

# ENVASES ACTIVOS ANTIOXIDANTES Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD SENSORIAL Y LOS COMPUESTOS VOLÁTILES EN LECHE ENTERA DESHIDRATADA

## ANTIOXIDANT ACTIVE PACKAGING EFFECT WHOLE MILK POWDER SENSORIAL QUALITY AND PRODUCTION OF VOLATILE COMPOUNDS

Herlinda SOTO V.<sup>1</sup>, Elizabeth PERALTA<sup>1</sup>, Diana M. CANO H.<sup>2</sup>,  
Olga L. MARTÍNEZ A.<sup>2</sup>, Diana M. GRANDA R.<sup>2\*</sup>

Recibido: Marzo 05 de 2010 Aceptado: Enero 13 de 2011

### RESUMEN

El sabor de la leche está estrechamente relacionado con su composición, especialmente con su contenido graso. Factores como la luz, los materiales de envase y las condiciones de almacenamiento pueden favorecer la oxidación de la grasa y alterar las características sensoriales del producto. El presente estudio buscó evaluar el efecto de los envases activos multicapa con diferentes antioxidantes en su capa más interna: butil hidroxitolueno, butil hidroxianisol,  $\alpha$ -tocoferol y una mezcla de butil hidroxianisol- $\alpha$ -tocoferol, sobre la calidad sensorial de la leche entera deshidratada. El entrenamiento de un panel sensorial permitió la evaluación del atributo de sabor oxidado en la leche y la correlación de estos resultados con la producción de pentanal, hexanal y heptanal, cuantificados mediante cromatografía gaseosa usando microextracción en fase sólida. Los análisis sensoriales revelaron cambios en las características de sabor oxidado en las muestras de leche. La correlación general de estos datos y las concentraciones de volátiles cuantificadas permitieron encontrar una correlación moderada pero significativa entre el sabor oxidado y los volátiles pentanal, hexanal y heptanal. En general, los envases activos con butil hidroxianisol- $\alpha$ -tocoferol y  $\alpha$ -tocoferol obtuvieron una menor calificación en cuanto a su sabor oxidado y, en consecuencia, representan una alternativa viable para la conservación de las propiedades sensoriales de la leche.

**Palabras clave:** envases activos, leche, antioxidantes, análisis sensorial, compuestos volátiles.

### ABSTRACT

Milk flavor is highly related with ITS components, especially with fat content. Factors such as light, packaging material and storage conditions can produce lipid oxidation and favor changes in the sensorial characteristics of product. The aim of this study was to evaluate the effect of active packaging with different antioxidants: butylated hydroxyanisole, butylated hydroxytoluene and  $\alpha$ -tocopherol, on sensorial quality of whole milk powder. The panel members were trained to recognize the taste and smell of oxidized fat in milk and these results to be correlated with volatile compounds pentanal, heptanal and

<sup>1</sup> Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., CTAOV, AP 1735 Hermosillo, Sonora 83000, México.

<sup>2</sup> Programa de Ingeniería de Alimentos. Departamento de Alimentos. Facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia. A.A. 1226. Medellín, Colombia.

\* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: dgranda@farmacia.udea.edu.co

hexane quantified in milk samples using gas chromatography with solid phase microextraction. Sensorial tests showed changes in oxidized fat flavor in milk. The general correlation of these data and volatiles concentration allowed finding a moderate but significant correlation between oxidized fat flavor and the pentanal, hexanal and heptanal volatiles. In general, the active packaging with  $\alpha$ -tocopherol-butylated hidroxyanisole and  $\alpha$ -tocopherol presented low score in oxidized fat flavor, representing a viable alternative for the conservation of sensorial properties in milk during storage time.

**Keywords:** Active packaging, milk, antioxidants, sensorial analysis, volatile compounds.

## INTRODUCCIÓN

Según informes de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) y la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), el principal motor que mueve la producción y la comercialización de la leche entera deshidratada (LED) a escala mundial es la importación de los países en vías de desarrollo, que tienen una producción baja de LED y, generalmente, climas cálidos que dificultan el almacenamiento de la leche en condiciones adecuadas y a un costo razonable. Tradicionalmente, la LED ha sido importada con la finalidad de reconstituirla o incorporarla dentro de la formulación de gran cantidad de alimentos. En estos países, los programas de leche en las escuelas, así como las políticas de abastecimiento para un control de precios y el desarrollo de nuevos productos que incluyen leche en polvo en su formulación, ocasionarán en los próximos años un aumento de 40% en las importaciones de este producto (1). En el contexto de una demanda de importaciones en constante crecimiento, un tema fundamental es cómo responden los gobiernos, el sector privado y la academia a la conservación de la calidad del producto durante su envasado, comercialización y almacenamiento.

La LED contiene aproximadamente 26% de grasa, compuesta principalmente por ácidos grasos saturados e insaturados. La presencia de los ácidos grasos mono y poli-insaturados favorece el inicio de las reacciones de oxidación lipídica, principal causa de deterioro de la calidad del producto durante su almacenamiento y comercialización. El inicio del proceso de oxidación de los lípidos puede obedecer a factores como la luz, la temperatura, metales y algunos microorganismos, donde los ácidos grasos poli-insaturados y el oxígeno sirven de sustrato para desencadenar la producción de radicales libres y la formación de compuestos volátiles (2-4).

