

Aplicación de tratamiento térmico, recubrimiento comestible y baño químico como tratamientos poscosecha para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas

Application of heat treatment, edible coating and chemical dip as postharvest treatments for the conservation of fresh-cut vegetables

Alejandro Escobar Hernández^{1*}, Carlos Julio Márquez Cardozo¹, Claudia Estela Restrepo Flores², Jaime Andrés Cano Salazar² y Jairo Humberto Patiño Gómez³

¹Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. ²Fundación INTAL, Itagüí, Antioquia. ³Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia. *Autor para correspondencia: aescobarhe@hotmail.com

Rec.: 07.10.2013 Acep.: 27.01.2014

Resumen

El consumo creciente ha estimulado el desarrollo de los vegetales cuarta gama o mínimamente procesados. Actualmente, se promueve el uso de tecnologías aplicadas a estos productos que les brinden mayor duración y garanticen la reducción de pérdidas poscosecha. En esta investigación se evaluó el efecto de tres de estas tecnologías poscosecha sobre la intensidad de la respiración y la calidad sensorial general de las hortalizas mínimamente procesadas: brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), zucchini (*Cucurbita pepo* L.), apio (*Apium graveolens*), zanahoria (*Daucus carota*) y chayote (*Sechium edule*). Para el recubrimiento comestible se utilizó pectina de bajo metoxilo (2%), cera carnauba (1%), glicerol (1.5%) y ácido ascórbico (0.05%). El tratamiento térmico se hizo a 60 °C durante 2 min, con adición de ácido ascórbico (0.25%), ácido cítrico (0.5%) y cloruro de calcio (0.025%). El baño químico se realizó con una solución de ácido cítrico (0.5%), ácido ascórbico (0.05%) y cloruro de calcio (0.05%). La tasa de producción de CO₂ se midió por el método estático, monitoreando la composición de los gases del espacio de cabeza durante 24 h a 8 °C y humedad relativa de 90%. La evaluación sensorial de color, aroma, crujencia y sabor objetable fueron las características organolépticas tomadas en cuenta para evaluar la calidad general de cada vegetal, la cual fue realizada con un panel de siete jueces previamente entrenados. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, siendo los bloques cada uno de los vegetales y las variables de respuesta la tasa de respiración y la calidad sensorial general. Se encontró que el tratamiento térmico y el recubrimiento comestible permitieron que los vegetales conservaran la calidad sensorial. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas respecto al control ($P > 0.05$). La celeridad de la respiración disminuyó en el apio, el brócoli, el chayote, la coliflor y la zanahoria, cuando se aplicó el tratamiento térmico. Los tratamientos poscosecha se mostraron como una alternativa posible para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas.

Palabras clave: Hortalizas, propiedades sensoriales, respiración, tecnologías poscosecha.

Abstract

The fresh-cut vegetables consumption is increasing in the worldwide since its foray in the early 90s. The international association of fresh cut products, reported sales in 2000 of 12 billion dollars. The interest in feed quickly and healthy, has stimulated the development of vegetable fourth range, however their high metabolic activity reduces its stability and shelf life. It has promoted the adoption of technologies

for minimally processed products that give them longer life and ensure the reduction of postharvest losses. In this research evaluated the effect of 3 postharvest technologies on the respiration intensity and general sensory quality of six freshcut vegetables (broccoli (*Brassica oleracea var. Italic*), cauliflower (*Brassica oleracea var. Botrytis*), zucchini (*Cucurbita pepo L.*), celery (*Apium graveolens*), carrot (*Daucus carota*) and vegetable pear (*Sechium edule*). Experimental design was applied in a randomized complete block, blocks made by each of the vegetables and the response variables respiration rate and general sensory quality. For the edible coating was used low methoxyl pectin 2%, 1% of carnauba wax, 1,5% glycerol and 0,05% ascorbic acid; the heat treatment was 60 °C for 2 min, adding 0,25% ascorbic acid, 0,5% citric acid and calcium chloride 0,025%; the chemical dip was carried out with a solution of 0,5% citric acid, ascorbic acid 0,05% and calcium chloride 0,05% and one control. The rate production of CO₂ was measured by the static method, monitoring the gas composition of the headspace for 24 hours at 8 °C and relative humidity of 90%, the sensory evaluation of color, aroma, crispness objectionable taste were sensory characteristics taken into account in assessing the general quality of each vegetal, which was performed with a panel of seven judges trained. It was concluded that the heat treatment and edible coating, allowed the vegetables retain the sensory quality. Statistical analysis showed no significant differences from control ($p < 0.05$). Respiration rate decreased celery, broccoli, vegetable pear, cabbage and carrot applying heat treatment. The postharvest treatments was found to be a viable alternative for the conservation of fresh-cut vegetables.

Key words: Postharvest technologies, respiration, sensory properties, vegetables.

