



Análisis combinado acústico-mecánico durante el almacenamiento de cebolla (*Allium fistulosum*) mínimamente procesada

Combined acoustic-mechanical analysis during storage of scallion (*Allium fistulosum*) minimally processed

Andrea González; Gabriela Cáez; Fabián Moreno; Natalia Rodríguez; Indira Sotelo*

Universidad de La Sabana – Facultad de Ingeniería. Campus Universitario del Puente del Común km 7 Autopista Norte de Bogotá, D.C. Chía-Colombia.

Recibido 21 noviembre 2011; aceptado 17 abril 2012

Resumen

La cebolla de rama (*Allium fistulosum*) es una hortaliza altamente perecedera debido a su contenido de humedad, a su elevada tasa metabólica y al deficiente manejo poscosecha al cosecharla y transportarla. El objetivo de esta investigación fue determinar la relación entre el deterioro visual del producto y los cambios generados en las propiedades mecánicas y acústicas del mismo. Se utilizó cebolla de rama cultivada en Aquitania, Boyacá Colombia, sometida a condiciones: empaque a vacío (10 mbar) y sin empaque (HR 68%); y almacenada a 4 °C y 16 °C, hasta deterioro por apariencia visual. Los cambios mecánico acústicos en firmeza, crujencia y fractura para la cebolla sin empaque y almacenado a 4 °C se presentaron en el día 15 de almacenamiento, y el deterioro visual en el día 13. Para el producto sin empaque almacenado a 16 °C, el mayor cambio se presentó el día sexto. El producto empacado a vacío y almacenado a 4 °C presentó cambios mecánico acústicos y de apariencia visual en el día 15 y para el producto empacado a vacío y almacenado a 16 °C se presentaron cambios en el día seis, en las características de firmeza, crujencia y fracturabilidad, coincidiendo con la disminución de la apariencia visual. En términos generales fue más evidente el cambio en la disminución de la fracturabilidad para la cebolla almacenada a 16 °C, en las dos condiciones de empaque. Los métodos instrumentales empleados permitieron aproximar el tiempo de deterioro de cebolla mínimamente procesada, en beneficio del establecimiento de la vida útil percibida por aspecto visual.

Palabras clave: cebolla, textura, crujencia, almacenamiento.

Abstract

Scallion (*Allium fistulosum*) is a highly perishable green vegetable due to its moisture content, its high metabolic rate and their poor conditions of post-harvest during to harvest and transport. The objective of this research was to determine the relationship between visual deterioration's product and changes generated in the mechanical and acoustic properties of the same. The scallion grown in Aquitania, Boyacá Colombia was stored under different conditions of storing: vacuum packed (10 mbar) and unpacked (HR 68%) and storage temperature 4 °C and 16 °C until deterioration by visual appearance. The acoustic mechanical changes in firmness, crispness and fracture for unpacked scallion and stored at 4 °C occurred on day 15 of storage, and visual deterioration on day 13. For the unpacked product and stored at 16 °C, the biggest change was presented at sixth day. The vacuum packed product, stored at 4 °C presented mechanical, acoustic and visual appearances changes at 15 day and for the product packaged under vacuum and stored at 16 °C showed changes on day six in the characteristics of firmness, crispness and fracturability, coinciding with the decrease in visual appearance. In general terms the change was more noticeable decrease in fracturability for scallion stored at 16 °C, in the two packaging conditions. Instrumental methods used to approximate the deterioration's time of minimally processed scallion were adequate to establish shelf life perceived by visual appearance.

Keywords: scallion, texture, crispness, storage.

* Autor para correspondencia

Email: indira.sotelo@unisabana.edu.co (I. Sotelo)

1. Introducción

La cebolla de rama (*Allium fistulosum*) ocupa el tercer lugar de producción en Colombia y el 90 % de ella se comercializa como producto fresco (MADR, 2010). Uno de los retos para la industria de vegetales mínimamente procesados, es el poder brindar a los consumidores, productos limpios y empacados que mantengan sus características de frescura, antes de la fecha de vencimiento de la vida útil comercial. La definición de frescura ha sido discutida por varios autores y este concepto involucra dos principales componentes (1) propiedades sensoriales, entre ellas características de textura como firmeza, crujencia y crocancia; presencia de colores brillantes, ausencia de defectos visuales y olores indeseables; (2) tiempo de cosecha y manipulación o troceado (Péneau, 2005).