La oxidación de las grasas es uno de los problemas más preocupantes en la tecnología lechera,

debido a la alteración del aroma y sabor que causa en el producto. Varios investigadores han reportado compuestos volátiles específicos responsables de la alteración del sabor de la leche (5), identificando el 2-metilpropanal, n-pentanal, n-hexanal y heptanal como algunos de los compuestos relacionados con los cambios del sabor; asimismo se ha informado que el hexanal aporta el olor más intenso, seguido por compuestos como el nonanal, 1-octen-3-ol y D-decalactona.

La leche, en su estado natural, contiene bajas concentraciones de antioxidantes naturales, como  $\alpha$ -tocoferol y el ácido ascórbico, compuestos que brindan una protección al producto durante las primeras horas. Sin embargo, estos compuestos son degradados durante el proceso y almacenamiento del producto, y es necesario adicionar antioxidantes exógenos y dar la protección adecuada desde el material de envase para disminuir los procesos de oxidación lipídica (6).

Dependiendo de la presentación requerida para la comercialización de la LED, se han empleado diferentes tipos de materiales para su envasado; sin embargo, éstos no han sido garantía suficiente para proteger el producto frente a los factores extrínsecos que deterioran su calidad durante el almacenamiento. A la fecha se han realizado algunos esfuerzos dirigidos al desarrollo de nuevos envases para la leche deshidratada (4, 6, 7). En las últimas décadas también han surgido los denominados “envases activos”, caracterizados por interactuar con el alimento, manteniendo su calidad y seguridad y favoreciendo su conveniencia (8, 9). Esta modalidad de envases activos tiene la finalidad de prolongar la vida de anaquel de los alimentos sin la adición directa de aditivos y superar algunas debilidades del método tradicional para la aplicación de estos compuestos (8, 9). Incorporar los aditivos directamente en la formulación del producto, favorece una rápida reacción con el alimento y disminuye su efectividad en el tiempo. Por esta razón se agregan,

innecesariamente, cantidades extra de aditivos. Se ha evaluado la efectividad de diferentes envases activos con antioxidantes para disminuir la oxidación lipídica en productos como cereales de avena, aceites vegetales y leche entera deshidratada, entre otros (10-15). Aunque existe evidencia que sugiere la efectividad de esta tecnología en la LED, se requiere más estudios para evaluar el control del sabor oxidado en el producto envasado.

El objetivo del presente estudio fue diseñar un experimento para evaluar sensorialmente las muestras de LED almacenadas durante 91 días en diferentes envases activos, con los antioxidantes butil hidroxitolueno (BHT), butil hidroxianisol (BHA),  $\alpha$ -tocoferol y la combinación de los antioxidantes BHA- $\alpha$ -tocoferol. Se evaluó también la correlación del sabor oxidado, reportado por el panel sensorial, con las concentraciones de los compuestos pentanal, hexanal y heptanal, cuantificados mediante cromatografía gaseosa usando la técnica de micro extracción en fase sólida (CG-SPME).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

Para la elaboración de los envases activos se empleó polietileno de baja densidad (LDPE) Equistar M2520F® (Houston, TX), polietileno de alta densidad (HDPE) marca ExxonMobil Chemical 7960® (Houston, TX), y el etilén vinil alcohol (EVOH) Eval Resins PEP 136B® (Houston, TX); como adhesivo se incorporó la resina Admer®, de Mitsui Chemicals America, Inc. (NY). Para impedir el paso de la luz a través del envase se empleó dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) marca DuPont R104® (Wilmington, DE). Como antioxidantes se usó BHT, obtenido en Tokyo Chemical Industry (TCI), (Portland, OR); BHA, marca Sigma (St. Louis, MO), y  $\alpha$ -tocoferol (98% de pureza), adquirido en Alfa Aesar (Ward Hill, MA). La LED, con un contenido inicial de 28,0 mg g<sup>-1</sup> de BHA y 34,15 mg g<sup>-1</sup> de  $\alpha$ -tocoferol fue suministrada por la empresa Exkal S.A. (México, D.F.). Los estándares heptanal, hexanal y pentanal se obtuvieron en Fluka (México, D.F.), mientras que el 4-metil-2-pentanona se obtuvo en Sigma®.

### Elaboración de los envases activos

Para la elaboración de las películas con los antioxidantes BHT, BHA,  $\alpha$ -tocoferol y la combinación de BHA- $\alpha$ -tocoferol, se siguió el procedi-

