

Conservación en atmósferas modificadas de cebolla (*Allium cepa* L. var. Yellow Granex) mínimamente procesada

Recibido: 5 de febrero de 2014

Aceptado: 16 de octubre de 2014

Resumen

La cebolla (*Allium Cepa L*) mínimamente procesada presenta alta demanda, especialmente por los servicios de alimentación, sin embargo, el proceso de corte genera un incremento en la actividad metabólica del tejido, desencadenando en una reducción de su vida útil. Por esta razón, se propuso evaluar la aplicación de atmósferas modificadas (0% O₂, 10% CO₂ y 90% N₂) empleando dos materiales de empaque (Flexvac® y BOPP®) sobre la estabilidad de cebolla cortada en rodajas frente a una muestra control empacada al vacío. Las muestras fueron almacenadas por 18 días a 4 °C, y se evaluaron los atributos de calidad en términos de análisis fisicoquímico, sensorial y microbiológico. Los resultados arrojados muestran que las tres condiciones de empaque presentaron un aumento en el valor de firmeza en los primeros 5 días de almacenamiento, y luego se reducen estos valores, lo que está relacionado con la cantidad de exudado producido en las muestras, que está alrededor del 20% aproximadamente para las tres condiciones de empaque, siendo menor para el Flexvac®. En relación a la evaluación sensorial, la condición de empaque coextruido-vacío fue la que presentó un impacto negativo sobre las características evaluadas. En relación a las variables de pH, acidez, color y el crecimiento microbiológico, no mostraron diferencia entre los tratamientos. Los resultados indican que el material Flexvac® es apto para el empaque de cebolla precortada en atmósferas modificadas.

Palabras clave: atmósfera modificada, cebolla de bulbo, condiciones de empaque, vegetales listos para consumir, vida útil.

.....

¹ Ingeniera de Producción Agroindustrial. MSc. Diseño y Gestión de Procesos con énfasis en Alimentos. Fundación Universitaria Agraria de Colombia - UNIAGRARIA, Docente Programa de Ingeniería de Alimentos. Bogotá, Colombia. Email: casas.nidia@uniagraria.edu.co

² Ingeniera de Alimentos. Fundación Universitaria Agraria de Colombia - UNIAGRARIA, Email: ing.johana@hotmail.es

Conservation on Modified Atmosphere of Onion (*Allium cepa* L. var. *Yellow Granex*) Minimally Processed

Abstract

Onions (*Allium cepa* L) minimally processed presents especially high demand for foodservices, however the cutting process results in an increase in metabolic activity of the tissue, triggering a reduction of its lifetime. Therefore, it was proposed to evaluate the implementation of atmospheres modified (0%O₂, 10%CO₂ and 90%N₂) using two packaging materials (Flexvac® and BOPP®) on the stability of sliced onions against a control sample vacuum packed. The samples were stored for 18 days at 4 °C, and the quality attributes were evaluated in terms of physical-chemical, microbiological and sensorial analysis. The result shows that the three packaging conditions increased value of firmness within the first 5 days of storage, then these values are reduced, which is related to the amount of exudate produced in samples assessed as loss weight, for the three conditions of packaging a loss of 20 % occurs in approximately, being lower for Flexvac®. *Sensory analysis, the condition of coextruded vacuum - packaging is that presents greater decrease. In relation to the variables of pH, acidity, color and microbiological growth showed no difference between the treatments. The results indicate that the Flexvac® material is suitable for the packaging of pre - cut onion in modified atmospheres.*

Key Words: modified atmosphere, Onion bulb, packaging conditions, ready-to-eat vegetables, shelf life.

Introducción

Durante las últimas décadas, los hábitos de alimentación humana han cambiado, provocando un incremento en el consumo de vegetales frescos precortados, para lo cual se ha venido desarrollando tecnologías que permitan obtener productos más saludables, naturales, sanos, manteniendo sus características sensoriales, microbiológicas y una vida útil, según las necesidades del consumidor (Artés-Hernández et al., 2009). Dentro de estos vegetales se encuentra la cebolla (*Allium cepa* L.), la cual se utiliza como potenciador de sabor y los consumidores la prefieren en rodajas listas para consumir (Liu & Li, 2006). Sin embargo, estos productos tienen una vida útil corta debido al estrés fisiológico y al daño en el tejido causado por las operaciones de procesamiento que influyen directamente en las características físicas, químicas, sensoriales y estructurales del producto final (Toivonen & Brummell, 2008). Con el fin de contrarrestar estos efectos, se han venido

desarrollando diferentes alternativas de proceso y empaque como: empaque al vacío, atmósferas modificadas, irradiación, microondas, ultrasonidos, luz UV-C, recubrimientos comestibles, agentes antimicrobianos (Torrieri, E., et al., 2010; Miguel & Durigan, 2007; Kasım et al., 2008), que permiten ofrecer productos más seguros, con una menor pérdida de calidad sensorial y con mayor vida en anaquel.