Introducción

El consumo de vegetales mínimamente procesados es cada vez mayor desde su incursión a principios de la década de 1990. Los países encargados de liderar la tasa de crecimiento del sector han sido Italia, EE.UU., y el Reino Unido (IFPA, 2000). El interés por alimentos saludables y de fácil consumo ha promovido la creación de nuevas tecnologías como los productos frescos mínimamente procesados (Santos *et al.*, 2012). No obstante, la vida útil de estos productos es limitada por su carácter perecedero y por los cambios físicos, químicos y fisiológicos que con frecuencia ocurren (Artés y Allende, 2005). Los principales síntomas de deterioro incluyen cambios en la textura, el color, pérdida de nutrientes y rápido desarrollo microbiano (Nguyen-the y Carlin, 1994). La reducción de las pérdidas en el procesamiento requiere de la adopción de nuevas tecnologías que permitan brindar una mayor estabilidad de las características sensoriales y nutritivas durante el tiempo de almacenamiento (Ragaert *et al.*, 2004). Con el fin de obtener productos agrícolas sanos, con un alto nivel nutritivo y buena calidad organoléptica, se han generado alternativas que permitan mejorar el aprovechamiento de los vegetales, con la menor incidencia de daños, a nivel de los mercados de consumo fresco (Flores, 2000). Para esto se han pro-

puesto tecnologías orientadas a conocer las técnicas de acondicionamiento poscosecha de los vegetales mínimamente procesados, las buenas prácticas agrícolas (BPA) y las buenas prácticas de manufactura en poscosecha (BPMP) con el fin de garantizar la reducción de las pérdidas durante el proceso productivo (Aguayo *et al.*, 2001; Teullado *et al.*, 2005). En respuesta a la demanda de este tipo de alimentos, se han desarrollado técnicas para el procesamiento mínimo que involucran un conjunto de operaciones unitarias que permiten extender la vida útil de los vegetales, sin alterar las características nutritivas y sensoriales (Cano, 2001).

Se han identificado y estudiado diferentes técnicas para extender la vida útil de estos vegetales: refrigeración, desinfección, absorbedores de etileno, irradiación, recubrimientos comestibles, inmersión en baños químicos, atmósferas modificadas y controladas, tratamientos térmicos leves y radiación ultravioleta (UV-C). La reacción positiva a uno o varios tratamientos depende de la matriz vegetal que se esté empleando, siendo preciso realizar estudios que permitan identificar cuál es la secuencia de tratamientos necesaria para obtener un efecto sinérgico y de esta forma producir una barrera que permita prolongar la vida útil de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas (Artés y Allende,

2005; Bico *et al.*, 2009; Denoya *et al.*, 2012; Leistner y Gould, 2002).

Dentro de los tratamientos mencionados anteriormente el más utilizado es el baño químico, que comprende la adición en solución acuosa de ácidos orgánicos en combinación con sales de calcio, magnesio o sodio (Martín *et al.*, 2007). Estos compuestos ejercen un mayor control del pH en el alimento al limitar la actividad de los microorganismos, lo que en combinación con bajas temperaturas permite controlar el crecimiento y desarrollo, prolongando la vida de anaquel del material vegetal (Díaz *et al.*, 1999). En relación con las sales de calcio, se ha demostrado su capacidad para restablecer la firmeza de los tejidos a nivel de la laminilla media de la pared celular y promover la formación de pectatos de calcio para fortalecer la resistencia textural del tejido fresco (Luna-Guzmán y Barrett, 2000; Soto y Yahia, 2002). Cuando se combinan ácidos orgánicos y sales de calcio se obtienen resultados como la disminución de los cambios de color, sabor y textura, manteniendo la calidad organoléptica y frescura del vegetal mínimamente procesado por periodos de hasta siete días en refrigeración (Méndez, 2008; Quevedo *et al.*, 2005; Yahia y Ariza, 2001).

Los tratamientos térmicos leves, en combinación con ácidos orgánicos y sales de calcio, son una tecnología que en la actualidad está siendo muy estudiada para su aplicación en vegetales mínimamente procesados, gracias a su efecto en la reducción del pardeamiento enzimático y en la disminución de la pérdida de firmeza (Artés y Allende, 2005; Alegria *et al.*, 2012).

Los recubrimientos comestibles son una de las tecnologías más estudiadas en los procesos de conservación de vegetales mínimamente procesados, así, se han utilizado con éxito en pera, ajo, manzana, papaya, zanahoria, fresa, mora y níspero, entre otros (Oms-Oliu *et al.*, 2008; Maia *et al.*, 2008; Baldwin *et al.*, 1996; Brasil *et al.*, 2012; Li y Barth, 1998; Restrepo, 2009; Ramírez, 2012; Márquez, *et al.*, 2009). Esta tecnología tiene como propósito reducir la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aromas y lípidos, además de servir como vehículo para aditivos como antioxidantes, antimicrobianos,

saborizantes y colorantes, lo que permite mejorar la integridad mecánica y propicia características más adecuadas para el alimento.

Las películas y los recubrimientos comestibles son elaborados con biopolímeros naturales de alto peso molecular, que proporcionan una matriz macromolecular con resistencia cohesiva alta. Los tipos de macromoléculas que se emplean para este propósito son hidrocoloides, proteínas, polisacáridos los cuales, debido a su naturaleza hidrofílica, son muy sensibles al agua. Otros componentes mayoritarios en la formulación son lípidos, plastificantes, emulsificantes, agentes tensioactivos, agentes de liberación controlada de compuestos, antioxidantes, entre otros, por lo que se trata de formulaciones multi-componentes (Gennadios, 1996).

