MAP effect on minimally processed. It is essential the temperature control to avoid anaerobic conditions because the oxygen consumption increases quicker in the chopped vegetable than the gas film permeability of the plastic film when the temperatures rise.

Keywords: fresh cut, packaging, postharvest, gas permeability, shelf life

Introducción

Una de las características principales de los productos de IV y V gama es que, al estar procesados, pelados, lavados, cortados, semi cocinados o cocinados (V gama), envasados en bolsas o en envases semi-rígidos, permiten minimizar los tiempos en la preparación de una comida. Sin embargo, a causa de las heridas que sufren estos órganos vegetales durante las operaciones de procesado y en especial en la IV gama, su vida útil a menudo disminuye drásticamente. En definitiva, dos son los problemas que deben controlarse para prolongar la vida de una hortaliza de IV y V gama. El primero es que en la IV gama el tejido vegetal está vivo y continúa respirando mediante reacciones químicas que interactúan entre sí, alguna de las cuales deben ser controladas para retardar la senescencia. Este aspecto suele no ser importante en V gama donde el tratamiento térmico suave inactiva el proceso respiratorio del tejido vegetal. El segundo problema común para ambos productos, es la proliferación microbiana, importante en la mayoría de las hortalizas por su alto pH cercano a la neutralidad que favorece la proliferación de bacterias deteriorantes y patógenas.

Es por esta razón que es imprescindible que la manipulación y el procesado de estos productos se realicen a bajas temperaturas, inferiores a los 5 °C, para prolongar su vida útil reduciendo la velocidad de las reacciones químicas y el crecimiento microbiano. Por ello, el transporte y comercialización debe ser a temperaturas lo más cercanas posible a 0 °C para así obtener una supervivencia comercial que según el producto podría llegar como máximo a las dos semanas para hortalizas de IV gama, y de 6 a 10 semanas para V gama.

Envasado en atmósfera modificada

En la conservación y distribución de los productos de IV y V gama suele utilizarse el envasado en atmósfera modificada (EAM). En los primeros productos se buscan concentraciones gaseosas de O₂ y CO₂ que inhiban especialmente reacciones relacionadas con la respiración, senescencia y ablandamiento de los tejidos. Se ha reportado que la respiración de hinojos picados disminuyó bajo concentraciones de 5 % O₂ y moderadas de CO₂ (5 %). Al disminuir la concentración de O₂ se reducen las reacciones de pardeamiento, y al aumentar la concentración de CO₂ se inhibe la síntesis de la polifenoloxidasas (PPO) que ha sido inducida como consecuencia del corte. El CO₂ previene el pardeamiento sobre los tejidos dañados, porque

bloquea la formación de compuestos fenólicos e inhibe la actividad de la PPO. Por tanto, las concentraciones gaseosas recomendadas varían de 2 a 8 % de O₂ para evitar el pardeamiento y alargar la vida de conservación, mientras que las concentraciones óptimas de CO₂ varían entre 5 y 15 %. Adicionalmente, estas atmósferas reducen la emisión de etileno y el ablandamiento de los tejidos (Escalona, Aguayo y Artés, 2006a, 2006b; Escalona et al., 2006; Aguayo, Escalona y Artés, 2007).

El efecto positivo de la atmósfera modificada sobre los productos de IV gama ha sido mencionado en muchos trabajos. Por ejemplo en hinojos (Escalona, Aguayo y Artés, 2006b), colirrábano (Escalona, Aguayo y Artés, 2006a), lechuga mantecosa (Escalona et al., 2007), rúcula (Char et al., 2012), berro (Silveira et al., 2014), espinacas (Escalona et al., 2010), melón (Aguayo, Escalona y Artés, 2008; Silveira et al., 2011), tomates (Gil, Conesa y Artés, 2002), papa (Beltrán et al., 2005), sandía (Artés-Hernández et al., 2010), etc.

En el caso de la V gama el producto procesado se envasa en una atmósfera de vacío utilizándose este mismo envase para realizar el tratamiento térmico. Por esta razón, estos materiales plásticos deben ser capaces de soportar un tratamiento térmico de 70 a 100 °C por 10 a 30 min y mantener el vacío.