La aplicación de atmósferas modificadas (AM) consiste en empaquetar el producto en materiales con barrera a la difusión de gases, en los cuales se ha sustituido el aire que rodea el producto por un gas o mezcla de gases para disminuir la actividad respiratoria, reducir el crecimiento microbiano y retrasar el deterioro enzimático con el propósito de extender la vida útil del producto (Ospina, S. & Cartagena, J., 2008).

En el caso de la “cebolla de bulbo”, tanto entera como mínimamente procesada, se han realizado varios estudios que han mostrado efectos positivos en la retención de firmeza y del color,

así como un incremento de la vida útil al emplear tecnologías de empaque bajo condiciones de atmósfera controlada y/o modificada, entre ellos, Yoo et al. (2012) observaron que, envasar cebolla en bulbo bajo condiciones de atmósfera controlada con una mezcla de gases (1%O₂ y 99%N₂ a 5°C), mantiene las características de calidad por un tiempo de vida útil aproximado de 5 meses, mientras que Hong et al. (2000) encontraron que el empleo de condiciones de atmósfera controlada con una mezcla de gases de 0,1-0,2 % O₂ ó 0,1-0,2 % O₂ + 7,5-9% CO₂ a 5 °C, son condiciones de almacenamiento adecuadas para mantener la apariencia visual y prolongar la vida útil por más de dos semanas, tanto en la cebolla entera como mínimamente procesada.

En cuanto a muestras envasadas en condiciones bajo atmósfera modificada, Artes-Hernández (2007) indicó que el empleo de una mezcla de gases que contenga concentraciones de 2-4 kPa O₂ y 5-20 kPa CO₂ a temperaturas de refrigeración, permite mantener entre 14 y 21 días, muestras de cebolla verde con un regular beneficio esperado en la calidad; aunque la atmósfera modificada puede cambiar con la variedad, temperatura y duración. Liu y Li (2006) observaron que cebolla mínimamente procesada en aros de 7 mm de espesor, envasada en películas de polietileno de baja densidad con una mezcla de gases de 40 % CO₂ + 59 % N₂ + 1 % O₂, permitió obtener tiempos de vida útil entre 5 y 10,5 días a temperatura de almacenamiento de 10 °C; mientras que Hong y Kim (2004), a la misma temperatura, en la

evaluación del efecto del material de empaque (polietileno de baja densidad y polipropileno) para envasar cebolla en bulbo con una mezcla de gases de 18,52 kPa O₂ + 9,5 kPa CO₂, no encontraron diferencia significativa por el tipo de empaque, logrando alcanzar una vida útil de 28 días. Blanchard et al. (1996), para cebolla en cubos de 0,75 cm de arista, ensayando distintos tratamientos de mezcla de O₂ y CO₂, almacenada a temperatura 4 °C, durante 12 y 14 días, obtuvieron que la calidad sensorial fue óptima, envasada en atmósfera de 2 % O₂ y 10 % CO₂.

Por tanto, el objetivo de este estudio es evaluar la estabilidad durante el almacenamiento de cebolla mínimamente procesada, envasada en atmósferas modificadas, empleando dos materiales de empaque, frente a un tratamiento de empaque al vacío.

Materiales y métodos

Se empleó cebolla (*Allium cepa* L.) variedad Yellow Granex, adquirida en un mercado local y suministradas por la empresa Agropecuaria El Llano, Ltda. (Bogotá, Colombia). En el proceso de selección se verificó la ausencia de defectos como daños por frío, insectos, golpes y fisuras. Las muestras se almacenaron por máximo 48 horas a temperatura ambiental hasta su procesamiento.

Las muestras de cebolla se pelaron, lavaron con agua potable y se cortaron en rodajas de 5 a 8 cm de diámetro y un espesor de 4 mm,

Tabla 1. Tratamientos de atmósferas y tipos de empaque empleados durante el almacenamiento.

Tratamiento	Condición atmósfera	Tipo de empaque
Coextruido-vacío	Vacío	Película multicapa coextruida
BOPP-AM	0 % O ₂ , 10 % CO ₂ y 90 % N ₂	Película en Polipropileno biorientado
Flexvac-AM	0 % O ₂ , 10 % CO ₂ y 90 % N ₂	Película coextruida Flexvac 70 micras

Fuente: Autores.

empleando una máquina tajadora marca Javar®. Las muestras en rodajas fueron desinfectadas en solución de 200 ppm de Sanit Master Plus® por 3 minutos. Posteriormente, para eliminar el agua adherida, se centrifugaron 1,5 kg de producto por 40 segundos aproximadamente, empleando una centrífuga manual.