El objetivo de la investigación fue evaluar diferentes tratamientos poscosecha para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas, con uso de tratamiento térmico, recubrimiento comestible y baño químico por aspersión.

Materiales y métodos

Material vegetal

El material vegetal fue adquirido en la Central Mayorista del departamento de Antioquia (Colombia). Se utilizaron las hortalizas: brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), zucchini (*Cucurbita pepo* L.), apio (*Apium graveolens*), zanahoria (*Daucus carota*) y chayote (*Sechium edule*). Los tratamientos fueron aplicados en los Laboratorios de Frutas y Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín y en la Fundación INTAL.

Solución para la aplicación del tratamiento térmico.

Esta solución contenía cloruro de calcio (0.025%), ácido cítrico (0.5%) y ácido ascórbico (0.25%) previamente disueltos en agua destilada. Antes de la inmersión de los vegetales, la solución se conservó en baño maría termostatazado marca Memmert® modelo WNE 14 (EE. UU.) a 60 °C por 30 min (adaptado de Loaiza *et al.*, 2003).

Recubrimiento comestible

Como matriz principal para la preparación del recubrimiento comestible se utilizaron pectina de bajo metoxilo (2%), glicerol (1.5%) como plastificante, cera de carnauba (1%) como barrera al vapor de agua (Restrepo, 2009), ácido ascórbico (0.05%) como antioxidante y agua destilada. Estos componentes se disolvieron en agua destilada a 70 °C con agitación magnética a 700 r.p.m. en una placa de calentamiento marca IKA® modelo RCT BS1, proceso que duró 15 min hasta lograr su homogeneidad. Este recubrimiento comestible fue almacenado en refrigeración a 8 °C (adaptado de Márquez *et al.*(2009).

Baño químico

Se preparó en agua destilada en la cual se disolvieron ácido ascórbico (0.05%), ácido cítrico (0.5%) y cloruro de calcio (0.05%). Esta solución fue aplicada sobre los vegetales con un aspersor manual marca Swipe® modelo Motor Foam (adaptado de García, 2008).

Metodologías

Los vegetales fueron seleccionados con base en las similitudes de forma, tamaño y ausencia de daños externos. Una vez lavados y desinfectados mediante inmersión durante 5 min en una solución con Dioxy-san al 0.25% v/v fueron cortados de forma manual. A continuación se aplicaron los tratamientos por separado para cada tipo de vegetal, de acuerdo con los ensayos previos, consistentes en: recubrimiento comestible (RC), tratamiento térmico (TT) o baño químico por aspersión (ASP), más un tratamiento control. El recubrimiento comestible se aplicó mediante inmersión de los vegetales durante 2 min en la solución y fue secado aplicando aire en circulación forzada con un ventilador Samurai® con un caudal de 140 m³/min a una temperatura de 18 ± 2 °C (adaptado de Brasil *et al.*, 2012). Para la aplicación del tratamiento térmico, los vegetales fueron sumergidos en agua a temperatura de 60 °C durante 2 min utilizando un baño maría termostato marca DIES®, luego fueron sometidos a un choque térmico con agua a 4 °C durante 2 min. Las hortalizas se llevaron a un proceso de drenado y secado con aplicación de aire en forma

similar a como se hizo en el recubrimiento comestible, proceso que se realizó durante 1 h antes de minimizar el agua presente en la superficie de los vegetales. La aplicación del baño químico se hizo por aspersión de la solución en la superficie de cada una de las hortalizas. Los vegetales se llevaron a un proceso de secado por 30 min aplicando aire en circulación forzada (adaptado de Escobar *et al.*, 2014). Finalmente de cada una de las hortalizas se envasaron 100 g en contenedores herméticos de vidrio (620 ml), empleando tres repeticiones por tratamiento para cada una de ellas. Las muestras fueron almacenadas a 8 ± 2 °C y 90 ± 5% de humedad relativa durante 24 h, tiempo en el cual se realizaron los análisis fisicoquímicos y sensorial.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones y esquemas independientes, correspondientes a cada vegetal (brócoli, coliflor, zucchini, apio, zanahoria y chayote). Como tratamientos se incluyeron: térmico, baño químico y recubrimiento comestible y como variables de respuesta la respiración y los atributos sensoriales.

Tasa de respiración

La tasa de respiración de los vegetales se determinó en 100 g de cada una de las hortalizas, que fueron introducidos en un contenedor hermético de 620 ml con un septum de caucho en la tapa. La concentración de gases se midió cada hora durante 24 h utilizando un equipo PBI Dansensor®. Las muestras fueron almacenadas en un refrigerador marca Lassele® modelo LRF – 1382 PC Mixto, manteniendo el sistema a 8 ± 2 °C y a una humedad relativa de 90 ± 5%. Para cada uno de los vegetales se utilizaron tres repeticiones por tratamiento y el experimento se replicó tres veces. La tasa de producción de CO₂ se expresó como promedio del porcentaje de dióxido de carbono (Fonseca *et al.*, 2012).