En IV gama se podría recomendar la aplicación de un vacío moderado a una presión de 0,4 atm sólo o en combinación con antioxidantes para la conservación de endibias, lechugas, rodajas de tomate, papas y zanahorias entre otros, ya que disminuye la actividad metabólica y el crecimiento microbiano. En lechugas picadas conservadas en atmósfera controlada (AC) con 3 % de O₂ y 10 % de CO₂, se mantuvo una calidad visual aceptable sin un apreciable desarrollo microbiano tras 12 días a 4 °C. Después de conservar las lechugas cortadas en aire enriquecido con 20 % de CO₂ a 2,5 °C, la concentración de compuestos fenólicos totales se redujo por la disminución de la actividad fenilalanina amonio liasa (PAL), debido a la disminución del pH citoplasmático. Cuando los trozos de lechuga fueron transferidos al aire a 20 °C, el pH citoplasmático se normalizó recuperándose la actividad de la PAL. Un aspecto a tener en cuenta es que los productos de IV gama toleran concentraciones mínimas extremas de O₂, que en los mismos productos pero enteros no serían recomendadas. Ello es porque al ser pelados y/o picados no poseen ni cutícula ni piel que restrinja el paso de gases, y la distancia de difusión de los gases entre el centro y el exterior del tejido es mucho menor que la del producto entero (Watada y Qi, 1999). Así, en bolsas de

ensalada (lechuga, zanahoria, repollo morado) almacenadas a 5 °C durante 12 a 16 días se registraron concentraciones de 0,2 a 1,5 % de O₂ y 5 a 30 % de CO₂ con una calidad sensorial en el límite de aceptación.

Por otra parte, muchos productos de IV gama son transportados y expuestos a la venta a temperaturas mayores a las recomendadas. En supermercados por ejemplo, existen muchos reportes que indican en ensaladas verdes envasadas en atmósfera modificada concentraciones muy bajas de O₂ y acumulación de etanol (Nunes et al., 2009; Tano et al., 2007). Otro problema asociado a las variaciones de temperatura y la elevada humedad relativa (HR) en el interior del envase son las condensaciones sobre la película plástica y en el producto. La presencia de agua en estado líquido puede promover el desarrollo de podredumbres y bloquear la difusión del O₂ dentro del tejido vegetal y a través del polímero causando fermentación.

Calidad microbiológica

Existen microorganismos que proliferan fácilmente sobre los productos IV gama, pero su comportamiento puede ser influenciado por el metabolismo del tejido vegetal y por la modificación de la atmósfera. Varios estudios muestran que un EAM mejora la calidad de ensaladas cortadas, aunque el efecto de esta técnica sobre la microflora aerobia es variable. Los resultados indican que una atmósfera con 3 % de O₂ y 10 % de CO₂ mejora la calidad de lechugas cortadas en comparación a las mismas en aire, sin existir ningún efecto sobre el crecimiento de bacterias mesófilas (Escalona et al., 2006, 2007; Allende et al., 2007).

En el caso de achicorias picadas tras una conservación a 10 °C, se mejoró la apariencia visual con una mezcla de 20 % de CO₂ más aire en comparación con aire, pero sin reducir el crecimiento de bacterias mesófilas. En setas frescas bajo EAM con 2,5 o 5 % de O₂ y 2,5, 5 o 7,5 % de CO₂ y aire a 10 °C no se obtuvo un efecto sobre el desarrollo de la microflora mesófila y de la *Pseudomonas fluorescens*. Una conservación bajo condiciones anaeróbicas redujo los recuentos totales de *P. fluorescens* en dos ciclos logarítmicos, pero fue perjudicial en la calidad de estas setas. En conclusión, los beneficios del EAM no fueron significativos en la reducción de la flora mesófila. En general se reporta que en mezclas de ensaladas se han obtenido recuentos de bacterias mesófilas de siete a nueve unidades logarítmicas, los que estarían en el límite de lo aceptado por la normativa chilena (Hinojosa et al., 2013).

En general, concentraciones de 15 a 20 % CO₂ son eficientes para reducir el desarrollo de microorganismos

pectolíticos y la presencia de podredumbres durante el almacenamiento de frutas y hortalizas enteras. Concentraciones similares son alcanzadas en hortalizas IV gama después de pocos días bajo refrigeración.