Muestras de 500 gr de cebolla fueron empacadas en bolsas acorde con los tratamientos que se muestran en la tabla 1, empleando una empacadora Javar®. Luego de envasadas, las muestras se almacenaron a 4 °C durante 18 días en un nevera marca Supernordico®. Las muestras se evaluaron a los 1, 5, 10 y 18 días.

PH y acidez. A partir del jugo obtenido de la maceración de muestras de cebolla, se midió el valor de pH empleando un potenciómetro marca Martini®. La acidez se midió a 0,5g de jugo de cebolla con 50 mL agua destilada. La muestra se tituló empleando una solución de NaOH al 1N, y se expresó la acidez como % de ácido pirúvico (Rodríguez et al., 1998).

Firmeza. La firmeza como atributo de la textura, fue evaluada como la fuerza máxima de penetración empleando un texturómetro Brookfield® con aguja de acero. Los parámetros de operación fueron: velocidad de ensayo 2 mm/s, fuerza de 4 g y distancia de penetración 2,5 mm. Se realizaron 8 mediciones por réplica de tratamiento y los

valores se reportan como media ± desviación en unidades de gramo-fuerza (gf).

Pérdida de peso. La pérdida de peso como nivel de exudado generado, se determinó como la relación entre el peso final y el peso inicial de las muestras de cebolla almacenadas, empleando una balanza analítica marca Javar® (Rodríguez et al., 1998).

Color. El color fue medido a través de análisis de imágenes capturadas con una cámara digital Canon PowerShot S3 IS, siguiendo el método de León et al. (2006). Se empleó un iluminante D₆₅ con un ángulo de inclinación de 45° entre las lámparas y la muestra (Fernández et al., 2005). El color fue cuantificado en el programa ImageJ, que produce las coordenadas RGB que fueron transformadas al espacio de color CIE-L*a*b* empleando el programa EasyRGB. A partir de este, último, se obtuvieron las coordenadas L* (blanco, negro), a* (+ rojo, - verde) y b* (+ amarillos, - azules) (McGuire, 1992; Kasim, 2009).

Evaluación sensorial. Se realizaron pruebas descriptivas en las cuales un panel de 18 jueces no entrenados realizaron la evaluación sensorial de los atributos de calidad de las muestras. Se evaluaron durante el tiempo de almacenamiento, los parámetros de color, aroma, textura y apariencia general, de acuerdo con los descriptores de calidad de cebolla fresca que se presentan en el Tabla 2 (Thakkar & Shah, 2009).

Tabla 2. Descriptores de calidad de cebolla fresca precortada en aros.

Atributo de calidad	Escala				
	9	7	5	3	1
Color	Blanco fresco	Pérdida ligera del color blanco	Translucido / opaco	Presencia de manchas	Oscuro
Aroma	Intenso, picante característico	Fuerte	Moderado	Pérdida de olor	Aroma no característico
Textura	Crujiente y dura	Pérdida de crujencia	Ni muy dura ni muy blanda	Blanda	Muy blanda
Apariencia general	Muy fresca	Fresca	Aceptable	Inaceptable	Deteriorada

Fuente: Autores

Análisis microbiológico. Se homogenizó 1 mL de jugo de muestras de cebolla diluido en 9 mL de agua peptonada y se realizaron series de 3 diluciones de cada muestra. Se realizó recuento de aerobios mesófilos totales, se utilizó como medio de cultivo Agar Plate Count.

Análisis estadístico. Los resultados se expresaron como media \pm desviación estándar. Los datos se analizaron mediante un análisis de la varianza (ANOVA) con un nivel de confianza de 95%, y se realizó una prueba de comparación de medias (Tukey) empleando el software de Minitab® Statistical Software, versión 16.

Resultados y discusión

pH. Como se muestra en la Figura 1, los valores de pH se mantuvieron constantes durante los 5 primeros días de almacenamiento, seguidos por un incremento hasta el día 10, y posteriormente, un descenso hasta el día 18. Este comportamiento fue similar para las 3 condiciones de empaque, y la variación presentada no fue estadísticamente significativa para el tiempo de almacenamiento, ni para el tipo de condición de empaque ($p > 0,05$). Además, los valores de pH de la cebolla reportados se encuentran dentro del intervalo de pH indicado por Infoagro (2012) y Casaca (2005), el cual oscila entre 6 y 6,7.

Acidez. Los resultados de acidez titulable expresada como porcentaje de ácido pirúvico (Tabla 3) muestran que no hay variaciones estadísticamente significativas ($p > 0,05$) y los valores reportados se ubican dentro del intervalo de valores informado por Rodríguez et al. (1998) para cebolla, el cual está entre 0,12 y 0,27 %, indicando que las condiciones de almacenamiento no afectan la calidad de la cebolla en rodajas.