Calidad sensorial

Para medir la intensidad de los atributos sensoriales se empleó una escala no estruc-

turada de 10 cm de longitud, que incluyó características de color, aroma, crujencia, sabor objetable y calidad general de los vegetales. Estas pruebas fueron realizadas cada 24 h por un panel de siete jueces debidamente capacitados (Anzaldúa, 1994; Loyola *et al.*, 2007; Morgado *et al.*, 2013).

Análisis de los datos

Se hizo un análisis de varianza simple (Anova). En los casos en que se encontraron diferencias significativas se hizo una comparación de medias por la prueba de rango múltiple ($P < 0.05$) con el paquete estadístico Statgraphics Centurion versión 16.0.07; además, para la tasa de producción de CO_2 se aplicó la correlación de Pearson (Montgomery, 2005).

Resultados y discusión

Tasa de respiración

La tasa de producción de CO_2 de los vegetales estudiados se redujo cuando se aplicó el **tratamiento térmico** (Cuadro 1), lo que muestra que éste incide en la celeridad de respiración de los vegetales mínimamente procesados. Este resultado concuerda con los hallazgos de Wiley (1997) y Alegría (2012) quienes encontraron que dicho tratamiento reduce o elimina la actividad enzimática, lo cual afecta la tasa de respiración. Es probable que este tratamiento haya afectado parcialmente enzimas como la ACC-Sintasa y la ACC-Oxidasa, las cuales intervienen en la síntesis de etileno lo que, a su vez, desencadena la cascada de eventos propios del aceleramiento de la tasa de producción de CO_2 y por lo tanto de

aquellos relacionados con la pérdida de color y de textura. Miyazaki y Yang (1987) encontraron que el calentamiento no sólo inhibe la producción endógena de etileno sino también la respuesta a la aplicación exógena de este compuesto.

La respuesta de cada vegetal en cuanto a la tasa de producción de CO_2 expresada en %, presentó diferencias significativas al aplicarle los tratamientos, especialmente el chayote, vegetal que mostró diferencia significativa entre los tratamientos y el control. Para el tratamiento térmico se pudo comprobar que disminuyó significativamente la tasa de producción de CO_2 para todos los vegetales, exceptuando el zucchini (Cuadro 1).

Este efecto probablemente fue debido a la presencia de ácido cítrico y cloruro de calcio en la solución, ya que el primero está asociado con la inhibición de la actividad de la enzima fosfofructoquinasa que cataliza la fosforilación de la fructosa 6-fosfato en 1,6-bifosfato en la vía glucolítica del metabolismo respiratorio, induciendo este fenómeno una disminución de la tasa de producción de CO_2 de los vegetales (Kato y Watada, 1997); resultados similares encontraron Fontes *et al.* (2008) en manzanas mínimamente procesadas. El cloruro de calcio, por su parte, interviene en la reducción de la actividad metabólica, lo cual aparentemente está relacionado con la rigidez de los tejidos que ocasiona un bloqueo en el intercambio gaseoso y regula la acción del etileno sobre los vegetales (Saftner *et al.*, 1998); además de minimizar la intensidad respiratoria y mejorar la firmeza de algunos vegetales mínimamente procesados (Luna-Guzmán *et al.*, 1999).

Cuadro 1. Tasa de producción de CO_2 (%) durante 24 h para seis vegetales mínimamente procesados

Tratamiento	Vegetales					
	Apio	Brócoli	Chayote	Coliflor	Zanahoria	Zucchini
Baño químico por aspersión	0.243±0.005 a*	0.476±0.004 a	0.152±0.006 a	0.411±0.090 a	0.351±0.002 a	0.172±0.002 a
Recubrimiento comestible	0.239±0.005 ab	0.565±0.072 ab	0.190±0.003 c	0.578±0.003 c	0.297±0.018 c	0.200±0.009 bc
Tratamiento térmico	0.076±0.020 c	0.379±0.064 c	0.107±0.003 d	0.295±0.032 d	0.189±0.009 d	0.187±0.013 ac
Control	0.232±0.001 ab	0.510±0.004 ab	0.167±0.010b	0.458±0.007 ab	0.333±0.027 ab	0.189 ±0.016 ab

* Valores dentro de una misma columna, seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P > 0.05$), el control representa el tratamiento testigo y el valor numérico representa el promedio ± la desviación estándar

El **recubrimiento comestible** no afectó de forma significativa la tasa de respiración en apio y brócoli vs. el control, pero sí en chayote y coliflor (Cuadro 1), resultados que concuerdan con los de Ghidelli (2012) quien utilizó un recubrimiento a base de proteína de soja y encontró un incremento en la tasa de respiración. En zanahoria la aplicación del recubrimiento comestible produjo una reducción significativa de la intensidad de respiración con respecto al control, probablemente debido a la formación de barreras semipermeables que disminuyen la difusión de gases y controlan de esta manera la respiración (Carrasco *et al.*, 2002), resultado acorde con el obtenido por Vargas *et al.* (2006) quienes aplicaron una película a base de quitosano y ácido oleico en esta misma hortaliza

mínimamente procesada, con aumento de su vida útil y conservación de sus características organolépticas.