miento descrito por Granda-Restrepo *et al.*, 2009 (15). Los envases activos multicapas se prepararon partiendo de cuatro formulaciones de polietileno de baja densidad (LDPE), mezclado con 1,5% de BHT, 1,5% de BHA, 4% de  $\alpha$ -tocoferol y una combinación de 1,5% de BHA y 4% de  $\alpha$ -tocoferol. Las concentraciones de antioxidantes se definieron teniendo en cuenta estudios previos de otros investigadores (10-15), en los que se confirma que los compuestos antioxidantes incorporados no alteran las propiedades del envase, y que después del proceso de extrusión permanecen en concentraciones suficientes para migrar al producto. La capa de polietileno con antioxidantes destinada a estar en contacto directo con el alimento fue co-extruida con el polímero etilén vinil alcohol (EVOH), ubicado en la capa intermedia del envase y usado como principal barrera al oxígeno; de igual forma se hizo una co-extrusión con polietileno de alta densidad (HDPE), mezclado con 7% de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>). Este último polímero quedó ubicado en la capa más externa del envase activo para impedir el paso de la luz. La estructura final de los envases fue: LDPE+ antioxidantes/EVOH/HDPE+TiO<sub>2</sub>. Como envase testigo se empleó una estructura similar sin antioxidantes. La co-extrusión de los materiales se efectuó en un extrusor de burbuja modelo planta piloto (Beutelspacher, México D.F.), ubicado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. campus Hermosillo. Aunque después del proceso de extrusión se degradó una parte de los antioxidantes, los envases activos quedaron con una concentración final de BHT, BHA,  $\alpha$ -tocoferol y la combinación de BHA -  $\alpha$ -tocoferol igual a 3,39 ± 0,13; 4,77 ± 0,35; 11,76 ± 0,49 y 6,4 ± 0,27; 11,65 ± 0,80 respectivamente (15).

### Envasado y almacenamiento de las muestras

La LED fue almacenada en bolsas de 10 x 6 cm, elaboradas a partir de los envases activos con BHT, BHA,  $\alpha$ -tocoferol y la combinación de los antioxidantes BHA- $\alpha$ -tocoferol. Las muestras de leche envasada se almacenaron a 30°C y fueron expuestas a luz fluorescente durante diferentes periodos de tiempo (0, 5, 45, 70 y 91 días); las condiciones de temperatura, luz y tiempo se definieron buscando favorecer el proceso de oxidación lipídica en la muestra y hacer un seguimiento del efecto de los antioxidantes. Transcurridos los respectivos tiempos, las muestras se separaron del envase, se guardaron en frascos de vidrio y se almacenaron en

congelación a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis sensorial y la evaluación de sus compuestos volátiles.

### Evaluación sensorial

#### *Preparación de las muestras para la etapa de entrenamiento*

La LED se reconstituyó con agua potable a  $40^{\circ}\text{C}$  hasta un 13% de sólidos, siguiendo las recomendaciones de la etiqueta del producto, fue asépticamente distribuida en botellas de vidrio y éstas se sellaron con tapas rosca de aluminio, se codificaron apropiadamente de acuerdo con el tiempo de exposición a la luz y se cubrieron con papel aluminio para evitar la oxidación bajo condiciones no controladas. Para buscar diferentes niveles de oxidación, las botellas se almacenaron a  $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$  por un período de tiempo de 4 horas (muestra ligeramente oxidada), 12 horas (muestra moderadamente oxidada), 24 horas (muestra oxidada), y 36 horas (muestra extremadamente oxidada), sin papel aluminio y bajo luz fluorescente perpendicular provista por dos lámparas (F48T12/CW/HO Cool White General Electric, Fairfield, CT, USA). Las lámparas emitieron 3170 lux en la superficie del contenedor, medidos con un luxómetro (SP-840020, Neurtek Instruments, Guipúzcoa, España). Transcurridos los tiempos de exposición, se cubrieron nuevamente con papel aluminio y se almacenaron en refrigeración ( $0$  a  $4^{\circ}\text{C}$ ) hasta la prueba sensorial.

#### *Etapa de entrenamiento*

Un grupo de 13 personas, compuesto por profesores y técnicos del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), A.C, Hermosillo, México, fue capacitado conforme a la Norma Técnica Colombiana NTC 4129 (Guía general para la selección, entrenamiento y seguimiento de evaluadores. Parte 1 y Parte 2 homologada de la Norma ISO 8586-1:1993) (16, 17), en pruebas del tipo perfil de sabor, según la Norma NTC 3929 (homologada de la ISO 6564) (18), y en pruebas de ordenación y pruebas triangulares según la Norma NTC 2681 (homologada de la ISO 4120:2004) (19). Los jueces fueron entrenados en 14 sesiones, aplicando las pruebas antes mencionadas en las muestras de leche reconstituida y expuestas a la luz durante diferentes tiempos.

Durante las sesiones de entrenamiento, los jueces aprendieron a reconocer el gusto y el olor de la leche entera oxidada. Cada una de las pruebas se hizo por triplicado. Las muestras fueron servidas

a  $25^{\circ}\text{C}$  en copas de vidrio y codificadas con tres dígitos escogidos al azar, como se muestra en la figura 1. Se eligió la temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  para evitar un enmascaramiento por frío de los compuestos volátiles y facilitar la evaluación por parte de los jueces. El tamaño aproximado de las muestras fue de 20 mL. Los jueces debían identificar la muestra diferente de otras dos (prueba triangular), ordenar de mayor a menor el grado de oxidación (prueba de ordenación) y/o hacer un perfil de sabor a la muestra en el atributo de interés (sabor oxidado). A cada juez se le entregó en la prueba un patrón de referencia de muestra extremadamente oxidada con el cual comparar y evaluar las muestras entregadas. Adicionalmente se les entregaron galletas sin sal y agua con unas gotas de limón, como borrador de sabor entre muestras (20, 21).



