

Efecto del envasado en atmosfera modificada sobre la conservación de la carne de ternera liofilizada

Effect of modified atmosphere packaging on freeze-dried beef meat conservation

Daisy Alice Vera y Aragón Quintero^{1*} y María Jesús Cantalejo Díez²

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Campus San Lorenzo. San Lorenzo. Paraguay.

² Departamento Tecnología de Alimentos, Universidad Pública de Navarra. Campus Arrosadía. Pamplona. España.

* Autor para correspondencia (daisy.verayaragon@agr.una.py)

Recibido: 10/09/2015; Aceptado: 21/04/2016.

Doi:10.18004/investig.agrar.2016.junio.15-21

RESUMEN

La carne liofilizada debidamente envasada puede ser almacenada por tiempo ilimitado, conservando la mayoría de sus propiedades físico-químicas y sensoriales semejantes a la carne fresca. La investigación consistió en envasar muestras de carne de ternera liofilizada con porcentaje de humedad residual inferior al 3%, actividad de agua por debajo de 0,2 y porcentaje de rehidratación entre 95 y 100%. El proceso de liofilización utilizado en el experimento fue el de aplicación de congelación rápida, 25 Pa de presión, 10 h de primer secado primario a 0°C y 3 h de segundo secado primario a 10°C de temperatura. Como el producto final debía conservar las propiedades por mucho tiempo y mantenerse estable microbiológicamente, se requirió de un envasado adecuado con baja permeabilidad a la transferencia al vapor de agua y al O₂. Para ello se realizaron varios ensayos de envasado en atmosfera modificada con distintas mezclas y concentraciones de gases (N₂ y CO₂) que favorecieron la conservación del producto, principalmente, el color, ya que es la propiedad física que se vio más afectada tras el proceso de liofilización. El valor de a* (tonalidad roja) de las muestras liofilizadas se mantuvo mejor en un envasado con una atmósfera de 80% N₂-20% CO₂ a lo largo del tiempo de almacenamiento. Sensorialmente, las muestras envasadas en 65% N₂-35% CO₂ fueron más blandas.

Palabras clave: liofilización, Carne de ternera, envasado en atmosfera modificada.

ABSTRACT

Freeze-dried meat, when properly packaged, may be stored for unlimited time, preserving most of its physico-chemical and sensory properties, like those of fresh meat. The research consisted on packaging freeze-dried meat samples with residual humidity content below 3%, a water activity value below 0,2 and a rehydration percentage between 95 and 100%. The freeze-drying process used was that of fast freezing application, a pressure of 25 Pa, first primary drying for 10 h at 0°C and a second primary drying for 3 h at 10°C. Since a condition is that the final product should keep its properties for a long time as well as remain microbiologically stable, a suitable packaging with low permeability to water vapour transfer and to O₂ was required. To meet this requirement, several assays were carried out with packaging in modified atmosphere using different mixtures and gas concentrations (N₂, & CO₂) thus favoring product's features preservation, mainly colour which was the most affected characteristic following the lyophilization process. The value of a* (redness) of the lyophilized samples, was best preserved in a 80% N₂-20% CO₂ atmosphere packaging over the storage period. Regarding meat's sensory properties, samples packaged in 65% N₂-35% CO₂ atmosphere were the most tender ones.

Key words: freeze-dried or lyophilization, beef meat, modified atmosphere packaging.

INTRODUCCIÓN

El envasado de los alimentos tiene como función fundamental la protección del producto de posibles contaminaciones o recontaminaciones. Es por ello que el envasado tiene cinco funciones principales: contención del producto, conservación y calidad, presentación y

comodidad, protección y extensión de la vida útil del producto (Shafiu Rahman 2007).

En cuanto al envasado en atmosfera modificada (EAM) este es un método que implica la eliminación del aire del

interior del envase y su sustitución por un gas o mezcla de gases; la mezcla de gases a emplear depende del tipo de producto. La atmósfera gaseosa cambia continuamente durante todo el periodo de almacenamiento, por la influencia de diferentes factores, como respiración del producto envasado, cambios bioquímicos y la lenta difusión de los gases a través del envase (Parry 1995).