Calidad sensorial

En la Figura 1 se presentan los efectos de los tratamientos sobre el descriptor calidad general para los vegetales estudiados, de acuerdo con las calificaciones del panel de evaluadores para sabor, color, textura y aroma. El tratamiento de **baño químico** por aspersión redujo la calidad general en apio, brócoli y zucchini, en especial para la característica sabor, resultados que coinciden con los de Dong *et al.* (2000) cuando utilizaron una mezcla de ácido ascórbico (0.5%), lactato de calcio (1%) y 4-hexilresorcinol (0,01%) para la conservación de peras mínimamente procesadas.

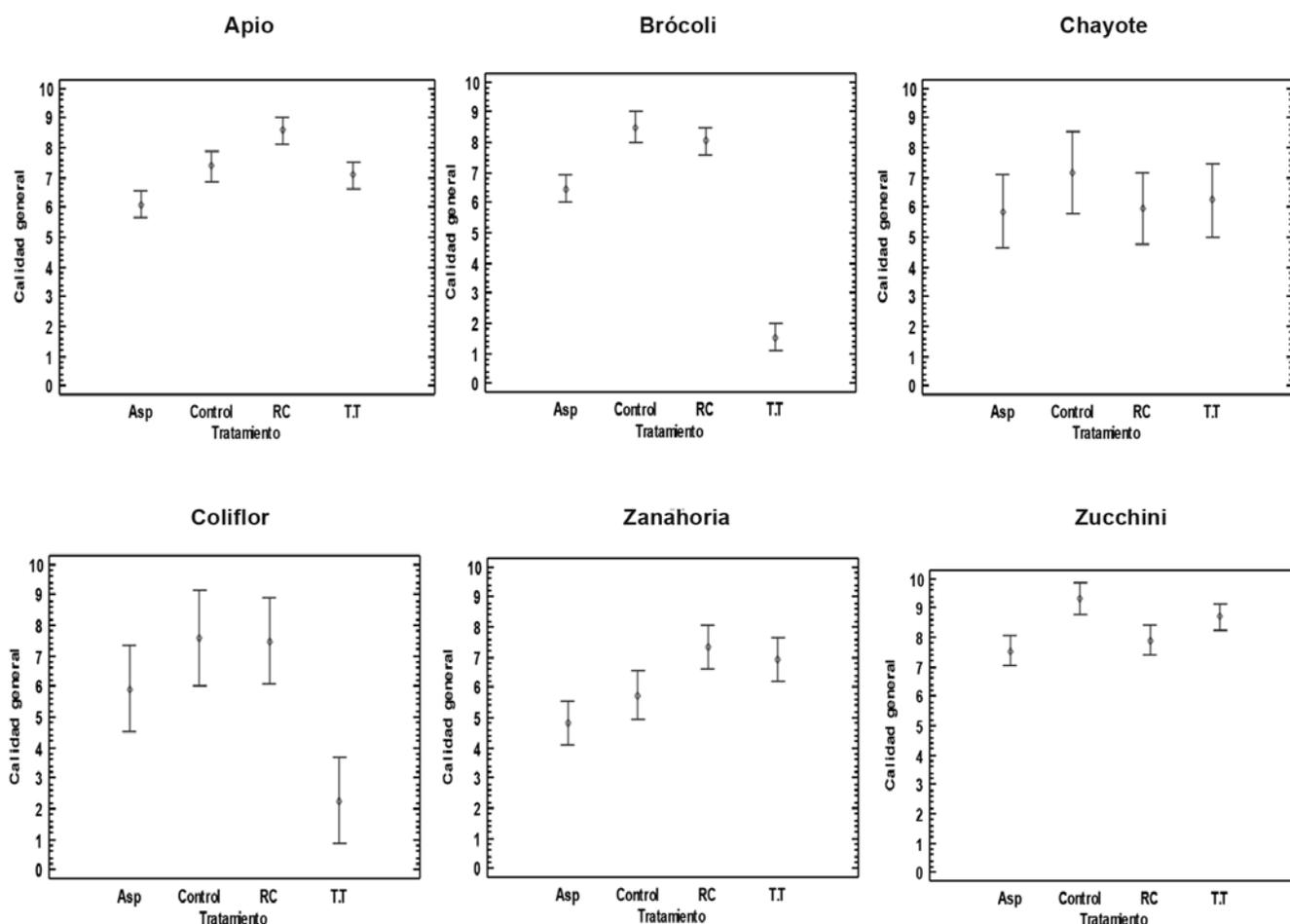


Figura 1. Calidad sensorial general de los vegetales mínimamente procesados después de 24 h de almacenamiento, a $8^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y HR de $90 \pm 5\%$. Los símbolos representan el valor promedio y las barras verticales representan \pm la desviación estándar para un nivel de significancia del 95%. Asp.= Baño químico por aspersión, RC = Recubrimiento comestible, TT = Tratamiento térmico

Cuando se aplicó **recubrimiento comestible** la calidad general del apio y la zanahoria fue significativamente mejor que el control ($P < 0.05$), siendo el color y la textura los descriptores sensoriales que presentaron las mejores características, debido a que este tratamiento redujo la pérdida de agua por transpiración en ambos vegetales (Baldwin *et al.*, 1995), lo que coincide con los hallazgos de Howard y Dewi (1995) cuando utilizaron Natural Seal[®] como recubrimiento superficial de zanahorias. Avena *et al.* (1997) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible a base de aceite de girasol, almidón de maíz, glicerol y sorbitol lograron mantener el color y reducir hasta tres veces la pérdida de vapor de agua en zanahorias mínimamente procesadas, de igual forma identificaron que el uso de este tipo de recubrimientos a base de caseína y monoglicérido acetil aumentaba la resistencia al paso de vapor de agua de trozos de apio mínimamente procesados.