Textura. En la Figura 2 se muestra el comportamiento de los valores de firmeza del tejido de cebolla en rodajas, donde se puede observar que para las 3 condiciones de empaque, se presentó un aumento en el valor de la firmeza a los primeros 5 días, seguido de un descenso durante los siguientes días de almacenamiento, presentándose los menores cambios en el tratamiento Flexvac – AM; esto indica que este material de empaque permitió reducir el ablandamiento del tejido, lo cual puede estar asociado a una menor intensidad respiratoria, ya que este material tiene una menor permeabilidad al oxígeno ($<60 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}/1\text{atm}$) en comparación con los otros empaques BOPP y coextruido que tienen valores de 2000 y 150 $\text{cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}/1\text{atm}$, respectivamente (AINIA, 2013), la cual a su vez puede favorecer la reducción en la producción de exudado y de alteraciones microbiológicas.

Tabla 3. Porcentaje de acidez de cebolla en rodajas durante el almacenamiento.

Tiempo (días)	Acidez (% de ácido pirúvico)		
	Coextruido-vacío vacío A	BOPP- AMA	Flexvac - AM A
1	0,26 \pm 0,124 a	0,26 \pm 0,124 a	0,17 \pm 0,000 a
5	0,26 \pm 0,124 a	0,26 \pm 0,124 a	0,26 \pm 0,124 a
10	0,17 \pm 0,000 a	0,17 \pm 0,000 a	0,17 \pm 0,000 a
18	0,17 \pm 0,000 a	0,26 \pm 0,124 a	0,17 \pm 0,000 a

Fuente: Autores

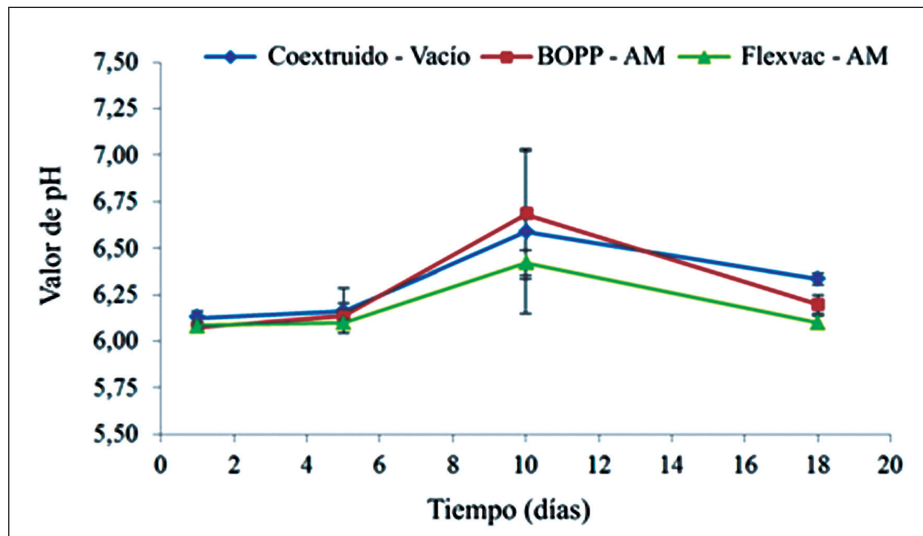


Figura 1. Valores de pH de cebolla en rodajas durante el almacenamiento.

Fuente: Autores.

Liu y Li (2006) señalan que los valores de firmeza de cebolla en rodajas disminuyen con el tiempo de almacenamiento y que, a su vez, un factor importante que afecta esta disminución es la temperatura de almacenamiento. Esta disminución en la firmeza durante el almacenamiento, es un

indicador de la pérdida de integridad estructural del tejido, y el cambio está asociado con el nivel de exudado presente en la superficie del tejido; lo cual indica disrupción de la membrana celular y pérdida de fluidos (Varela et al., 2008).