Para la conservación de la carne fresca, la composición de la atmósfera debe ser rica en oxígeno, ya que favorece la conservación del color rojo de la carne. En caso contrario, adquieren tonalidades pardas y grisáceas poco atractivas para el consumidor (García 2006).

A diferencia de la carne fresca, los productos curados y cocidos mantienen sus colores característicos si se elimina el oxígeno del espacio de cabeza. En presencia de este gas, los pigmentos responsables del color se oxidan dando lugar a compuestos verdes, amarillos o incoloros. Además, la carne y sus derivados se envasan con materiales de baja permeabilidad al oxígeno y a la humedad para evitar las reacciones de oxidación y los problemas de deshidratación (García 2006).

Por ejemplo, para evitar la decoloración rosa del jamón curado, el contenido inicial de O₂ debería ser inferior al 0,5% (Moller et al. 2000). Nannerup et al. (2004) observaron que el aumento de O₂ lleva a una degradación del color rosa del jamón cocido. En otra investigación se concluyó que la reducción del nivel de iluminación puede evitar la decoloración (siempre y cuando el nivel de oxígeno sea bajo), pero en niveles de oxígeno por encima de, aproximadamente, 0,55%, el jamón cocido sufrió decoloración, independientemente del nivel de iluminación (Moller et al. 2003).

El objetivo de la investigación fue analizar los efectos del envasado en atmósfera modificada sobre el pH, color, textura y atributos sensoriales de las muestras liofilizadas, almacenadas durante veintiocho días (28 días) a temperatura ambiente para determinar la mejor mezcla de gases a ser utilizada en la conservación de carne de ternera liofilizada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron filetes de ternera de $4,65 \pm 0,86$ mm de espesor, procedentes del Matadero de Pamplona. La parte utilizada fue la babilla (corte español correspondiente a la cuadrada en el corte paraguayo). Los filetes fueron cortados en rectángulos pequeños de 4 cm de largo por 3

cm de ancho y posteriormente fueron colocadas en forma de cuadrícula en las bandejas de liofilizar. Para el proceso de liofilización se utilizó un liofilizador Telstar Lyobeta 25 a escala piloto. Dicho liofilizador está conectado al *Lyostarlab* que es un programa SCADA (Supervisión, control y adquisición de datos) especialmente diseñado y desarrollado para los procesos de liofilización de Telstar Industrial, S.L. Las condiciones del proceso de liofilización llevada a cabo fueron las siguientes: congelación rápida (3,50 h), -45°C de temperatura de congelación, 0°C de temperatura de primer secado primario durante 10 h, luego 10°C de temperatura de segundo secado primario durante 3 h y 25 Pa de presión.

Una vez finalizado el proceso de liofilización, las muestras fueron envasadas en atmósfera modificada para lo cual fueron utilizados dos gases diferentes: nitrógeno y dióxido de carbono, aplicados en distintas concentraciones y diferentes combinaciones (Tabla 1). Para ello se procedió a colocar las muestras en barquetas ovales H.50 de PP – EVOH – PP blanco 10/10 y posteriormente cerradas con film transparente P12 – 7060BXSTNP de PET 12 (PP – EVO – PP 70), con las siguientes características técnicas (datos suministrados por el fabricante – Tecnopack) :

- Espesor total: 82 micras (PET 12 micras, PP – EVO – PP 70 micras)
- Permeabilidad al O₂: < 1,5 ml/m²/24h/bar
- Permeabilidad al vapor de agua: < 4,5 g/m²/24h/bar

Para el envasado se utilizó una envasadora ILPRA Systems – CE 98 termosadatríci FP 2387 Basic - con ayuda de un mezclador de gases PBI Dansensor MAP Mix 9000 – 3/150V (Gas mixer). Para las mediciones de gases se utilizó un lector de gases Sistech – instruments Gaspac 2.

Tabla 1. Condiciones y combinaciones utilizadas para el envasado en atmósfera modificadas de las muestras de carne de ternera liofilizada.

Procesos	Tratamientos	Condiciones de envasado (%)	
		N ₂	CO ₂
Solo Liofilizado	EL 1	100	(--)
	EL 2	80	20
	EL 3	70	30
	EL 4	65	35
	EL 5	60	40

EL: envasado liofilizado

Para denominar a los tratamientos se utilizaron las siglas EL (envasado liofilizado) y en cuanto al número presentado en subíndice correspondió a las

concentraciones de gases aplicados: en primer lugar N₂ y en segundo lugar CO₂ (ejemplo EL2_{80 20}).