El término calidad aceptable puede definirse como la calidad correspondiente al punto mínimo en el cual un consumidor rechazará un producto (Van, 2008). Es así como, se han desarrollado técnicas para evaluar las principales propiedades físicas tales como la firmeza, crujencia y fracturabilidad, que pueden establecer la calidad sensorial de un producto apreciable por los consumidores. Los atributos de sonido en un alimento como parámetro de calidad, se pueden identificar físicamente y se presentan como valores máximos en la primera mordida. Estos sonidos producidos al masticar los alimentos, son conducidos por los huesecillos con un valor de alta frecuencia o percibidos directamente por el oído y van disminuyendo durante la masticación (Luyten *et al.*, 2004).

La percepción de estas frecuencias en un producto alimentario están influenciadas por las dimensiones propias como longitud, grosor y especialmente por la característica mecánica de adhesividad. La crujencia, crocancia y el sonido producido por alimentos altamente fracturables se han denominado craqueo, el cual va disminuyendo en función del contenido de

humedad y de la hidratación por efecto del salivado o por los procesos de almacenamiento relacionados con el intercambio de humedad con el ambiente. (Chauvin *et al.*, 2008).

En vegetales frescos el atributo de respuesta acústica crujencia, puede ser mecánicamente expresado como una propiedad textural y depende altamente de la estructura celular. Un rápido descenso en la fuerza, acompañado por una rápida propagación de la fractura, es indicativo de la pérdida de frescura y de la estabilidad de los materiales biológicos, normalmente estos atributos representan elementos sensitivos de placer al consumidor (Costa *et al.*, 2011). Por tanto, las respuestas instrumentales de la textura se originan por cambios en la estructura celular que también se pueden medir y relacionar como cambios acústicos. La mayoría de las investigaciones respecto del sonido emitido por los alimentos se evalúan sobre productos secos, en los que la característica de dureza es un valor indicador de su frescura, mientras que la crujencia define su estructura interna.

En un producto fresco y húmedo como la cebolla, la crujencia puede establecerse como un indicador que podría definir una magnitud de índice de frescura. Así, el objetivo de esta investigación fue mostrar la relación entre el avance del deterioro y los cambios en los atributos mecánico-acústicos de cebolla mínimamente procesada durante su almacenamiento hasta deterioro visual.

2. Materiales y métodos

Cebolla de rama (*Allium fistulosum*) procedente de Aquitania–Boyacá–Colombia, fue llevada a los laboratorios de la Universidad de La Sabana; se lavó y se retiraron la corteza exterior, las hojas y la raíz, posteriormente fueron seleccionadas cebollas de 13 +/- 1 mm de diámetro.

Las cebollas con un contenido de humedad de 92g de agua/100g de producto, fueron almacenadas a dos temperaturas: 4 °C y 16 °C; y a dos condiciones de empaque: empaque a vacío (10 mbar) del 70% según especificaciones de la máquina y sin empaque (68% de HR y 746.6 mbar de presión atmosférica). Para evaluar los cambios mecánicos se empleó el equipo texturómetro TAXT2, en el que se determinó la fuerza en compresión como característica de firmeza, empleando el aditamento P6 (Cilindro de punta plana de 6 mm de diámetro). Muestras de cebolla de 6 cm de longitud fueron ubicadas en la base del texturómetro de forma horizontal para ser deformadas empleando una celda de carga de 5 kg a una velocidad de 2 mm/s. Los cambios acústicos fueron determinados con un analizador de sonido incorporado al TAXT2 con un micrófono M550 Earthworks Audio Milford (3.125 KHz), ubicado a un cm de la muestra.