Este tratamiento de recubrimiento afectó de forma negativa la calidad del zucchini, debido a la sinéresis presentada por la película que favorece la presencia de textura pegajosa al tacto. Este efecto se debió, posiblemente, a la falta de uso de agentes de liberación controlada y lubricantes en la formulación (Baldwin *et al.*, 1995).

El **tratamiento térmico** afectó principalmente la textura en brócoli y coliflor, debido al efecto que tiene en la pared celular, en especial sobre las sustancias pécticas, lo que provoca rompimiento de la estructura y ocasiona cambios en la permeabilidad y la flexibilidad de los tejidos (Aguilar *et al.*, 1999), Monzini *et al.* (1975) demostraron el ablandamiento de los vegetales sometidos a tratamiento térmico de escaldado e identificaron el deterioro en el color de los vegetales, especialmente en la tonalidad verde, lo cual es debido a que los pigmentos clorofilicos pasan a feofitinas por acción del calor y la presencia de ácidos orgánicos originados por el rompimiento estructural generado por el calor (Heaton y Marangoni, 1996; Kidmose *et al.*, 2002; Mercado y Aquino, 2005). Kidmose *et al.* (2002) indican que la conversión de clorofilas a feofitinas depende tanto de la temperatura aplicada como de los factores tiempo

de exposición y pH del medio utilizado; Haisman y Clarke (1975) observaron que la estabilidad de las clorofilas en células afectadas térmicamente dependía del tipo de ácidos celulares y de la asociación de la clorofila con las proteínas que la protegen.

Conclusiones

- El tratamiento térmico disminuyó la celeridad de la respiración en: apio 68%, zanahoria 44%, coliflor 26%, chayote 26%, brócoli 16%, en comparación con el respectivo tratamiento control. Este primero afectó, además, descriptores sensoriales como el aroma y la textura en brócoli y coliflor, contribuyendo a la pérdida de la calidad sensorial general de ambos vegetales: Las demás hortalizas no presentaron diferencias significativas con respecto a la muestra control durante el periodo de almacenamiento, y conservaron su calidad general.
- El baño químico por aspersión no afectó las características de chayote mínimamente procesado, disminuyendo su intensidad de respiración en 9% y manteniendo un comportamiento de calidad sensorial general similar al de la muestra control.
- El recubrimiento comestible redujo en 11% la intensidad de respiración para la zanahoria mínimamente procesada, además permitió conservar su calidad sensorial general durante el tiempo de almacenamiento; por el contrario, en este mismo tratamiento el apio mostró mejor calidad sensorial general que el respectivo control.
- Los tratamientos poscosecha: térmico, recubrimiento comestible y aspersión con baños químicos resultaron ser alternativas para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas, relativamente sencillos, prácticos y económicos.

Agradecimientos

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Alimentaria y Colciencias por el financiamiento de esta investigación a través del Convenio 290/2011. Al Laboratorio de Frutas y Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. A la empresa Alimentos Coma Sano.