En el estudio comparativo fue necesario elaborar combinaciones crecientes de CO₂ donde se analizó el efecto de éste gas sobre las muestras de ternera liofilizadas de los tratamientos EL1₁₀₀, EL2_{80 20}, EL3_{70 30}, EL4_{65 35} y EL5_{60 40}. Así mismo fue necesario medir la evolución de concentración de los gases a lo largo de los 28 días de almacenamiento.

Los análisis realizados fueron: pH: Se midió con un pH-metro de punzón (Crison PH 25, con electrodo de pH de penetración 52-32, pH: 2-11) sobre seis muestras de carne liofilizada rehidratada de cada tratamiento.

Color: El color de las muestras fue medido por reflexión, utilizando un espectrofotómetro portátil (Minolta CM-2500d) y el espacio de color CIELab. El iluminante empleado fue el D65 y ángulo de observador 10°. Se analizaron los datos de L* (luminosidad), a* (rojo) y b* (amarillo). Para el análisis de carne liofilizada rehidratada se utilizaron seis muestras de cada tratamiento.

Textura: Con un Texturómetro TAXT2i (Aname) se registró la fuerza máxima (N) de rotura utilizando un penetrómetro de cilindro de 12 mm de diámetro, aplicando 50 N con una distancia de 12 mm a una velocidad de ensayo de 1,0 mm/s. Las mediciones se realizaron en las muestras liofilizadas rehidratadas cocinadas (diez muestras) de cada tratamiento. La cocción de las muestras se realizó a 80°C en un baño termostático JUBALO, durante 2 min.

Descripción de las características sensoriales: Se realizaron análisis sensoriales descriptivos a cada tratamiento, utilizando muestras de carne de ternera liofilizadas (rehidratadas y cocinadas). Las muestras fueron cocinadas a 80°C en un baño termostático JUBALO, durante 2 min. Los análisis fueron realizados por un panel de cata entrenado del laboratorio (10 catadores). Cada catador tuvo a su disposición las muestras de forma codificada. Para evitar el error de tiempo y el efecto de contraste, se aplicó la técnica de permutación descrito en la sección de manejo de muestras por Pedrero y Pangborn (1989). Para ello, fueron

utilizadas fichas de cata con una escala verbal de siete puntos. Los atributos evaluados fueron el aspecto, utilizando el modelo de ficha propuesto por Hunt et al. (1991), el perfil de textura para analizar el atributo dureza, utilizando el modelo de ficha propuesto por Lyon y Lyon (1991).

Los análisis de las propiedades químicas, físicas y sensoriales se realizaron los días 0, 7, 14, 21 y 28.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

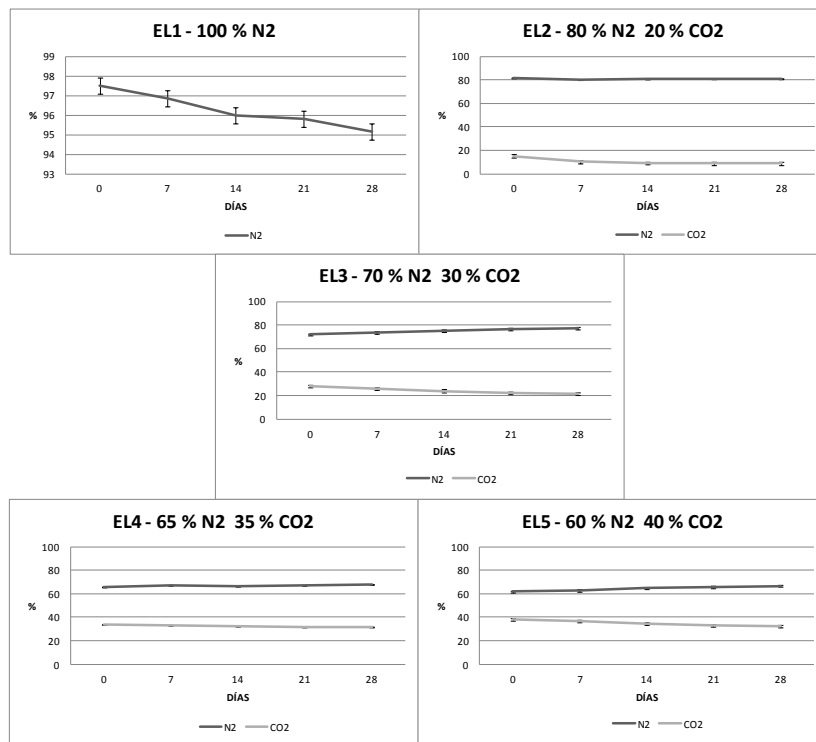
En la Figura 1 se observa la evolución de las diferentes concentraciones crecientes de CO₂ utilizadas en las distintas atmosferas modificadas ensayadas, teniendo como control el comportamiento individual de las muestras envasadas en 100% N₂.