La temperatura incide en el efecto inhibitorio del EAM, ya que al incrementarse disminuye la solubilidad del CO₂ en la célula vegetal. El efecto antibacteriano del CO₂ estaría dado por la acidificación del medio celular al solubilizarse este gas en la fase líquida del tejido vegetal tratado y formar ácido carbónico, que posteriormente se disocia en bicarbonato e ion hidrógeno. En achicorias cortadas se obtuvo una reducción del número de bacterias mesófilas a 2 °C y 6 °C pero no a 10 °C. En hojas de achicoria inoculadas con bacterias pectolíticas como *P. fluorescens* o en tomate con *P. marginalis*, concentraciones de CO₂ de 20 % previnieron el desarrollo de podredumbres blandas. Este efecto inhibitorio se debería a que las enzimas pectolíticas liberadas por las bacterias presentaron un pH óptimo cercano a la neutralidad. Siriphanich y Kader (1986) observaron que el pH vacuolar y citoplasmático decreció en 0,1 y 0,4 respectivamente en lechugas conservadas por seis días a 0 °C con 15 % CO₂ en aire.

Otro mecanismo que explicaría la acción inhibitoria del CO₂ sería el desplazamiento de las moléculas de O₂ en el interior celular. Una rápida penetración de este gas en la célula y la alteración de las características de la membrana celular son mecanismos aún poco claros. Otros investigadores plantean un mecanismo metabólico donde el CO₂ dentro de la célula tendría un efecto negativo sobre varias enzimas y rutas bioquímicas. La eficiencia del CO₂ generalmente aumenta con la concentración, aunque con altas cantidades mayores a 20 % algunos microorganismos patógenos anaeróbicos como *Clostridium botulinum* pueden seguir multiplicándose. Este riesgo debe minimizarse con una correcta higienización y control de la temperatura (Daniels, Krishnamurthi y Rizvi, 1985).

Los microorganismos difieren en su sensibilidad al EAM. Con bajo O₂ (1 %), en general se obtiene un pequeño efecto sobre el crecimiento de hongos y bacterias. En cambio, concentraciones de 5 a 10 % de CO₂ suelen tener efecto antimicrobiano. Además, con alto CO₂ se puede afectar indirectamente el crecimiento microbiano al retardar el deterioro de los órganos vegetales (ablandamiento y cambios en la composición química). Las bacterias Gram-negativas son muy sensibles al CO₂ mientras que las ácido lácticas y anaerobias son bastante resistentes a este gas (Barriga et al., 1991). Los recuentos totales en mezclas de lechuga, zanahoria y repollo, comercializadas en restaurantes

y supermercados, se incrementaron desde un valor inicial de 5,2 hasta 7,1 unidades logarítmicas de UFC/g, después de 10 días a 5 °C (López-Gálvez et al., 1997).

Métodos para generar el envasado en atmósfera modificada

Existen dos sistemas para realizar un EAM, el pasivo y el activo:

Envasado en atmósfera modificada pasiva. Dentro de un envase plástico sellado herméticamente puede obtenerse una atmósfera apropiada, cuando la permeabilidad de la película a los gases sea la correcta, por medio del consumo de O₂ y la producción de CO₂ originado por la respiración del órgano vegetal.

Envasado en atmósfera modificada activa. Se puede realizar mediante un ligero vacío o por el reemplazo parcial de la atmósfera en el interior del envase con una mezcla gaseosa deseada o mediante la inyección de N₂. Esta mezcla puede ser adicionalmente ajustada mediante absorbentes de gases (O₂, CO₂ y C₂H₄) ubicados dentro del envase. Aunque esta técnica implica un costo adicional, es más recomendada por alcanzar rápidamente la atmósfera deseada.

Películas plásticas para el envasado en atmósfera modificada

Aunque existen muchas películas plásticas disponibles para este propósito, debido a sus características de permeabilidad a los gases, relativamente pocas han sido utilizadas en el EAM de productos frescos. Normalmente, las concentraciones de O₂ deben reducirse desde 21 % hasta 2 % y las de CO₂ tienen que incrementarse desde 0,03 % hasta un límite de 15 a 20 %. Los polímeros utilizados para confeccionar los envases poseen una permeabilidad al CO₂ que suele ser de 3 a 5 veces mayor a la del O₂ (Cuadro 1).

La mayoría de los materiales de envasado que poseen unas características de permeabilidad a los gases adecuadas presentan muy baja permeabilidad al vapor de agua. Esto puede ser un factor limitante, puesto que en la mayoría de los envases la HR que se alcanza es muy alta (≥ 95 %).