Referencias

- Aguayo, E.; Escalona, V.; y Artés, H. 2001. Industrialización del Melón procesado fresco. Rev. Hort.. Disponible en: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/51/156/51156.pdf> [Fecha revisión: Marzo 18 de 2013].
- Aguilar, C. N.; Reyes, M.; Garza H.; y Contreras, J. 1999. Aspectos bioquímicos de la relación entre el escaldado TB-TL y la textura de vegetales procesados. Rev. Soc. Quím. Méx. 43(2):54 - 62.
- Alegria, C.; Pinheiro, J.; Duthoit, M.; Gonçalves, E. M.; Moldão-Martins, M.; y Abreu, M. 2012. Fresh-cut carrot (cv. Nantes) quality as affected by abiotic stress (heat shock y UV-C irradiation) pre-treatments. Food Sci. Technol-Leb. 48(2):197 - 203.
- Anzaldúa, A.. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza: España. Acribia. 198 p.
- Artés, F.; y Allende, A. 2005. Minimal fresh processing of vegetables, fruits and juices. DA-WEN, Sun. Emerging technologies for food processing. San Diego, California: Elsevier Academic Press. P. 677 - 716.
- Avena, R. J.; Krochta, J. M.; y Salveit, M. E. 1997. Water vapor resistance of red delicious apples and celery sticks coated with edible caseinate-acetylated monoglyceride films. J. Food Sci. 62(2):351 - 354.
- Baldwin, E. A.; Nisperos, M. O.; y Baker, R. A. 1995. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. Hort. Sci. 30(5):35 - 40.
- Baldwin, E. A.; Nisperos, M. O.; Chen, X.; y Hagenmaier, R. D. 1996. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. Postharvest Biol. Technol. 9(2):151 - 163.
- Bico, S. L. S.; Raposo, M. F. J.; Morais, R, M. S. C.; y Morais M. M. B. 2009. Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. Food Control. 20(5):508 - 514.
- Brasil, I. M.; Gomes, C.; Puerta, A.; Castell, M. E.; y Moreira R. G. 2012. Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya. Food Sci. Technol. 47(1):39 - 45.
- Cano, M. 2001. Preparación de alimentos vegetales procesados en fresco. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_hortint/hortint_2001_E_50_67BIS.pdf [Fecha revisión: Abril 5 de 2013].
- Carrasco, E.; Villaroel, M.; y Cevallos, L. C. 2002. Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad sensorial de pimentones verdes (*Capsicum Annuum* L.) durante el almacenamiento. Arch. Lat. Nutr. 52(1):84 - 90.
- Denoya, G.; Ardanaz, M.; Sancho, A. M.; Benítez, C. E.; González, C.; y Guidi, S. 2012. Efecto de la aplicación de tratamientos combinados de aditivos sobre la inhibición del pardeamiento enzimático en manzanas cv. Granny Smith mínimamente procesadas. RIA 38(3):263 - 267.
- Díaz, R. y Carter, J. 1999. Inocuidad microbiológica de frutas frescas y mínimamente procesadas. RVCTA 2(3):133 - 136.
- Dong, X.; Wrolstad, R. E.; y Sugar, D. 2000. Extending shelf life of fresh-cut pears. J. Food Sci. 65(1):181 - 186.
- Escobar, A.; Márquez, C. J.; Restrepo, C. E.; y Pérez, L. J. 2014. Aplicación de tecnología de barreras para la conservación de mezclas de vegetales mínimamente procesados. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 67(1):7237 - 7245.
- Flores, A. 2000. Manejo poscosecha de frutas y hortalizas en Venezuela. Experiencias y Recomendaciones. Editorial Unellez. San Carlos - Cojedes. 320 p.
- Fonseca, S.; Oliveira, A. R.; y Brecht, J. 2012. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages. J. Food Eng. 52(1):99 - 119.
- Fontes, L. C.; Sarmiento, S. B.; Spoto, M. H.; y Dias, C. T. S. 2008. Conservação de maçã mínimamente processada com o uso de películas comestíveis. Ciênc. Tecnol. Aliment. 28(4):872 - 880.
- García, M.; Martino, M.; y Zartzky, N. 2000. Lipid addition to improve barrier properties of edible starch based films and coatings. J. Food. Sci. 65(6):941 - 947.
- García, A. 2008. Aplicación de la técnica de IV gama para la elaboración de ensaladas. Rev. Fac. Nac. Agron. -Medellín. 61(2):465 - 466.
- Gennadios, A.; y Weller, C. 1990. Edible films and coatings from wheat and corn proteins. Food Technol. 44(10):63 - 67.
- Ghidelli, C. 2012. Efecto de recubrimientos comestibles y envasado en atmósferas modificadas en el control del pardeamiento en caupi rojo brillante. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 18 p.
- Haisman, D. R. y Clarke, M. W. 1975. The interfacial factor in the heat-induced conversion of chlorophyll to pheophytin in green leaves. J. Sci. Food Agric. 26(8):1111 - 1126.
- Heaton J. W. y Marangoni A. G. 1996. Chlorophyll degradation in processed food and senescent plant tissues. Trends Food Sci. Technol. 7(1):705 - 708.
- Howard, L. R. y Dewi, T. 1995. Sensory, microbiological and chemical quality of mini peeled carrots as affected by edible coating treatment. J. Food Sci. 60(1):142 - 144.