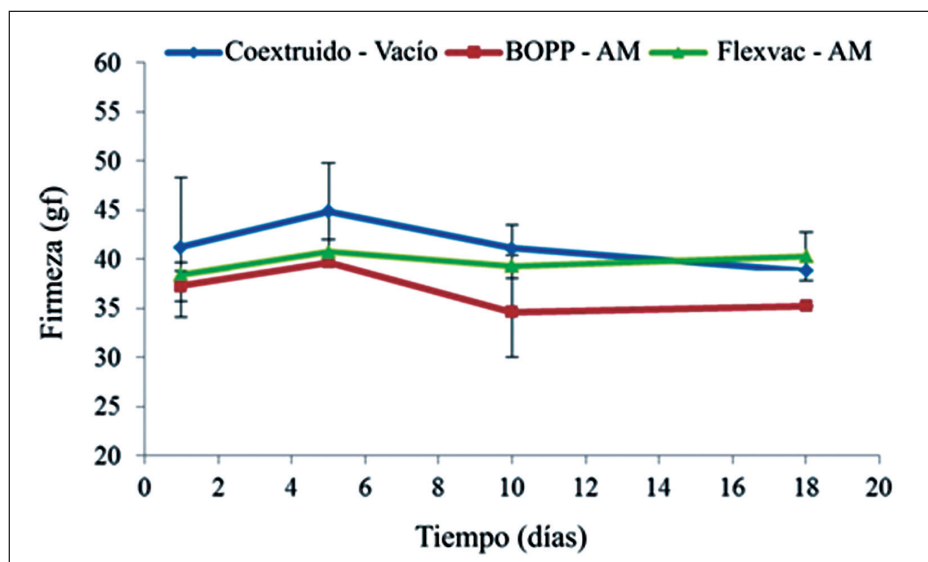


Figura 2. Textura de cebolla en rodajas durante el almacenamiento.

Fuente: Autores.

Pérdida de peso. La pérdida de peso está relacionada con la cantidad de exudado producido por la cebolla durante el tiempo de almacenamiento. Las tres condiciones de empaque presentaron un incremento continuo en la pérdida de peso durante el almacenamiento, presentándose los mayores cambios en las muestras empacadas en Coextruido - Vacío en el día 18 (Figura 3).

Kasim (2009a) reporta en su trabajo incrementos en pérdidas de peso en cebolla en rodajas durante 21 días de almacenamiento cercanas a 7 y 17 %, valores que concuerda con lo encontrado en las muestras de cebolla en rodajas empacadas bajo atmósferas modificadas en los dos envases (Flexvac & BOPP). Hong y Kim (2004) indican que la pérdida de peso es un factor importante a controlar, ya que está relacionado directamente con la apariencia del producto durante la distribución y venta del producto, durante este estudio el empaque Flexvac permite reducir esta producción de exudado, debido a que las condiciones del material logran mantener mejor la estructura del tejido (Varela et al., 2008).

Color. En relación a la variable Luminosidad, las condiciones de empaque Coextruido - Vacío y BOPP- AM presentaron un incremento continuo hasta el día 10 y luego una disminución en el día 18 del 10 % y 7 %, respectivamente (Tabla 4). Un comportamiento similar fue reportado por Kasim (2009), quien obtiene una disminución de la luminosidad en un 8 % durante 15 días

de almacenamiento, y Frezza, D. et al. (2011) también presenta aumento de la luminosidad hasta el día 7 y luego una disminución de esta variable.

En relación con la condición de empaque Flexvac- AM, la luminosidad se mantiene constante, coincidiendo con lo reportado por Praeger et al. (2003), quienes indican que la luminosidad presenta pequeñas fluctuaciones no muy significativas durante el almacenamiento.

En el caso de la coordenada b*, esta incrementa con el tiempo de almacenamiento (Tabla 5), presentándose una coloración amarillenta en la cebolla. Este comportamiento coincide con lo reportado por Frezza, D., et al. (2011), Kasim (2009a) y Kasim, M., et al. (2008), quienes afirman en sus estudios que los valores de la coordenada b* aumentan con el tiempo de almacenamiento, lo que indica la pérdida de calidad del producto.

Esta pérdida de la pigmentación del tejido de la cebolla, es un proceso natural en la senescencia y estos cambios pueden ser acelerados por el etileno. Una reacción de estrés en el tejido puede aumentar la producción de etileno y la tasa de respiración, la cual se puede controlar con la aplicación de un ambiente apropiado (Kasim, M., et al. 2008), esto se puede relacionar con los menores cambios producidos en las muestras empacada en atmósferas modificadas.

Tabla 4. Luminosidad en cebolla precortada en rodajas durante el almacenamiento.

Tiempo (días)	Luminosidad		
	Coextruido B	BOPP A	Flexvac AB
1	82,03 ± 10,909 a	89,96 ± 0,224 a	90,73 ± 2,669 a
5	85,81 ± 2,060 a	91,64 ± 0,718 a	90,08 ± 0,416 a
10	90,67 ± 0,000 a	90,69 ± 0,196 a	89,62 ± 3,227 a
18	81,89 ± 0,000 a	84,99 ± 2,351 a	88,52 ± 1,086 a

Fuente: Autores.