**Figura 1.** Presentación de las muestras de leche para las actividades de entrenamiento de los jueces del panel sensorial.

#### *Análisis sensorial de muestras experimentales*

Las muestras analizadas correspondían a leche entera deshidratada almacenada en los envases con los antioxidantes BHT, BHA,  $\alpha$ -tocoferol y  $\alpha$ -tocoferol-BHA durante 0, 5, 45, 70 y 91 días a  $30^{\circ}\text{C}$  y en presencia de luz. Las muestras fueron reconstituidas y analizadas por ocho miembros del panel sensorial, seleccionados por su capacidad para identificar constantemente el sabor oxidado en las muestras presentadas durante la etapa de entrenamiento. A los panelistas, en forma individual, se les presentaron muestras de leche de 20 mL a  $25 \pm 4^{\circ}\text{C}$ , en grupos de 3 muestras, con un descanso de 1 - 2 minutos entre los grupos de muestras y ellos

valoraron cada leche por la intensidad de su sabor oxidado en una escala de 0 a 5, donde 5 corresponde a un sabor extremadamente oxidado, y 0, a la ausencia de sabor oxidado.

### Extracción y cuantificación de los compuestos volátiles

La extracción y cuantificación de los compuestos volátiles se llevó a cabo siguiendo el procedimiento descrito por Granda-Restrepo *et al.*, 2009 (15).

### Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los compuestos volátiles se aplicó un diseño factorial completamente al azar con 5 tratamientos: envase BHT, envase BHA, envase  $\alpha$ -tocoferol, envase  $\alpha$ -tocoferol-BHA, y envase testigo. En el caso del análisis sensorial se aplicó un análisis de varianza y la diferencia entre las medias fue determinada con la prueba de Tukey-Kramer ( $p < 0,05$ ). Se hizo una correlación general de datos mediante Spearman (datos no normales), entre los valores de sabor oxidado y las determinaciones de los compuestos volátiles, empleando el paquete estadístico Number Cruncher Statistical Systems (NCSS 2001).

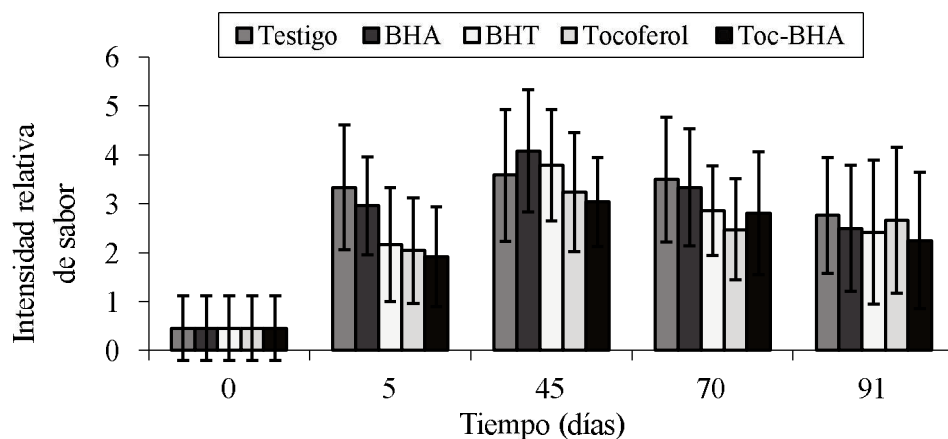
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto del tiempo de almacenamiento

La figura 2 muestra el cambio en la intensidad del sabor oxidado en las muestras de LED alma-

cnadas durante 91 días en los envases activos con diferentes antioxidantes. Al inicio del estudio los jueces del panel sensorial informaron que la LED empleada ya presentaba sabor oxidado. Lo anterior se puede explicar porque México es un gran importador de leche entera deshidratada y las reservas de este producto pueden permanecer almacenadas durante meses en condiciones extremas de temperatura. La LED empleada para el estudio registró concentraciones iniciales de hexanal ( $0,06 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) y heptanal ( $0,04 \mu\text{g mL}^{-1}$ ), que se incrementaron durante los 30 días de almacenamiento. Estas concentraciones iniciales de compuestos volátiles coinciden con las reportadas por otros investigadores (22, 23), que cuantificaron concentraciones de hexanal entre  $0,8-50,0 \mu\text{g kg}^{-1}$  en muestras frescas de LED y las atribuyeron a la alimentación de las vacas y al tratamiento térmico al que estuvo sometida la leche durante su procesamiento. Es importante resaltar que el sabor oxidado reportado por el panel sensorial de nuestro estudio puede obedecer a la presencia del hexanal y otros compuestos volátiles no cuantificados (5).

El día 5 de almacenamiento, todos los tratamientos demostraron un aumento en la intensidad de su sabor oxidado; sin embargo, la leche envasada en la película testigo sin antioxidantes obtuvo la calificación más alta en cuanto a este sabor. La leche que estuvo almacenada durante un tiempo igual, en los envases con la mezcla de los antioxidantes  $\alpha$ -tocoferol-BHA y  $\alpha$ -tocoferol, fue evaluada como la de menor sabor oxidado (figura 2).