El avance del deterioro se realizó con 12 mediciones de textura y de sonido para cada tratamiento los días 1, 3, 6, 8, 10, 13, 15 y 17 de almacenamiento. El aspecto visual se registró mediante imágenes digitales con una cámara Canon PowerShot de 12 Mpix, con una fuente de luz de 6500 K (grados Kelvin de temperatura de color), evaluando la apariencia general de la superficie de la cebolla a las condiciones de empaque y temperatura. Las variables de respuesta de los demás atributos evaluados fueron: velocidad de cambio en firmeza, intensidad de sonido y fractura a la cual se da el máximo valor de sonido. El atributo de intensidad de sonido fue medido en unidades RAW (formato de audio para almacenar sonido sin comprimir), y después de finalizar la toma de datos, se realizó una prueba de correlación por medio del programa Texture Exponent 32 instalado en el equipo TAXT2 para obtener los datos en unidades de dB.

Los datos se analizaron utilizando Excel® empleando un ensayo de ANOVA ($p < 0.1$),

con el fin de validar los datos y verificar que no existiera diferencia significativa entre estos.

3. Resultados y discusión

El análisis visual realizado sobre la cebolla durante el tiempo de almacenamiento se muestra en la Tabla 1, en ésta se observa que para la cebolla almacenada a 16 °C, en el día seis inicia el deterioro tanto para la cebolla sin empaque como para la sometida a vacío, al relacionar estos resultados visuales con la medición instrumental de fracturabilidad (Figuras 1 y 2), se encontró que también el día 6 coincide con la disminución de fracturabilidad en la cebolla. Para la cebolla almacenada a 4 °C y empacada a vacío se encontró que en el día 15 inicia tanto el deterioro visual como la pérdida de fracturabilidad y ablandamiento de la cebolla, sin embargo para la cebolla almacenada a 4 °C sin empaque, el día 13 empieza el deterioro visual y en el día 15 la característica de fracturabilidad disminuye evidenciando el ablandamiento de la cebolla. En las figuras 1 al 4, las dos líneas perpendiculares sobre el eje de las abscisas (días de almacenamiento), indican el día de cambio de aspecto visual.

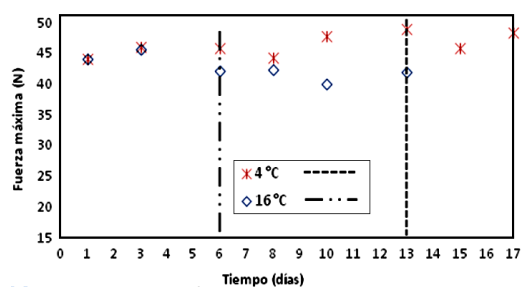


Figura 1. Variación de la fuerza máxima en función del tiempo de almacenamiento para cebolla sin empaque.

Teniendo en cuenta que a menor fuerza máxima hay mayor pérdida de la característica de fracturabilidad, para esta investigación, los cambios en la fuerza máxima de fractura en cebolla durante el

almacenamiento, evidencian la pérdida de fracturabilidad y por tanto el ablandamiento del tejido, que está relacionado con la pérdida de frescura; este fenómeno ha sido descrito por Toivonen *et al.* (2008) y Howard *et al.* (1994) como un proceso en el que las paredes celulares de las células pierden su fuerza y por lo tanto adhesión entre ellas, disminuyendo su firmeza y perdiendo la capacidad de fracturabilidad, en los vegetales frescos.

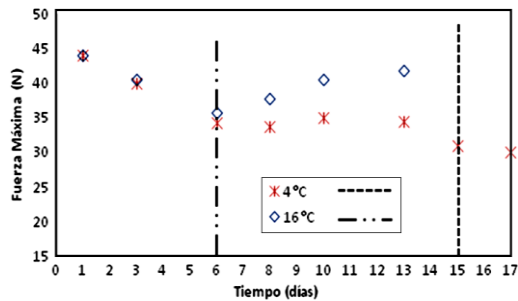


Figura 2. Variación de la Fuerza máxima en función del tiempo para cebolla empacada a vacío.

Para el caso de la cebolla sin empaque almacenada a 16 °C, es evidente la disminución de fracturabilidad asociada con la disminución de firmeza, este fenómeno puede ser descrito como una respuesta al cambio en el equilibrio celular entre la presión parcial del vapor de agua contenida en la cebolla, frente a la menor humedad relativa (68%) en la que está almacenada. Ello explica el mejor comportamiento de la firmeza para las cebollas empacadas al vacío (Figura 2).