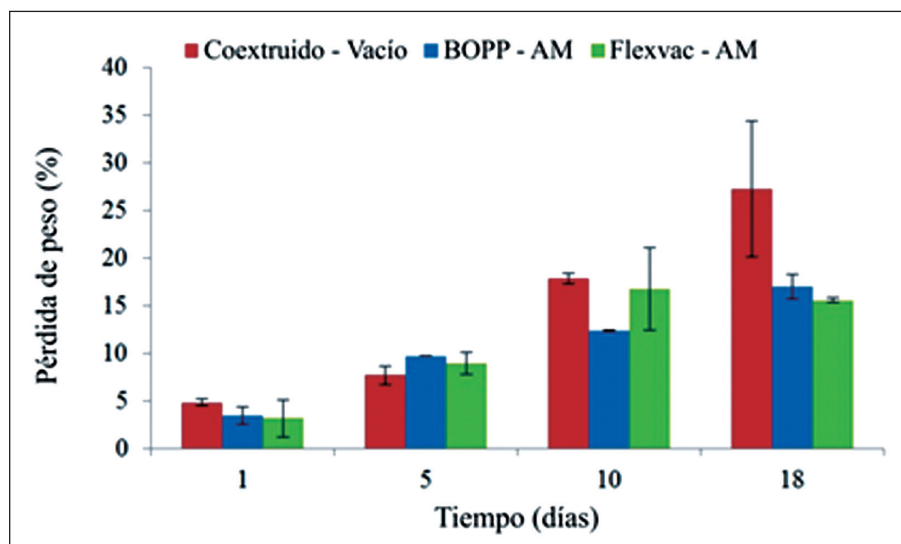


Figura 3. Pérdida de peso de cebolla en rodajas durante el almacenamiento.

Fuente: Autores

Análisis sensorial. Los resultados del análisis sensorial se muestran en la Figura 4. Para la variable color, las condiciones de empaque Coextruido-Vacío y Flexvac-AM presentaron una reducción durante el almacenamiento, obtenido el día 18 valores de 4.4 y 4.1 respectivamente, los cuales se encuentra por fuera del límite de aceptación (valor 5). La condición BOPP-AM también presentó una disminución, pero, se mantuvo por encima del límite de 5; lo cual coincide con el

comportamiento del color cuantificado, donde las menores pérdidas la presentó el empaque BOPP.

El aroma para las tres condiciones de empaque se mantuvo dentro del límite de aceptación para los primeros 10 días de almacenamiento, mientras para el día 18, los valores fueron de 4,3 (Coextruido - Vacío); 4,0 (BOPP - AM) y 4,8 (Flexvac - AM). Esta reducción podría estar relacionada con la reducción del ácido pirúvico presente en la cebolla y de los compuestos sulfúricos volátiles

Tabla 5. Coordenada b* en cebolla precortada en rodajas durante el almacenamiento.

Tiempo (días)	Coordenada a*		
	Coextruido A	BOPP A	Flexvac A
1	8,60 ± 5,138 a	3,45 ± 0,408 a	3,91 ± 2,019 a
5	7,60 ± 2,655 a	5,33 ± 1,033 a	6,58 ± 4,405 a
10	3,05 ± 0,000 a	4,85 ± 0,233 a	4,62 ± 2,258 a
18	12,87 ± 0,000 a	5,24 ± 0,641 a	6,19 ± 0,575 a

Fuente: Autores

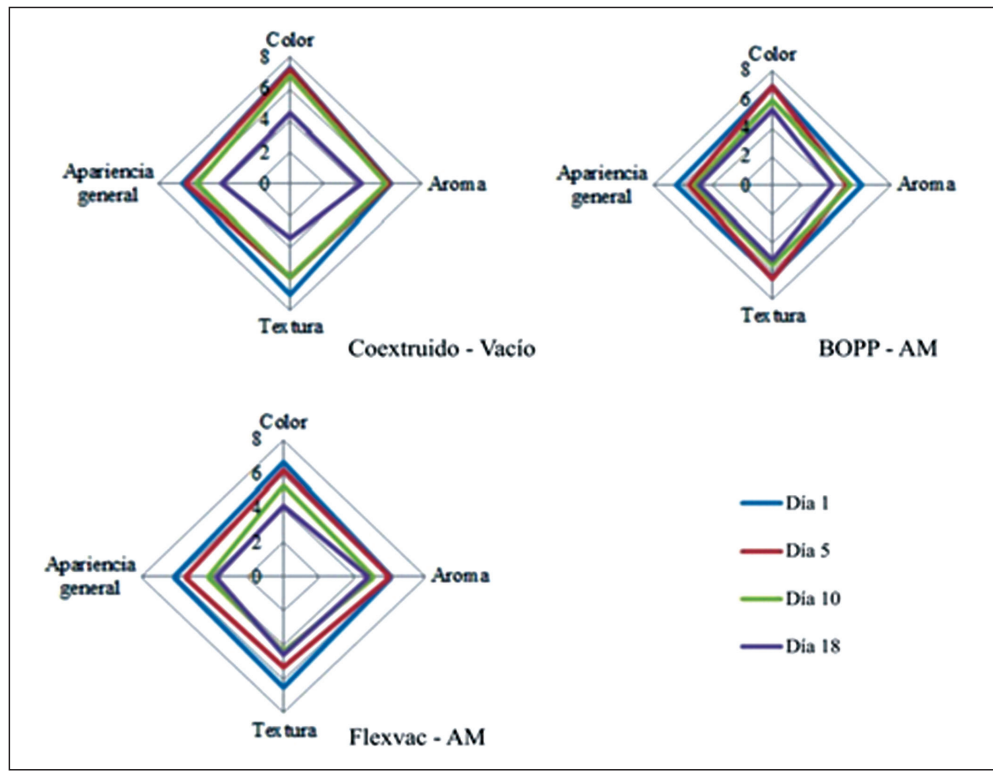


Figura 4. Atributos sensoriales de cebolla en rodajas durante el almacenamiento.