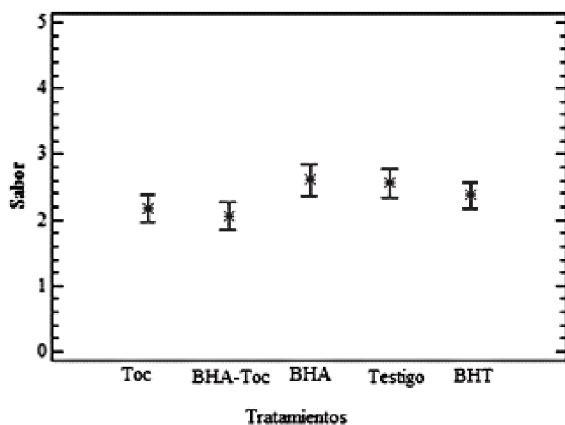
**Figura 2.** Intensidad relativa de sabor oxidado descrita por el panel sensorial en muestras de leche entera deshidratada almacenada en diferentes envases activos con antioxidantes. En la escala del eje Y, el 0 equivale a ausencia de sabor oxidado y el 5 a extremadamente oxidado.

Para el día 45 de almacenamiento todas las muestras revelaron un aumento en la intensidad del sabor a oxidado, mayor en las almacenadas en los envases con BHA, BHT y en el envase testigo (con  $p < 0,05$ , estas muestras no demostraron diferencias significativas en su intensidad del sabor oxidado). Por otro lado, las muestras de LED almacenadas durante 45 días en los envases con  $\alpha$ -tocoferol-BHA y  $\alpha$ -tocoferol, registraron una menor intensidad en su sabor oxidado, comparadas con las que contenían BHA y BHT.

Para los días 70 y 91 de almacenamiento, todas las muestras de LED exhibieron una leve disminución en la intensidad del sabor oxidado (figura 2) debida, posiblemente, a un avance en el proceso de oxidación que convierte las moléculas de pentanal, hexanal y heptanal, entre otras, en moléculas más pequeñas como acetaldehído, propanal y metilpropanal (24, 25) con un menor aporte en el sabor. Aunque las muestras de LED revelaron una disminución en la intensidad de su sabor oxidado, no existe diferencia significativa entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ).

### Efecto de los envases con antioxidantes sobre el sabor oxidado

Al aplicar el análisis de varianza para los diferentes envases con antioxidantes (tratamientos) durante el tiempo de almacenamiento, se advierte diferencia significativa entre ellos ( $p < 0,05$ ) (figura 3). Aunque al inicio del estudio la LED empleada ya presentaba oxidación, el panel de jueces encontró que las muestras almacenadas en los envases con  $\alpha$ -tocoferol-BHA y  $\alpha$ -tocoferol lograron mantener más baja la intensidad del sabor oxidado a lo largo de los 91 días de almacenamiento.



**Figura 3.** Sabor oxidado en cada tratamiento durante los 91 días de almacenamiento. En la escala del eje Y, el 0 equivale a ausencia de sabor oxidado y el 5 a extremadamente oxidado.

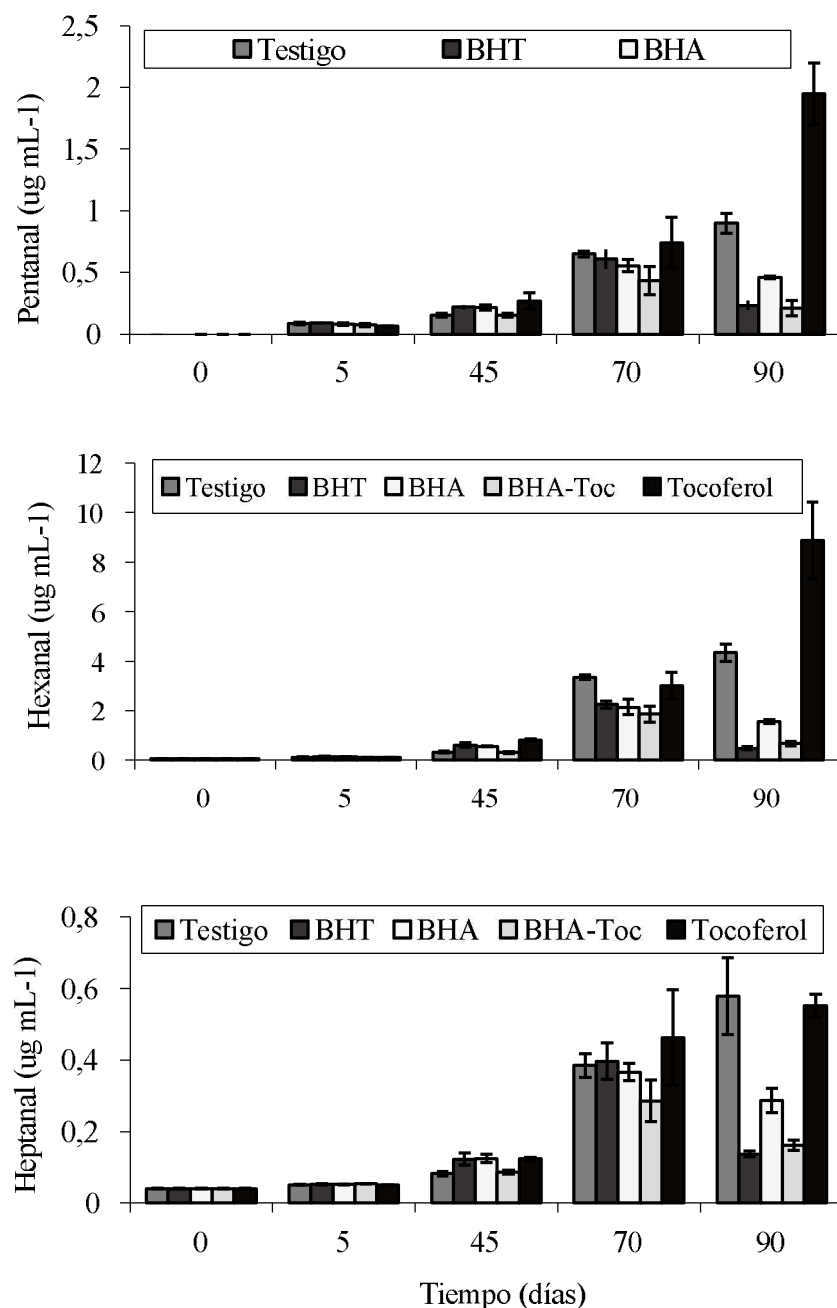
### Concentración de compuestos volátiles en la LED