En el caso del envasado con N₂ se observó que este gas fue disminuyendo gradualmente a lo largo del tiempo de almacenamiento. Esto pudo deberse a que el N₂ no llegó al 100% sino tan sólo al 98%, y el 2% restante debió corresponder al O₂ del ambiente que no fue totalmente eliminado durante el proceso de envasado y que, una vez dentro del envase y en contacto con el producto a lo largo del almacenamiento, fue aumentando debido a las características del producto liofilizado y a que el N₂ no fue eficaz en su función como gas de arrastre del O₂. Esto concuerda con Parry (1995) quien dice que la atmosfera gaseosa cambia continuamente durante todo el periodo de almacenamiento debido a varios factores.

Con relación a las combinaciones crecientes de CO₂ se observó que, a medida que aumentaba la concentración de N₂, disminuía gradualmente la concentración de CO₂.

Fue analizado y comparado el efecto de las diferentes concentraciones de CO₂ utilizadas en el envasado de las muestras liofilizadas.

En el caso del pH se observó que inicialmente el valor del pH de las muestras del tratamiento EL1₁₀₀ fue mucho más bajo que el pH de las muestras de los tratamientos EL2_{80 20}, EL3_{70 30}, EL4_{65 35} y EL5_{60 40} (Tabla 2).



EL: envasado liofilizado.

Figura 1. Evolución de la concentración de gases de los tratamientos EL1, EL2, EL3, EL4 y EL5 durante el almacenamiento.

Tabla 2. Efecto del envasado en atmosfera modificada sobre el pH de las muestras de los tratamientos EL1, EL2, EL3, EL4 y EL5.

Días	Condiciones de envasado				
	EL1 (100% N ₂)	EL2 (80% N ₂ 20% CO ₂)	EL3 (70% N ₂ 30% CO ₂)	EL4 (65% N ₂ 35% CO ₂)	EL5 (60% N ₂ 40% CO ₂)
0	5,55 ± 0,10 ^{Aa}	5,60 ± 0,04 ^{Ab}	5,72 ± 0,01 ^{Ac}	5,86 ± 0,19 ^{Ad}	5,69 ± 0,05 ^{Ab}
7	5,79 ± 0,02 ^{Ba}	5,73 ± 0,04 ^{Ba}	5,46 ± 0,05 ^{Bc}	5,88 ± 0,01 ^{Ad}	5,48 ± 0,03 ^{Bc}
14	5,76 ± 0,04 ^{Ba}	5,82 ± 0,03 ^{Cb}	5,63 ± 0,02 ^{Cc}	5,75 ± 0,19 ^{Ba}	5,66 ± 0,04 ^{Ac}
21	5,64 ± 0,03 ^{Ca}	5,70 ± 0,03 ^{Bb}	5,58 ± 0,02 ^{Dc}	5,62 ± 0,14 ^{Ca}	5,62 ± 0,03 ^{Aa}
28	5,66 ± 0,03 ^{Ca}	5,75 ± 0,03 ^{Bb}	5,74 ± 0,07 ^{Ab}	5,59 ± 0,02 ^{Cc}	5,75 ± 0,04 ^{Cb}

EL: envasado liofilizado. Letras mayúsculas en una misma columna indican para cada tratamiento diferencias significativas entre días. Letras minúsculas en una misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos.

