

Importancia del envase en la conservación y transporte de carnes al vacío

L. O. Agazzi^{(1)*}, M. C. Strumia⁽¹⁾⁽²⁾, R. Toselli⁽¹⁾⁽³⁾

⁽¹⁾Facultad de Ciencias Químicas - UNC, Argentina.

⁽²⁾IMBIV-CONICET

⁽³⁾CEQUIMAP

*lagazzi@fcq.unc.edu.ar

Trabajo presentado en el IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba 2012 (CICYTAC 2012), organizado por MinCyT Córdoba, UNC y UCC del 14 al 16 de noviembre de 2012.



Resumen

En este trabajo se presentan los estudios comparativos de dos películas comerciales multicapa, "I", compuesta de Polietileno de alta densidad (HDPE)/Policloruro de vinilo (PVC)/Polietileno de alta densidad (HDPE) y "II", compuesta de Polietileno de alta densidad (HDPE)/Polietilentereftalato (PET), utilizadas para la envoltura y conservación de carnes al vacío. Se identificaron estructuralmente los polímeros de las diferentes capas y se realizaron diferentes estudios físico-químicos y microbiológicos con el objetivo de analizar el comportamiento de las mismas en función del tiempo. La carne envasada con la película II mostró elevadas poblaciones de microorganismos a partir del día 30 de control y un pronunciado pardeamiento antes del día 60 de almacenamiento. Ambos materiales son de alta barrera a oxígeno (O₂) y vapor de agua, pero la película "I" mostró menor permeabilidad al vapor de agua y mayor permeabilidad al O₂. La menor presión parcial de oxígeno dentro de la película "II" generaría condiciones favorables a la formación de metamioglobina, con el consiguiente pardeamiento temprano de la carne. La película "I" resultó mejor para este

tipo de envasado, lo que se puede atribuir a que reúne las propiedades óptimas de barrera para tal fin.

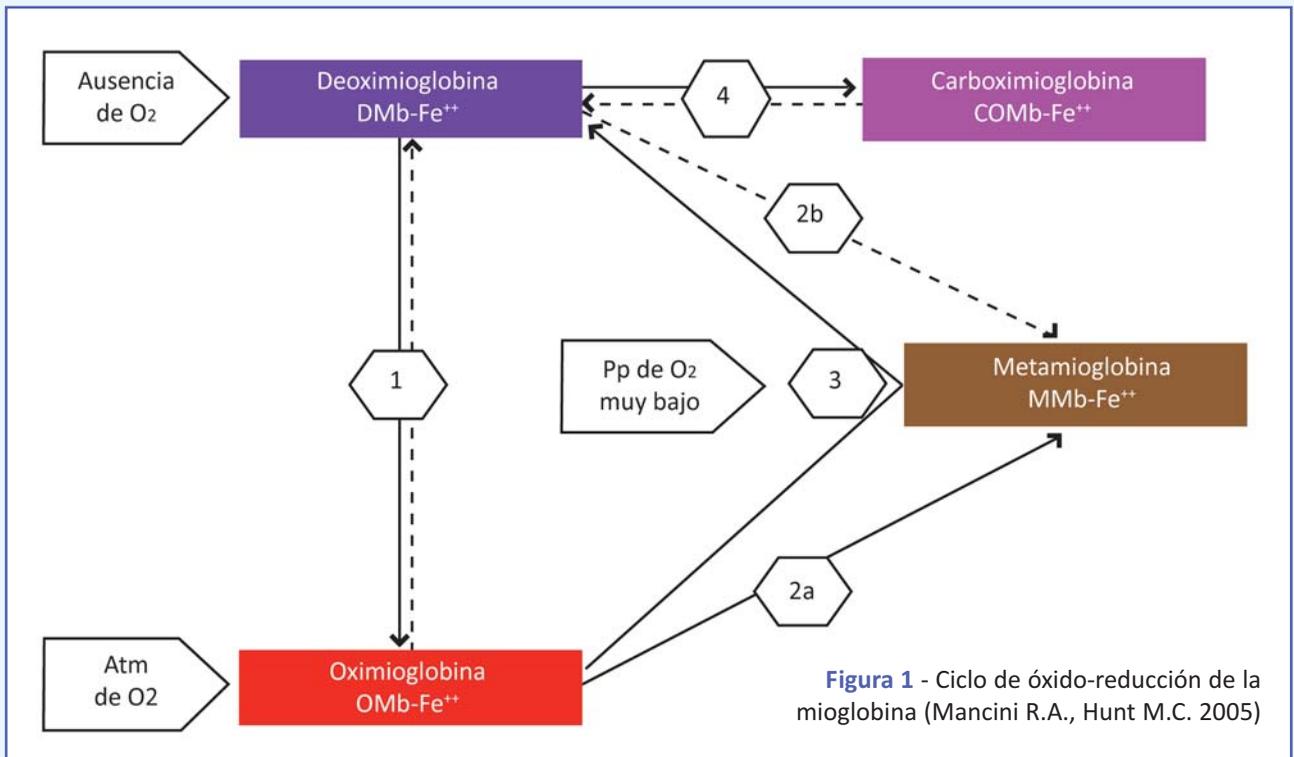
Palabras clave: envases multicapa, propiedades barrera, vacío, carnes.