A las mismas muestras almacenadas durante 91 días en los diferentes envases activos con antioxidantes se les cuantificó la producción de los compuestos volátiles pentanal, hexanal y heptanal, como respuesta de su oxidación lipídica. La técnica de cromatografía gaseosa con microextracción en fase sólida aplicada en el estudio requería estándares para la cuantificación de los compuestos volátiles y esto hizo necesario seleccionar los volátiles más representativos del proceso de oxidación lipídica. En la figura 4 se observa que, hasta el día 45 de almacenamiento, en todos los envases se dio un aumento gradual en la concentración de los compuestos volátiles, sin que se encontrara diferencia significativa entre los tratamientos.

Para el día 70 de almacenamiento ninguno de los tratamientos presentó diferencias significativas con respecto a la concentración de pentanal y heptanal en las muestras de LED. Sin embargo, para el mismo tiempo de almacenamiento, las muestras depositadas en los envases con BHT, BHA y  $\alpha$ -tocoferol-BHA, registraron concentraciones de hexanal significativamente más bajas que aquellas sometidas a los tratamientos testigo y con  $\alpha$ -tocoferol.

Para el día 91 de almacenamiento se observó que la concentración de pentanal, hexanal y heptanal seguía aumentando gradualmente en la LED almacenada en los envases testigo y con  $\alpha$ -tocoferol. En el envase activo con  $\alpha$ -tocoferol la concentración de pentanal y hexanal fue mucho mayor, reflejando un posible efecto pro-oxidante de la concentración de  $\alpha$ -tocoferol que contenía la LED al inicio del estudio y la concentración adicional que recibió desde el envase.

En el caso de la LED almacenada durante 91 días en los envases activos con BHT, BHA y  $\alpha$ -tocoferol-BHA se dio una disminución en la concentración de pentanal, hexanal y heptanal, probablemente por una degradación de los compuestos volátiles en moléculas más pequeñas. La disminución de antioxidantes en los envases después de 91 días, y la continuación del proceso de oxidación en el producto pudieron favorecer la formación de compuestos de menor peso molecular no cuantificados en el estudio. Hall *et al.*, 1985 (25) informaron que el tipo y la concentración de los antioxidantes empleados en las muestras de LED pueden cambiar la ruta de formación de compuestos aldehídos, favoreciendo, en algunos casos, la formación de etanal y butanal, mientras que en otros se propicia el incremento de compuestos como hexanal, heptanal y nonanal.



**Figura 4.** Concentración de pentanal, hexanal y heptanal en muestras de LED en diferentes envases activos con antioxidantes y almacenadas durante 91 días a 30°C. Los resultados son medias de 3 réplicas y las barras indican la desviación estándar.

Aunque no se dispone de los elementos suficientes para explicar lo que sucede en la LED después de 91 días de almacenamiento en los diferentes envases activos, con excepción del envase con  $\alpha$ -tocoferol, el comportamiento de los compuestos volátiles coincide en la disminución del sabor oxidado reportada por los jueces para el mismo tiempo de almacenamiento.