Aunque en las muestras de todos los tratamientos analizados a lo largo del envasado, el pH presentó diferencias significativas, estos resultados estuvieron en un rango de 5,5 – 5,8 similar a lo indicado por Swatland (1995) quien manifestó que el valor del pH para carnes normales está entre 5,4 a 5,7. Esto sugirió que las condiciones de envasado utilizadas no afectaron de forma negativa al pH, coincidiendo con Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado (2000) quienes concluyeron que un producto liofilizado correctamente envasado retiene durante más tiempo las propiedades químicas de la carne en estado fresco.

El color es una de las propiedades físicas que mayor deterioro presentó como consecuencia del proceso de la liofilización, es por ello que con el envasado en atmosfera modificada se buscó mantener y/o mejorar el color de las muestras tratadas.

El valor de L* (luminosidad) de las muestras liofilizadas de los tratamientos, fue parecido al inicio del envasado, de manera que las muestras presentaron luminosidad alta (Figura 2). A partir del día 7, las muestras de los tratamientos EL1₁₀₀, EL2_{80 20}, EL3_{70 30} y EL5_{60 40} permanecieron sin cambios, mientras que las muestras del

EL4_{65 35} aumentaron ligeramente su valor de L*, presentando las muestras una tonalidad más clara. A lo largo del tiempo de envasado, el valor de L* de las muestras liofilizadas de los tratamientos fue variando de tal forma que se vieron las diferencias entre tratamientos, es decir, las muestras pasaron de claras a ligeramente oscuras y viceversa según el tratamiento dentro de un rango de 50 a 60 de L*.

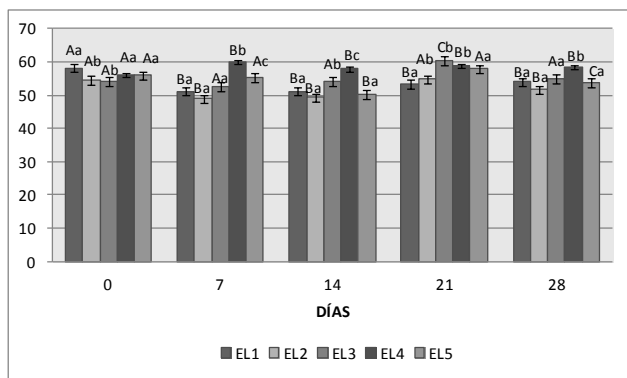


Figura 2. Efecto del N₂ y CO₂ sobre el valor de L* de las muestras liofilizadas de los tratamientos EL1₁₀₀, EL2_{80 20}, EL3_{70 30}, EL4_{65 35} y EL5_{60 40}. EL: envasado liofilizado. Letras mayúsculas indican, para cada tratamiento, diferencias significativas entre días. Letras minúsculas indican, para cada día, diferencias significativas entre tratamientos. Las barras de error representan el intervalo de confianza (95%) para la media.

No obstante las muestras que mantuvieron mejor sus características iniciales de luminosidad hasta el final del tiempo de envasado fueron las muestras de los tratamientos EL1 (100% N₂) y EL4 (70% N₂-30% CO₂). El efecto de la concentración de CO₂ en el valor de L* (luminosidad) de las muestras liofilizadas fue negativo; siendo aún más evidente el efecto negativo de éste gas en el valor de a* (rojo) de las muestras ya que se observó disminución de la tonalidad roja de las muestras liofilizadas (Figura 3).

Sin embargo, las muestras del tratamiento EL1₁₀₀ que sólo llevaron N₂ fueron más rojas a lo largo del almacenamiento. Esto pudo deberse a la ausencia de CO₂, ya que a este gas se le atribuyen reacciones adversas del color por altas concentraciones (Parry 1995; García 2006).

Las muestras del EL2 (80% N₂-20% CO₂) también conservaron mejor la tonalidad roja (a*) durante el tiempo de envasado, ya que se observa más rojas al final del envasado que las muestras de los otros tratamientos, lo

que pudo deberse a la baja concentración de CO₂, tal como indicaron Parry (1995) y García (2006).