- IFPA (International Fresh-cut Produce Association). 2000. Fact sheet on fresh cut produce. Disponible en: www.fresh-cuts.org/information_show.htm [Fecha revisión: agosto 15 de 2013]
- Kato, H. y Watada, A. E. 1997. Citric acid reduces the respiration of fresh-cut carrots. *Hort. Sci.* 32(1):136.
- Kidmose, U.; Edelenbos, M.; Norbaek, R.; y Christensen, L. P. 2002. Color stability in vegetables. En: *Color in food*. MacDougall DB (ed.). Improving quality. CRC Press. Boca Raton. EE. UU. p. 179 - 232.
- Leistner, L. y Gould, G. 2002. Hurdle technologies: Combination treatments for food stability, safety and quality. Nueva York: Kluwer Academic/Plenum Publishers. 196 p.
- Li, P. y Barth, M. 1998. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly-processed carrots. *Postharvest Biol. Technol.* 14(1):51 - 60.
- Loaiza, J.; Mangrich, M.; Campos, R.; y Saltveit, M. 2003. Heat shock reduces browning of fresh-cut celery petioles. *Postharvest Biol. Tec.* 27(3):305 - 311.
- Loyola L.; Calquín C.; y Norambuena, A. 2013. micro-biológicos y sensoriales de radichios (*Chichorium intybus* L. var. *foliosum*) envasados mediante IV gama. *IDESIA* (Chile). 25(3):59 - 57.
- Luna-Guzmán, I.; Cantwell, M.; y Barrett, D. M. 1999. Fresh-cut cantaloupe: effects of Ca chloride dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biol. Technol.* 17(3):201 - 203.
- Luna-Guzmán, I. y Barrett, D. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability y quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biol. Tec.* 19(1):61 - 72.
- Maia, R.; Fátima, N.; Alvarenga, D.; y Almeida, L. 2008. Characterization and effect of edible coatings on minimally processed garlic quality. *Carbohydr. Polym.* 72(3):403 - 409.
- Márquez, C.; Cartagena, J.; y Pérez, M. 2009. Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad en poscosecha del níspero japonés (*Eriobotrya japonica* T.). *Vitae* 16(3):304 - 310.
- Martín, O.; Soliva, R.; y Oms-Oliu, G. 2007. Avances en la mejora de la calidad comercial de los frutos frescos cortados: aspectos físico-químicos y microbiológicos. Disponible en: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/70/005/70005.pdf> [Fecha revisión: Octubre 5 de 2013].
- Méndez, A. 2008. Aplicación de la tecnología IV gama en frutos de melón (*Cucumis melo*) y piña (*Ananas comosus*). *Rev. Iberoam. Tecnol. Postcos.* 9(1):34 - 43.
- Mercado, E. y Aquino, E. N. 2005. Enzimas involucradas en el deterioro de frutos y vegetales cortados. En: Gonzalez-Aguilar G, Gardea A. A, y Cuamea-Navarro F. (eds.). *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*. Logiprint Digital S. de R.L. de C.V. Guadalajara, Jal. México. p. 177 - 216.
- Miyazaki, J. y Yang, S. 1987. The methionine salvage pathway in relation to ethylene and polyamine biosynthesis. *Physiol. Plant.* 69(2):366 - 370.
- Montgomery, D. C. 2005. Introduction to statistical quality control. 5 ed. Nueva York, Wiley.
- Monzini, A.; Crivelli, C.; Bassi, M.; y Bounocore, C. 1975. Structure of vegetables and modifications due to freezing. *Bull. Inst. Int. Refrig.* 6:47 - 50.
- Morgado, M. M.; Portal, G. L.; Portal, G. D.; Pérez, G.; Ávila, E.; y Cepero, O. 2013. Calidad micro-biológica y sensorial de rodajas de fruta bomba (*Carica Papaya* L.) cultivar Maradol roja deshidratadas y almacenadas a temperatura ambiente con cinco meses de vida útil. *Universidad y Ciencia* 2(1):1 - 15.
- Nguyen-the, C. y Carlin, F. 1994. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Science des Aliments* 34(4):371 - 401
- Oms-Oliu, G.; Soliva-Fortuny, R.; y Martín-Belloso, O. 2008. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharv. Biol Tec.* 50(1):87 - 94.
- Quevedo, K.; Villegas, M.; Gonzáles, H.; y Félix, A. 2005. Calidad de nopal verdura mínimamente procesado. Efecto de temperatura e inhibidores del oscurecimiento. *Revi. Fitotec. Mex.* 28(3):261 - 270.
- Ragaert, P.; Verbeke, W.; Devlieghere, F.; y Debevere, J. 2004. Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. *Food Qual. Prefer.* 15(3):259 - 270.
- Ramírez, J. D. 2012. Conservación de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucilago de penca de sábila (*Aloe barbadensis* Miller). Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 112 p.
- Restrepo, J. I. 2009. Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Camarosa) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel de mucilago de penca de sábila (*Aloe barbadensis* Miller). Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 83 p.
- Saftner, R. A.; Conway, W. S.; y Sams, C. E. 1998. Effects of postharvest Ca and fruit coating treatments on postharvest life, quality maintenance, and fruit surface injury in Golden Delicious apples. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 123(2):294 - 298.

- Santos, M. I.; Cavaco, A.; Gouveia, J.; Novais, M. R.; Nogueira, P. J.; Pedroso, L.; y Ferreira, M. S. 2012. Evaluation of minimally processed salads commercialized in Portugal. *Food Control* 23(1):275 - 281.
- Soto, G. y Yahia, E. M. 2002. Compuestos antioxidantes y tratamientos poscosecha. *Rev. Hortic.* 160:48 - 54.
- Teullado, LI.; Gonzalez, J.; y Morant, B. 2005. Actualidad en fruta de IV Gama. *Rev. Hortic.* 188:41 - 52.
- Vargas, M.; Albors, A.; Chiralt, A.; y González, C. 2006. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. *Postharvest Biol. Tec.* 41(2):164 - 171.
- Wiley, R. 1997. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. Zaragoza: España. Acribia. P. 68 - 82.
- Yahia, E. M. y Ariza, R. 2001. Tratamientos físicos en poscosecha de fruta y hortaliza Disponible en: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/53/173/53173.pdf> [Fecha revisión: Abril 23 de 2013].