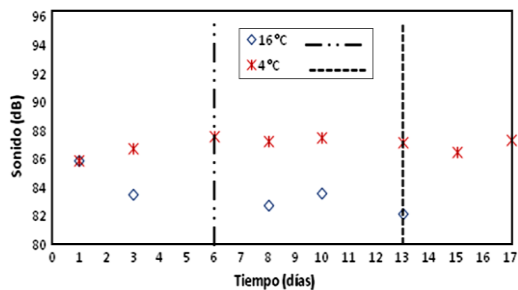


Figura 3. Crujencia en función del tiempo de almacenamiento para cebolla sin empaque.

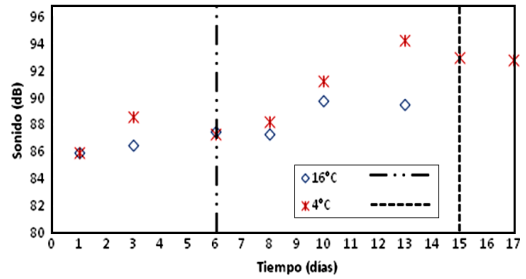


Figura 4. Crujencia en función del tiempo de almacenamiento para cebolla empacada a vacío.

La cebolla mínimamente procesada se comporta como la mayoría de vegetales frescos, cuyos atributos de frescura los han definido como alimentos crujientes, porque son firmes y quebradizos, debido a la turgencia de las células y a la elasticidad de sus paredes celulares. Un incremento en la turgencia está asociado con un incremento en crujencia, crocancia y sonidos propios del craqueo (Chauvin *et al.*, 2008). La turgencia se mantiene cuando los fluidos intercelulares presionan sobre las paredes de las células, y en los alimentos húmedos está caracterizando a la fuerza y la elasticidad del tejido. Al aplicar el esfuerzo requerido durante la masticación del alimento, el contenido celular se expande rápidamente, produciendo una energía que se disipa en forma de onda de sonido; este sonido resultante es el responsable de la percepción de la crujencia, crocancia y del craqueo (Peneau, 2005).

Los consumidores encuentran la crujencia asociada a productos que requieren una baja fuerza para su rompimiento, mientras que los productos crocantes parecen mantener su estructura al aplicarse un esfuerzo y por tanto requieren de un mayor esfuerzo de masticación (Valera *et al.*, 2008). En este caso la respuesta mecánica en relación al calibre de la muestra manejada es baja y por tanto el sonido corresponde a un producto crujiente. Teniendo en cuenta que la fracturabilidad es la fuerza a la cual el producto se quiebra (Giese, 1995) y la crujencia, el sonido en (dB) producido al ejercer esta fuerza; en la

cebolla mínimamente procesada y en concordancia con las figuras 3 y 4, se encontró que para la cebolla sin empaque a 16 °C, existe coincidencia en la disminución de la fracturabilidad y crujencia en el día 6, y para la cebolla sin empaque a 4 °C se presentó la disminución de fracturabilidad y crujencia en el día 15. Así mismo para la cebolla empacada a vacío y almacenada a 4 °C, la fracturabilidad y la crujencia disminuyen el día 15 desde valores de 34.4 N a 31 N y 94.2 dB a 93 dB respectivamente; para la cebolla almacenada a 16 °C la pérdida de crujencia se evidencia por la disminución de sonido en el día 6 (Figuras 3 y 4). La cebolla almacenada en las dos temperaturas de estudio y en las condiciones sin empaque y empaque a vacío, no muestran diferencias significativas ($p < 0.1$) en la pérdida de fracturabilidad hasta el día seis de almacenamiento. En cuanto a la crujencia, este atributo de sonido es 1.45 veces menor para la cebolla almacenada a 16 °C, frente al tratamiento de empaque a vacío y almacenamiento a 4 °C; esto advierte sobre la permanencia de la estabilidad estructural

del tejido de cebolla en condiciones de refrigeración.