#### Correlación entre el sabor oxidado y los compuestos volátiles

Con el objetivo de buscar alguna relación entre el sabor oxidado reportado por los jueces sensoriales y las concentraciones de pentanal, hexanal y heptanal cuantificadas en las mismas muestras de LED almacenadas en los diferentes envases activos con antioxidantes, se hizo una correlación

general de datos mediante Spearman (datos no normales) entre los valores de sabor oxidado y las determinaciones de volátiles. Como se observa en la figura 5, se encontró una correlación moderada pero altamente significativa para los tres compuestos volátiles pentanal  $r = 0,48$   $p = 0,000077$ , hexanal  $r = 0,51$   $p = 0,000026$  y heptanal  $r = 0,42$   $p = 0,00074$ , que coincide con lo reportado por Lloyd *et al.*, 2008, 2009 (4, 23) quienes observaron correlaciones entre la intensidad del sabor grasoso en muestras de LED y la oxidación lipídica me-

didada a través de los compuestos hexanal  $r = 0,70$   $p = 0,0001$  y heptanal  $r = 0,65$   $p = 0,0001$ . Esto sugiere que el sabor oxidado hallado en las muestras de LED no se explica totalmente por la presencia de pentanal, hexanal y heptanal, como es de esperarse, porque en los estudios publicados se muestra que en los procesos de oxidación lipídica se generan más de 50 compuestos volátiles, que se complementan entre ellos para dar el sabor, entre otros el hexanal, que sólo explicaría una parte del sabor en las muestras de LED (25).

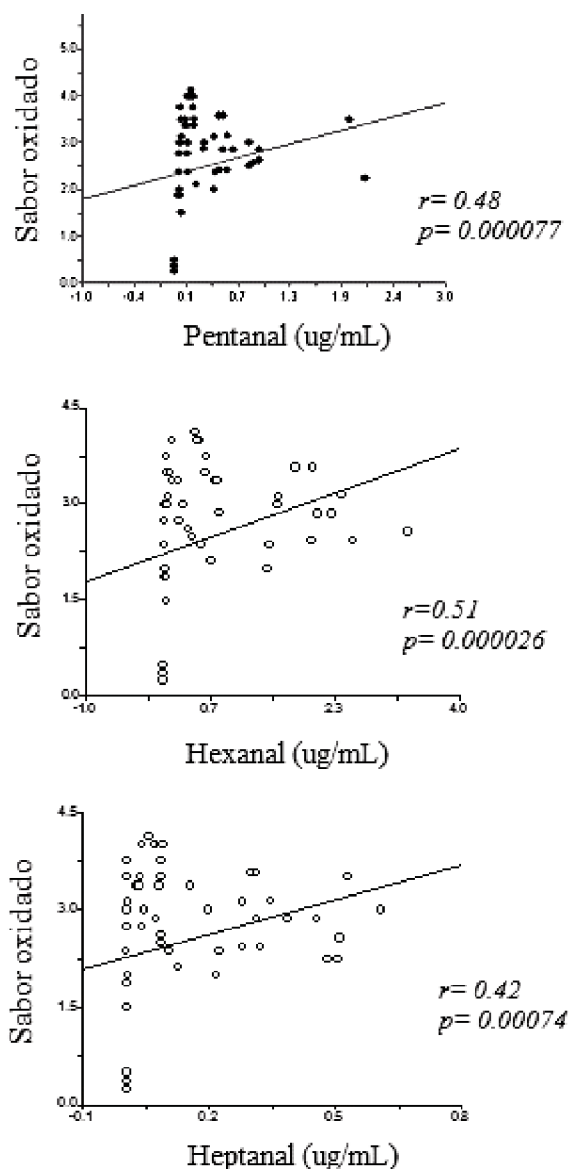
## CONCLUSIONES

Los análisis sensoriales del grupo de jueces entrenados indican que a lo largo del tiempo se presentaron cambios en las características de sabor oxidado de las muestras de LED. Las muestras almacenadas en los envases activos con  $\alpha$ -tocoferol-BHA y  $\alpha$ -tocoferol recibieron una menor calificación en este aspecto.

El estado inicial de oxidación en la muestra de LED empleada en el estudio impidió observar un mayor efecto del envase activo sobre la disminución del proceso de oxidación lipídica. Sin embargo, se confirmó una moderada relación entre el cambio en el sabor oxidado y el contenido de pentanal, hexanal y heptanal en las muestras de leche entera deshidratada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


1. Díaz ET. Indicadores y tendencias de la producción pecuaria en América Latina y Caribe [Internet]. Santiago (Chile): FAO Regional América Latina y el Caribe; 2007 [citado: 2010 Abr 07]. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/comisiones/codegalac/pdf/indicadores.pdf>
2. Eskin M, Robinson D (Ed.). Food shelf life stability: chemical, biochemical and microbiological changes. R. Washington: CRC Press; 2001. Eskin M, Przybylski. Antioxidants and shelf life of foods; p. 685-695.
3. Thomsen MK, Lauridsen L, Skipsted LH, Risbo J. Temperature effect on lactose crystallization, Maillard reactions, and lipid oxidation in whole milk powder. J Agric Food Chem. 2005 Aug 13; 53 (18): 7082-7090.
4. Lloyd MA, Hess SJ, Drake MA. Effect of nitrogen flushing and storage temperature on flavor and shelf-life of whole milk powder. J Dairy Sci. 2009 Jun; 92 (6): 2409-2422.
5. Mussinan CJ, Morello MJ. Flavor analysis: Developments in isolation and characterization. Cadwallader K, Howard C. Washington: ACS Symposium Series #705; 1998. Analysis of aroma active components of light activated milk. p. 343-358.
6. Van Aardt M, Duncan S, Marcy J, Long T, O'Keefe S. Release of antioxidants from poly (lactide-co-glycolide) film into dry milk products and food simulating liquids. Int J Food Sci Tech. 2007 Jun 18; 42 (11): 1327-1337.