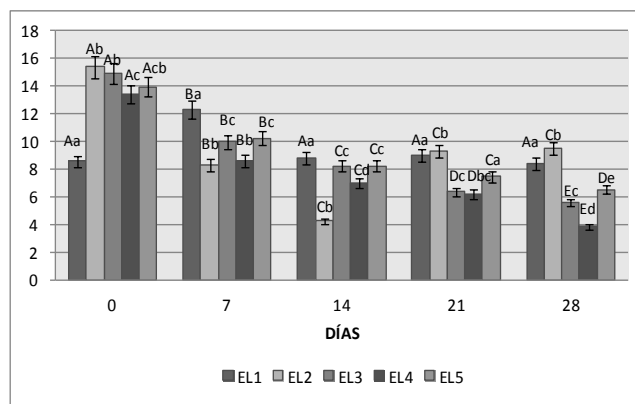


Figura 3. Efecto del N₂ y CO₂ sobre el valor de a* de las muestras liofilizadas de los tratamientos EL1₁₀₀, EL2_{80 20}, EL3_{70 30}, EL4_{65 35} y EL5_{60 40}. EL: envasado liofilizado. Letras mayúsculas indican, para cada tratamiento, diferencias significativas entre días. Letras minúsculas indican, para cada día, diferencias significativas entre tratamientos. Las barras de error representan el intervalo de confianza (95%) para la media.

En cuanto al valor de b* (amarillo) de las muestras liofilizadas del tratamiento EL1 se observa que hubo diferencias significativas respecto a los otros tratamientos el día 0 (Figura 4).

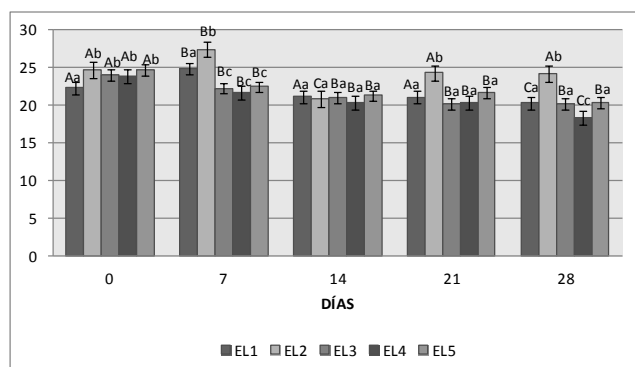


Figura 4. Efecto del CO₂ sobre el valor de b* de las muestras liofilizadas de los tratamientos EL1₁₀₀, EL2_{80 20}, EL3_{70 30}, EL4_{65 35} y EL5_{60 40}. EL: envasado liofilizado. Letras mayúsculas indican, para cada tratamiento, diferencias significativas entre días. Letras minúsculas indican, para cada día, diferencias significativas entre tratamientos. Las barras de error representan el intervalo de confianza (95%) para la media.

Inicialmente todos los valores de b* fueron altos en todos los tratamientos, posteriormente, fue disminuyendo

ligeramente, pero aun así las muestras fueron amarillas debido a que las muestras desde el principio fueron muy claras en cuanto a luminosidad y también por la disminución de la tonalidad roja a lo largo del tiempo de almacenamiento.

El valor de la tonalidad amarilla fue más alto en las muestras del tratamiento EL2_{80 20} a partir del día 7, disminuyendo el día 14 y volviendo a aumentar el resto de días.

En cuanto a la dureza obtenida a partir de la fuerza máxima de compresión, las muestras de los tratamientos EL1₁₀₀ y EL2_{80 20} inicialmente presentaron mayor fuerza de compresión que el resto, pero en los días posteriores la dureza disminuyó en las muestras de ambos tratamientos, aunque el último día de almacenamiento las muestras del tratamiento EL2_{80 20} fueron más duras que las del resto de tratamientos (Figura 5).