Fuente: Autores

que se pueden difundir por el empaque o degradar durante el tiempo de almacenamiento (Blanchard et al., 1996). Liu y Li (2006) indican que durante el almacenamiento, la cebolla emite un olor desagradable, por lo que recomiendan una combinación de baja temperatura y el aumento de los niveles de CO₂ para mejorar cualidades sensoriales.

La textura del tejido, evaluada como crujiencia del producto al ser fracturado por medios mecánicos y no por cavidad bucal, se mantuvo dentro del límite para las tres condiciones de empaque durante los 5 primeros días, seguido por una disminución para las condiciones de empaque Coextruido - Vacío y BOPP - AM, en el día 10 y 18, respectivamente. La condición de empaque que mejor mantuvo la firmeza durante los 18 días de almacenamiento fue la condición de empaque Flexvac - AM con un valor final de 5,3. Esto coincidió con los resultados de análisis

de firmeza instrumental (Figura 2), donde el tratamiento que mejor mantuvo las características de firmeza fue Flexvac - AM.

La apariencia es uno de los parámetros más importantes de los productos mínimamente procesados, de esta depende la aceptación por parte del consumidor. Las condiciones de empaque Coextruido - Vacío y Flexvac - AM mantuvieron mejor la apariencia general durante 10 días, seguido de un descenso para el día 18 con valores de 4,9 y 4,2 respectivamente.

Análisis microbiológico. Los resultados microbiológicos para mesófilos aerobios totales, muestran que durante los 18 días de almacenamiento, la velocidad de crecimiento microbológico incrementa para las tres condiciones de empaque, presentando un valor inicial de 4 Log (UFC/g) y, finalizando para el día 18 con 6 Log (UFC/g).

Tabla 6. Recuento de Mesófilos Aerobios Totales en cebolla precortada en rodajas durante el almacenamiento.

Tiempo (días)	Recuento de Mesófilos Aerobios Totales (log UFC)		
	Coextruido A	BOPP A	Flexvac A
1	4,16 ± 0,153 c	3,89 ± 0,129 c	4,12 ± 0,127 b
5	5,69 ± 0,078 bc	5,45 ± 0,189 bc	5,20 ± 0,121 b
10	6,18 ± 0,128 b	5,89 ± 0,018 ab	5,88 ± 0,099 a
18	6,49 ± 0,064 a	6,10 ± 0,073 a	5,97 ± 0,053 a

Fuente: Autores

Los resultados arrojados no sobrepasan el límite máximo de crecimiento estipulado por la Norma Española RD 3484 de 2000, la cual indica que, el recuento total de aerobios mesófilos es de 7 log (UFC/g), resultados similares a los reportados por Hong y Kim (2004) quienes indican que el crecimiento de aerobios está asociado con la utilización de agua para el lavado de vegetales con bajas condiciones sanitarias, para lo cual, es recomendable lavar con agua de buena calidad a bajas temperaturas (<5 °C) para eliminar los microorganismos y el fluido en el tejido, y en operaciones de procesamiento mínimo, el corte puede aumentar el deterioro microbiano mediante la transferencia de la microflora de la piel de la cebolla hacia la parte carnosa de la cebolla, donde los microorganismos pueden crecer rápidamente por la exposición de los jugos cargados de nutrientes.

Conclusiones

Los cambios fisicoquímicos de la cebolla precortada en rodajas, empacada al vacío, indican que no hay efectos negativos relacionados con pH y acidez expresada como porcentaje de ácido pirúvico, como tampoco para las muestras envasadas mediante atmósfera modificada. En relación a la pérdida de peso presenta un

efecto negativo concerniente a la cantidad de exudado producido por la cebolla. Este aspecto está relacionado con la reducción en la firmeza del tejido. Igualmente, estos cambios se relacionan con la pérdida del color, por efectos de la humedad en el interior del empaque y el aumento en el crecimiento microbiológico. La aplicación de atmósfera modificada tiene un efecto positivo en la estabilidad de la cebolla para la condición de empaque Flexvac, la que permitió extender la vida útil de la cebolla precortada en rodajas en 10 días más al manejo por el empaque al vacío, demostrando ser una buena alternativa de procesamiento frente al proceso convencional, ya que este proceso solo alcanza 5 días de vida útil.