Películas plásticas microperforadas

Las películas plásticas microperforadas son utilizadas para generar atmósferas modificadas con productos que poseen una elevada tasa respiratoria tales como las flores y los productos de IV gama (González et al., 2008). Cuando se practican estas perforaciones el intercambio gaseoso

Cuadro 1. Permeabilidad de diferentes polímeros plásticos al vapor de H₂O, O₂ y CO₂. Los valores corresponden a una película de 25 µm a presión atmosférica y 0 °C.

Material	Permeabilidad (P)			PCO ₂ /PO ₂ β
	O ₂ (mL d ⁻¹ m ⁻²)	CO ₂ (mL d ⁻¹ m ⁻²)	Vapor de agua (g d ⁻¹ m ⁻²)	
Poliétileno de baja densidad	6.000-7.920	30.000	14,4-19,2	5,0-5,2
Poliétileno de alta densidad	480-1.920	6.960-7.920	4,8-6,0	4,1-14,5
Polipropileno	1.920	7.920-12.000	7,2-9,6	4,1-6,3
Copolímero Acetato vinil etileno (EVA)	9.000-12.000	SI	19-48	SI
PVC	192-960	3.000-6.000	24-48	6,3-15,6
Poliestireno	4.560-5.040	12.960	139-149	2,8-2,6
Nylon 6	48-144	144-288	240	2,0-3,0
Nylon 11	280-480	1.920	60-96	4,0-6,9
Policarbonato	1.440-4.080	SI	96	SI
Acetato de celulosa	1.920-3.000	9.600-48.000	1.440	5,0-16,0
Celulosa regenerada MS	9,6-12	48-60	9,6-12,0	5

SI: sin información. Fuente: Reid y Serek 1999 (adaptada)

varía significativamente en comparación con una película plástica convencional sin perforaciones (Oliveira et al., 1998). La difusión del O₂ y el CO₂ a través del aire es de 8,5 a 1,5 millones de veces más alta que a través de una película de polietileno de baja densidad. Estos cambios en la difusión significan que los intercambios gaseosos ocurren principalmente a través de las microperforaciones. En una película microperforada la relación de permeabilidad entre CO₂ y O₂ (β) es cercana a la unidad (Brody, 2005) a diferencia de una sin perforar donde es de 3 a 5.

Durante los últimos años se han realizado la mayoría de los avances en películas plásticas y se esperan nuevas propuestas en un futuro cercano a nivel de fabricación, costos y bio-degradabilidad relacionadas con las mismas. Algunas de las nuevas películas desarrolladas buscan cambiar de permeabilidad en función de la temperatura, incrementar la difusión de gases mediante microperforaciones, mejores propiedades mecánicas, de impresión, integridad del sellado y la posibilidad de volver a sellar una bolsa, claridad, y características anti-vaho. Algunas aplicaciones controlan las difusiones dentro y fuera del envase a través de una membrana o parche con una tasa específica de transmisión de gases tal como ocurre en la actualidad con FreshHold. Además, se pueden mencionar las membranas que responden a los cambios de temperatura desarrolladas por Landec Corporation (<http://www.landec.com>).

Otras alternativas son las películas absorbentes que pueden ser empleadas para eliminar malos olores, etileno u otros gases. Los biosensores para detectar etanol o etil acetato (como indicadores de metabolismo fermentativo) están siendo desarrollados para potenciar su uso en productos envasados con un mecanismo de abertura que permita la entrada de O₂ al interior del envase en caso de anaerobiosis.

Agradecimientos

Se agradece a la Red CYTED HORTYFRESCO (113RT0480) y a CONICYT (Chile).