En términos generales se observó una diferencia de nueve días de calidad aceptable tanto visual como instrumental frente a la condición de temperatura, es decir el almacenamiento a 4 °C, prolonga la vida útil de la cebolla en nueve días. Los cambios de apariencia se muestran en la Tabla 1, en ella las fotografías muestran que la cebolla de rama presenta un cambio de color a través del tiempo (zonas más oscuras sobre la superficie), al pasar de blanco brillante a púrpura, este proceso evidencia el deterioro del producto. El rompimiento de las células vegetales permiten la acción de la *allinasa* que se encuentra en las vacuolas, sobre el sustrato (+)-S-(1-propenil)-L-cisteina S-óxido (1-PeCSO) en el citoplasma, esta reacción de deterioro genera cambio de color, enrojecimiento (Tovoinen *et al.*, 2008). Este rompimiento es difícil de prevenir por el continuo maltrato que tienen los productos agrícolas desde la cosecha hasta el consumidor final.

Tabla 1
Deterioro visual de la cebolla vs tiempo para los 4 tratamientos.

Tratamiento	Día 1	Día 6	Día 10	Día 13	Día 15
Cebolla sin empaque a 4 °C					
Cebolla sin empaque a 16 °C					Descartada por pudrición
Cebolla empacada a vacío a 4 °C					
Cebolla empacada a vacío a 16 °C					Descartada por pudrición

4. Conclusiones

El análisis acústico-mecánico y el análisis de deterioro visual realizado sobre cebolla mínimamente procesada permitieron determinar, el tiempo en el cual se obtiene el punto mínimo de disminución de la calidad visual, esto coincide con la disminución del atributo de crujencia, el cual puede ser considerado como una característica de frescura para los productos hortícolas mínimamente procesados. La relación entre los atributos evaluados bajo las condiciones de almacenamiento y durante el período de tiempo estimado, mostró que el comportamiento de deterioro es altamente dependiente de la temperatura y de la condición de empaque, por tanto se recomienda indicando como mejor condición para el mantenimiento de la calidad visual el empleo de empaque a 4 °C para la cebolla de esta variedad, comparada con el almacenamiento sin empaque a temperatura ambiente.

Agradecimientos

A Colciencias - Cámara de Comercio de Bogotá. Productos vegetales Guaquira. Contrato 2333. Fondo Patrimonial Especial de La Universidad de La Sabana.

Referencias bibliográficas

- Costa, F.; Luca, C.; Longhi, S.; Guerra, W.; Magnago, P.; Porro, D.; Soukoulis, C.; Salvi, S.; Velasco, R.; Biasioli, F.; Gasperi, F. 2011. Assessment of apple (*Malus × domestica* Borkh.) fruit texture by a combined acoustic-mechanical profiling strategy Postharvest. *Biology and Technology* 61(1): 21-28.
- Chauvin, M.A.; Younce, F.; Ross, C.; Swanson, B. 2008. Standard scales for crispiness, crackliness and crunchiness in dry and wet foods: relationship with acoustical determinations. *Journal of food texture studies* 39(4): 345-368.
- Giese, J. 1995. Measuring Physical Properties of Food. *Food Technology* 49(2): 54-63.
- Howard, L.R.; Yoo, K.S.; Pike, L.M.; Miller Jr, G.H. 1994. Quality changes in diced onions stored in film packages. *Journal of Food Science* 59(1): 110-112, 117.
- Luyten, H.; Plijter, J.J.; Vliet, T.V. 2004. Crispy/crunchy crusts cellular solid foods: a literature review with discussion. *J. Text. Stud.* 35: 445-492.
- MADR. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). Corporación Colombia Internacional. 2010. Encuesta Nacional Agropecuaria.
- Péneau, S. 2005. Freshness of fruits and vegetables: concept and perception. Doctoral dissertation No 16320. Institute of food Science and nutrition ETH. Zurich, Switerland.
- Toivonen, P.; Brummell, M.A.; David, A. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 48(1): 1-14.
- Van, T.P. 2008. Prediction of Change in Quality of 'Cripps Pink' Apples During Storage. Faculty of Agriculture, Food and Natural Resources, The University of Sydney.
- Varela, P.; Salvador, A.; Gámbaro, A.; Fiszman, S. 2008. Texture concepts for consumers: a better understanding of crispy-crunchy sensory perception. *Eur Food Res Technology* 226: 1081-1090.