Agradecimientos

Las autoras agradecen a la empresa Agropecuaria El Llano, Ltda., por el suministro de la materia prima y permitir el uso de sus instalaciones para el desarrollo de los ensayos.

Referencias bibliográficas

AINIA, (2013). *Guía técnica Ainia de envase y embalaje – láminas*. Recuperado en diciembre de 2013 de <http://www.guiaenvase.com/>

- bases/guiaenvase.nsf/V02wn/L%C3%A1minas?OpenDocument
- Artes-Hernández, F. (2007). Avances tecnológicos durante el transporte frigorífico hortofrutícola. En Jornada sobre soluciones tecnológicas en logística y transporte. *Foro Cooperación Universidad Politécnica de Cartagena-Empresa*. 27 noviembre. (8p.). Cartagena, España.
- Artés-Hernández, F., Aguayo, E., Gómez, P., & Artés, F. (2009). Innovaciones tecnológicas para preservar la calidad. Productos vegetales mínimamente procesados o de la “cuarta gama”. *Horticultura Internacional*, 69, 52-57.
- Blanchard, M., Castaigne, F., Willemot, C., & Makhlouf, J. (1996). Modified atmosphere preservation of freshly prepared diced yellow onion. *Postharvest Biology and Technology*, 9(2), 173-185.
- Fernández, L., Castellero, C., & Aguilera, J.M. (2005). An application of image analysis to dehydration of apple discs. *Journal of Food Engineering*. 67(1-2), 185-193.
- Hong, G., Peiser, G., & Cantwell, M.I. (2000). Use of controlled atmospheres and heat treatment to maintain quality of intact and minimally processed green onions. *Postharvest Biology and Technology*, 20(1), 53-61.
- Hong, S. & Kim, D. (2004). The effect of packaging treatment on the storage quality of minimally processed bunched onions. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(10), 1033-1041.
- Kasim, M.U. (2009). The effect of harvesting onions at different diameter on color and weight loss in fresh cut green onions. *World Applied Sciences Journal*, 6(6), 728-733.
- Kasim, R. (2009). The effects of cut-type and heat treatment on fresh-cut green onions quality. *American-Eurasian Journal agriculture & Environment Science*, 5(3), 428-433.
- Kasim, M., Kasim, R. & Erkal, S. (2008). UV-C treatments on fresh-cut green onions enhanced antioxidant activity, maintained green color and controlled ‘telescoping’. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 6(3-4), 63-67.
- León, K., Mery, D., Pedreshi, F., & León, J. (2006). Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39(10), 1084-1091.
- Liu, F., & Li, Y. (2006). Storage characteristics and relationships between microbial growth parameters and shelf life of MAP sliced onions. *Postharvest Biology and Technology*, 40(3), 262-268.
- MacGuire, R.G. (1992). Reporting of objective color measurements. *Hort Science*, 27(12), 1254-1255.
- Martín-Belloso, O., & Oms-Oliu, G. (2005). Efecto de la atmósfera modificada en las características físico-químicas y nutricionales de la fruta fresca cortada. En *Simposium nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas. Vegetales frescos cortados* (marzo, pp. 47-58), La Habana, Cuba.
- Miguel, A., & Durigan, J. (2007). Qualidade de cebola minimamente processada e armazenada sob refrigeração. *Horticultura Brasileira*, 25(3), 437-441.
- Ospina-Meneses, S., & Cartagena-Valenzuela, J. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 112-123.
- Praeger, U., Ernst, M., & Weichmann, J. (2003). Effects of ultra low oxygen storage on postharvest quality of onion bulbs (*Allium cepa* L. var. *cepa*). *European Journal Horticultural Science*, 68(1), 14-19.
- Rodríguez, J., Pérez de C., M., Ramírez, H., & Zambrano, J. (1998). Caracterización de algunos parámetros de calidad en la cebolla bajo diferentes épocas de cosecha. *Agronomía Tropical*, 48(1), 33-40.
- Thakkar, S.R., & Shah, P. (2009). Sensory evaluation of dehydrated onion compared to fresh onion samples. *Shodh, Samiksha aur*

- Mulyankan. International Research Journal*, 2(7), 59-60.
- Toivonen, P., & Brummell, D. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48(1), 1-14.
- Torrieri, E., Perone, N., Cavella, S., & Masi, P. (2010). Modelling the respiration rate of minimally processed broccoli (*Brassica rapa var. sylvestris*) for modified atmosphere package design. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(10), 2186–2193.
- Varela, P., Salvador, A., & Fiszman, S. (2008). Changes in apple tissue with storages time: Rheological, textural and microstructural analyses. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 622-629.
- Yoo, K., Lee, E., & Patil, B. (2012). Changes in flavor precursors, pungency, and sugar content in short-day onion bulbs during 5-month storage at various temperatures or in controlled atmosphere. *Journal of Food Science*, 77(2), C216-C221.