**Figura 5.** Correlación general de los datos del análisis sensorial con los compuestos volátiles pentanal, hexanal y heptanal en LED almacenada en diferentes envases activos con antioxidantes, durante 91 días a 30°C.



7. Rehman S, Farkye N, Schaffner A. The effect of multiwall Kraft paper or plastic bags on physico-chemical changes in milk powder during storage at high temperature and humidity. *Int J Dairy Technol.* 2003 Feb; 56 (1): 12-16.
8. Kerry JP, O'Grady MN, Hogan SA. Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat Sci.* 2006 Sep; 74 (1): 113-130.
9. LaCoste A, Schaich KM, Zumbrunnen D, Yam LK. Advancing controlled release packaging through smart blending. *Packag Technol Sci.* 2005 Feb 1; 18 (2): 77-87.
10. Wessling C, Nielsen T, Leufvén A, Jägerstad M. Retention of  $\alpha$ -tocopherol in low-density polyethylene (LDPE) and polypropylene (PP) in contact with foodstuffs and food-simulating liquids. *J Sci Food Agr.* 1999 Aug 18; 79 (12): 1635-1641.
11. Wessling C, Nielsen T, Giacini J. Antioxidant ability of BHT and  $\alpha$ -tocopherol impregnated LDPE film in packaging of oatmeal. *J Sci Food Agr.* 2000 Nov 28; 81 (2): 194-201.
12. Wessling C, Nielsen T, Leufvén A. The influence of  $\alpha$ -tocopherol concentration on the stability of linoleic acid and the properties of low-density polyethylene. *Packag Technol Sci.* 2000 Apr 26; 13 (1): 19-28.
13. Torres-Arreola W, Peralta E, Soto-Valdez H, Cárdenas-López J, Ezquerro-Brauer M. Effect of a low density polyethylene film containing buthylated hydroxytoluene on lipid oxidation and proteins of sierra fish (*Scomberomorus sierra*) muscle during frozen storage. *J Agric Food Chem.* 2007 Jun 27; 55(15): 6140-6146.
14. Granda-Restrepo D, Soto-Valdez H, Peralta E, Troncoso-Rojas R, Vallejo-Córdoba B., et al. A. Migration of  $\alpha$ -tocopherol from an active multilayer film into whole milk powder. *Food Res Int.* 2009 Dec; 42 (10): 1396-1402.
15. Granda-Restrepo D, Peralta E, Troncoso-Rojas R, Soto-Valdez H. Release of antioxidants from co-extruded active packaging developed for whole milk powder. *Int Dairy J.* 2009 Aug; 19 (8): 81- 488.
16. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 4129. Análisis sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y seguimiento de evaluadores. Bogotá: ICONTEC; 1997. Parte 1: 2-12.
17. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 4130. Análisis sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y seguimiento de evaluadores. Bogotá: ICONTEC; 1997. Parte 2: 3-8.
18. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 3929. Análisis sensorial. Metodología, métodos de perfil de sabor: 2-7. Bogotá: ICONTEC; 2002.
19. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 2681. Análisis sensorial. Metodología, métodos de perfil de sabor: 2-8. Bogotá: ICONTEC; 1996.
20. Moyssiadi T, Badeka A, Kondyli E, Vakirtzi T, Savvaidis I, Kontominas MG. Effect of light transmittance and oxygen permeability of various packaging materials on keeping quality of low fat pasteurized milk: chemical and sensorial aspects. *Int Dairy J.* 2004 May; 14 (5): 429- 436.
21. Karatapanis AE, Badeka AV, Riganakos KA, Savvaidis IN, Kontominas MG. Changes in flavour volatiles of whole pasteurized milk as affected by packaging material and storage time. *Int Dairy J.* 2006 Jul; 16 (7): 750-761.
22. Ulberth F, Roubicek D. Monitoring of oxidative deterioration of milk powder by headspace gas-chromatography. *Int Dairy J.* 1995; 5 (6): 523-531.
23. Lloyd MA. Flavor and stability of whole milk powder [dissertation]. [North Carolina]: North Carolina State University; 2008. 46 p.
24. Choe E, Min D. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *CRFSFS.* 2006 Sep 29; 5 (4): 169-186.
25. Hall G, Andersson J, Lingnert H, Olofsson B. Flavor changes in whole milk powder during storage. The kinetics of the formation of volatile fat oxidation products and others volatile compounds. *J Food Quality.* 1985 May 31; 7 (3): 153-190.




**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**  
1803

# Make sure your publication is read worldwide...

## WRITE YOUR MANUSCRIPT IN ENGLISH

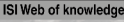







### and send it to Vitae

more info: <http://www.udea.edu.co/vitae/>  
[vitae@udea.edu.co](mailto:vitae@udea.edu.co)




REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA  
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA




**INDEXED IN:**

**NEW SCOPUS** refine your research



INDEXED IN ISI Web of Knowledge  
Current Web Contents

DIRECTORY OF OPEN ACCESS JOURNALS

[e-revist@s](mailto:e-revist@s)