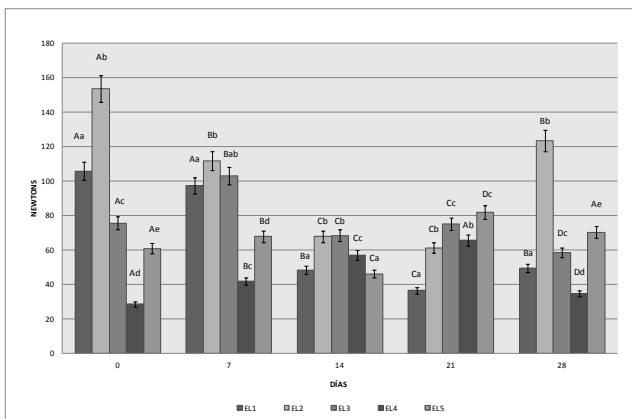


Figura 5. Evolución de la dureza de las muestras de los tratamientos EL1₁₀₀, EL2_{80 20}, EL3_{70 30}, EL4_{65 35} y EL5_{60 40}. EL: envasado liofilizado. Letras mayúsculas indican, para cada tratamiento, diferencias significativas entre días. Letras minúsculas indican, para cada día, diferencias significativas entre tratamientos. Las barras de error representan el intervalo de confianza (95%) para la media.

Las muestras del tratamiento EL4_{65 35} inicialmente fueron las que menor dureza presentaron; sin embargo, durante los siguientes días de envasado (días 7, 14 y 21) la dureza de las muestras fue aumentando progresivamente, volviendo a disminuir la dureza de las muestras el día 28 de almacenamiento, lo que pudo deberse a que el día 28 la concentración de N₂ fue en aumento mientras que el CO₂ disminuyó.

Asimismo, la dureza de las muestras de los tratamientos EL3_{70 30} y EL4_{65 35}, fue inicialmente baja y durante los siguientes días de almacenamiento fue en aumento, aunque siguió estando en un rango de fuerza de compresión baja.

Respecto a las propiedades sensoriales, el aspecto de las muestras EL2_{80 20} y el EL4_{65 35} se mantuvo mejor y estable a lo largo del tiempo de almacenamiento. En el caso del EL2_{80 20} coincidió con la evolución de la tonalidad roja de las muestras (Figura 6); el aspecto es un atributo de impresión visual por lo tanto la coloración influye en la valoración de los jueces. Esto concuerda con lo indicado por Shafiur Rahman (2007), en que el envasado es una barrera que mantiene muy bien la calidad sensorial de los productos respecto al aspecto.

Según estos resultados, una atmosfera rica sólo en N₂ conserva peor las características de impresión visual como el aspecto, ya que las muestras del tratamiento EL1₁₀₀ fueron consideradas con peor aspecto el día 28 de almacenamiento.

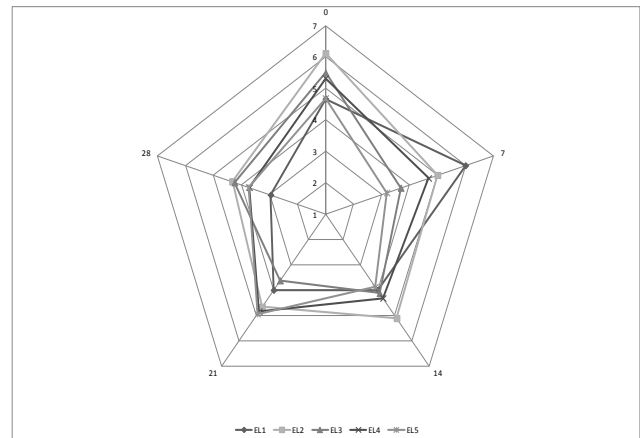


Figura 6. Evolución del aspecto de las muestras de los tratamientos EL1₁₀₀, EL2_{80 20}, EL3_{70 30}, EL4_{65 35} y EL5_{60 40}. EL: envasado liofilizado.

Así mismo, en cuanto al atributo dureza de perfil de textura fueron las muestras del tratamiento EL4_{65 35} las que mejor valoración obtuvieron, siendo calificadas como blandas. Estas características se mantuvieron ligeramente estables a lo largo del tiempo de almacenamiento. Del mismo modo, los resultados obtenidos instrumentalmente por las muestras de éste tratamiento concuerdan con la calificación dada por los jueces (Figura 7).

El día 28 de almacenamiento las muestras de los tratamientos EL1₁₀₀, EL2_{80 20} y EL5_{60 40} según la valoración de los jueces fueron las más duras, estas

calificaciones sensoriales concuerdan con los resultados instrumentales obtenidos.