Bibliografía

- Aguayo, E., Escalona, V. H. y Artés, F. (2007). Quality of minimally processed *Cucumis melo* var. *saccharinus* as improved by controlled atmosphere. *European Journal of Horticultural Science*, 72, 39-45.
- Aguayo, E., Escalona, V. y Artés, F. (2008). Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut 'Amarillo' melon. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 397-406.
- Allende, A., Marín, A., Buendía, B., Tomás-Barberán, F. y Gil, M. I. (2007). Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O₃, superatmospheric O₂ and high CO₂) on health promoting compounds and shelf-life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 46, 201-211.
- Artés-Hernández, F., Robles, P. A., Gómez, P., Tomás-Callejas, A. y Artés, F. (2010). Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon. *Postharvest Biology and Technology*, 55, 114-120.
- Barriga, M. I., Trachy, G., Willemot, C. y Simard, R. E. (1991). Microbial changes in shredded iceberg lettuce stored under controlled atmosphere. *Journal of Food Science*, 56, 1586-1588.
- Beltrán, D., Selma, M. V., Tudela, J. A. y Gil, M. I. (2005). Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 37, 37-46.
- Brody, A. L. (2005). What's fresh about fresh-cut. *Food Technology*, 59, 74-77.
- Char, C., Silveira, A. C., Inestroza-Lizardo, C., Hinojosa, A., Machuca, A. y Escalona, V. H. (2012). Effect of noble gas-enriched atmospheres on the overall quality of ready-to-eat arugula salads. *Postharvest Biology and Technology*, 73, 50-55.
- Daniels, J. A., Krishnamurthi, R. y Rizvi, S. S. H. (1985). A review of effects of carbon dioxide on microbial growth and food quality. *Journal of Food Protection*, 48, 532-537.
- Escalona, V. H., Aguayo, E. y Artés, F. (2006a). Metabolic activity and quality changes of whole and fresh-cut kohlrabi (*Brassica oleracea* L. *gongylodes* group) stored under controlled atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 181-190.
- Escalona, V. H., Aguayo, E. y Artés, F. (2006b). Quality changes of intact and sliced fennel stored under different atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 307-316.
- Escalona, V. H., Aguayo, E., Martínez-Hernández, G. B. y Artés, F. (2010). UV-C doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth in vitro and in baby spinach. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 287-296.
- Escalona, V. H., Geysen, S., Verlinden, B. E. y Nicolai, B. (2007). Microbial quality and browning of fresh-cut butter lettuce under superatmospheric oxygen condition. *European Journal of Horticultural Science*, 72, 130-137.
- Escalona, V. H., Verlinden, B. E., Geysen, S. y Nicolai, B. M. (2006). Changes in respiration of fresh-cut butterhead lettuce under controlled atmospheres using low and superatmospheric oxygen conditions with different carbon dioxide levels. *Postharvest Biology and Technology*, 39, 48-55.
- Gil, M. I., Conesa, M. A. y Artés, F. (2002). Quality changes in fresh cut tomato as affected by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 25, 199-207.
- González, J., Ferrer, A., Oria, R. y Salvador, M. L. (2008). Determination of O₂ and CO₂ transmission rates through microperforated films for modified atmosphere packaging of fresh fruits and vegetables. *Journal of Food Engineering*, 86, 194-201.
- Hinojosa, A., Silveira, A. C., Ospina, M., Char, C. y Escalona, V. H. (2013). Safety of ready to eat watercress using treated environmentally friendly sanitizers. *Journal of Food Quality*, 36, 66-76.
- López-Gálvez, G., Peiser, G., Nie, X. y Cantwell, M. (1997). Quality changes in packaged salad products during storage. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung A*, 205, 64-72.
- Nunes, M. C. N., Emond, J. P., Rauth, M., Dea, S., Chau, K. V. (2009). Environmental conditions encountered during typical consumer retail display affect fruit and vegetable quality and waste. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 232-241.
- Oliveira, F. A. R., Fonseca, S. C., Oliveira, J. C., Brecht, J. K. y Chau, K. V. (1998). Development of perforation-mediated modified atmosphere packaging

- to preserve fresh fruit and vegetable quality after harvest. *Food Science and Technology International*, 4, 339-352.
- Reid, M. S. y Serek, M.** (1999). Modified atmosphere packaging. En *Guide to food transport controlled atmosphere* (pp. 33-38). Copenhagen: Mercantila Publishers
- Silveira, A. C., Aguayo, E., Escalona, V. H. y Artés, F.** (2011). Hot water treatment and peracetic acid to maintain fresh-cut Galia melon quality. *Innovative in Food Science and Emerging Technology*, 12, 569-576.
- Silveira, A. C., Araneda, C., Hinojosa, A. y Escalona, V. H.** (2014). Effect of non conventional modified atmosphere packaging on fresh cut watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) quality. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 114-120.
- Siriphanich, J. y Kader, A. A.** (1986). Changes in cytoplasmic and vacuolar pH in harvested lettuce tissue as influenced by CO₂. *Journal of the American Society of the Horticultural Science*, 111, 73-77.
- Tano, K., Oulé, M. L., Doyon, G., Lencki, R. W. y Arul, J.** (2007). Comparative evaluation of the effect of storage temperature fluctuation on modified atmosphere packages of selected fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 46, 212-221.
- Watada, A. E. y Qi, L.** (1999). Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology*, 15, 201-205.