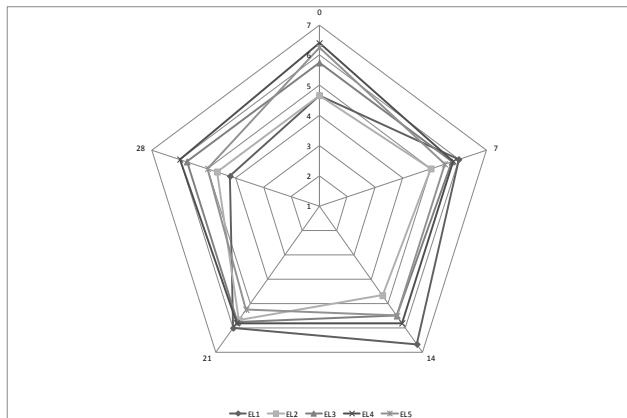


Figura 7. Evolución de la dureza de las muestras de los tratamientos EL1₁₀₀, EL2_{80 20}, EL3_{70 30}, EL4_{65 35} y EL5_{60 40}. EL: envasado liofilizado.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se puede afirmar que el tratamiento EL4_{65 35} es el que mejor conservó las características físicas, químicas y sensoriales de las muestras de ternera liofilizadas durante el tiempo de almacenamiento.

El tratamiento EL2_{80 20} resulta mejor en la conservación de la tonalidad roja (a^*) de las muestras y por lo tanto presentan un aspecto mejor valorado. Las muestras del tratamiento EL4_{65 35} también presentan buen aspecto en cuanto al mismo atributo.

Con todos estos resultados se concluye que los tratamientos EL2_{80 20} y EL4_{65 35} son las atmosferas más adecuadas para la conservación de carne de ternera liofilizada.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay y a la Universidad Pública de Navarra, España. A la Fundación Carolina y al Matadero de Pamplona, España.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Babić, J; Cantalejo, MJ; Arroqui, C. 2009. The effects of freeze-drying process parameters on Broiler chicken breast meat. *LWT – Food Science and Technology* 42:1325-1334.

Barbosa-Cánovas, GV; Vega-Mercado, H. 2000. *Deshidratación de alimentos*. Zaragoza, ES, Acribia. 314 p.

García Iglesias, E; Gago Cabezas, L; Fernández Nuevo, JL. 2006. *Tecnologías de envasado en atmósfera protectora: informe de vigilancia tecnológica*. Madrid, ES, Elecé. 143 p.

Hunt, MC; Anton, J; Benedict, RC; Confort, CR; Jeremiath, DP. 1991. *AMSA guidelines for meat color evaluation*. In *Proceedings 44 Annual Reciprocal Meat Conference (1991, Manhattan, US)*. US, Kansas State University. p. 3-17

Lyon, BG; Lyon, CE; 1991. Research note: shear value ranges by Instron Warner: bratzler and simple: blade allo: kramer devices that correspond to sensory tenderness. *Poultry Science* 70:188–191.

Moller, JKS; Jensen, JS; Olsen, MB; Skibsted, LH, Bertelsen, G. 2000. Effect of residual oxygen on colour stability during chill storage of sliced pasteurised ham packaged in modified atmosphere. *Meat Science* 54:399–405.

Moller, JKS; Jakobsen, M; Weber, CJ; Martinussen, T; Skibsted, LH; Bertelsen, G. 2003. Optimisation of colour stability of cured ham during packaging and retail display by a multifactorial design. *Meat Science* 63:169–175.

Nannerup, LD; Jakobsen, M; Berg, F; Jensen, JS; Moller, JKS; Bertelsen, G. 2004. Optimizing colour quality of modified atmosphere packed sliced meat products by control of critical packaging parameters. *Meat Science* 68:577–587.

Parry, RT. 1995. *Envasado de los alimentos en atmosfera modificada*. Madrid, ES, Antonio Madrid Vicente, 331 p.

Pedrero, D; Pangborn, RM. 1989. *Evaluación sensorial de los alimentos: métodos analíticos*. Mexico, MX, Alhambra Mexicana. 251 p.

Shafiur Rahman, M. 2007. *Handbook of food preservation*. 2 ed. US, Taylor y Francis. 1068 p.

Swatland, HJ. 1995. *Evaluación de la carne en la cadena de producción*. Zaragoza, ES, Acribia. 333 p.