Introducción

Los pigmentos de la carne están constituidos en un 80-90% por mioglobina y, en menor proporción, por hemoglobina y otros pigmentos respiratorios. La mioglobina es la principal responsable del color de la carne (Yúfera, P., 1982) La presión parcial de oxígeno tiene una influencia manifiesta sobre el estado de óxido-reducción (OR) del pigmento y, por consiguiente, sobre el color, como se puede ver en la figura 1. A elevadas presiones parciales de oxígeno se favorece la formación de la oximioglobina, de color rojo brillante, y a bajas presiones se produce la oxidación del átomo de hierro (Fe), formándose metamioglobina, de color pardo. Este último caso se suele presentar en el envasado de carnes al vacío, ya que se utilizan envases muy poco permeables al oxígeno. Este hecho puede producir problemas de comercialización, debido a que el consumidor asocia ese color pardo con el producido en la carne durante un largo período de almacenamiento. La metamioglobina formada puede ser convertida en mioglobina si en la carne existen condiciones reductoras adecuadas. (Yúfera, P., 1982) (Mancini R.A., Hunt M.C., 2005)

La alteración del color de la carne comienza con la formación de metamioglobina. Luego, por acción bacteriana, se produce la degradación de la estructura porfirínica formándose derivados pirrólicos de colores marrones, amarillos o incoloros (Yúfera, P., 1982).

La carne constituye un medio ideal para el crecimiento de microorganismos, especialmente bacterias, por lo que -salvo que se aplique un control eficaz- debe esperarse un rápido desarrollo de la flora microbiana. En la superficie externa y en el tracto intestinal del ganado existen antes del sacrificio gran número y gran variedad



de microorganismos. Cuando no se siguen estrictas normas higiénicas (POES y BPM) (Forsythe S.J., Hayes P.R. 2007), el sacrificio de los animales y las operaciones subsiguientes (como degüello, desollado, evisceración y despiece) originan la contaminación de los tejidos subyacentes que antes eran estériles (Yúfera, P., 1982). Obviamente será la superficie de corte del músculo recién hecha la que albergará la mayoría de los microorganismos contaminantes, pero el tejido profundo con el tiempo se contamina a partir del aporte de la sangre proveniente de las vísceras.

Las modificaciones que experimenta la flora microbiana desde el momento del sacrificio dependen, entre otros factores, del nivel de contaminación inicial, de las reservas del glucógeno del músculo, de la evolución que experimente al potencial redox y de la velocidad de enfriamiento. Después del sacrificio, el oxígeno almacenado en los músculos se agota, con lo que el potencial de OR cae hasta niveles muy bajos (condiciones de microaerofilia) o incluso negativos (condiciones anaeróbicas). La gran capacidad reductora del medio,

junto con la temperatura inicial alta (38°C), crean un ambiente ideal para el crecimiento de las bacterias anaerobias. Cuando la temperatura de la carne disminuye y el potencial redox aumenta debido al incremento de la relación área superficial/volumen, como consecuencia del corte y fileteado, la flora microbiana asociada experimenta cambios en su composición y comienzan a predominar bacterias mesófilas aeróbicas o anaeróbicas facultativas de origen entérico. Al descender la temperatura de almacenamiento por debajo de los 20°C, las bacterias mesófilas son sobrepasadas en crecimiento por la flora psicrótrofa. A temperaturas de 5°C se observa una fase de latencia manifiesta y a temperaturas próximas a 0°C se observa una caída inicial del número de bacterias viables. Este hecho se debe, probablemente, a la muerte o lesión de muchos tipos de bacterias a esta baja temperatura. (Jay J. M. 1992)

La carne es un producto alimenticio que puede ser almacenado para su comercialización y transporte en forma envasada. Los materiales de envasado utilizados por la industria alimentaria varían desde los muy



Más de 40 años de experiencia

Diseñamos y fabricamos centrales de frío a tornillo de acuerdo a sus necesidades

Fabricación de cámaras de frío y paneles según su requerimiento



AUDISIO
Refrigeración Industrial y Comercial



Contáctese con nosotros y conozca todo lo que podemos hacer por su empresa

Pregunte por nuestra línea de productos:

- * Centrales de frío
- * Equipos de aire acondicionado
- * Enfriadores de líquido
- * Ventilación
- * Calefacción
- * Cámaras de frío

Av. Mosconi 3234 (C1419EQY) Capital Federal - Argentina - Tel./Fax: (54-11) 4573-4448 (lín. rot) - audisio@frio-audisio.com.ar - www.frio-audisio.com.ar



Figura 2 - Desarrollo de colores anómalos en carnes envasadas al vacío

impermeables, empleados para el envasado al vacío, a los muy permeables, y desde los opacos a los transparentes (R. Scheichl, *et al.* 2005). Su materia prima está constituida por compuestos simples, como el polietileno (PE) y el policloruro de vinilo (PVC), o por componentes múltiples (mezcla de varios polímeros). Las carnes frescas se envasan generalmente en películas permeables al oxígeno con el fin de conservar el color rojo brillante de la mioglobina oxigenada. No obstante, en especial la carne bovina refrigerada que se distribuye envasada, se envasa por lo general deshuesada, en grandes piezas y al vacío, a pesar de las justas críticas a su pérdida de color. Como compensación, se limitan las pérdidas de peso por desecación, se prolonga la vida de almacenamiento y una vez abierto el envase, se regenera el color rojo normal de la carne. Posteriormente puede conservarse envuelta en películas permeables al oxígeno (Costamagna, V., *et al.* 2006), (Hiltner, A., *et al.* 2005).

La disponibilidad de oxígeno en el interior del envase ejerce una marcada influencia en la flora microbiana. Los materiales de envasado, por lo general, son más permeables al dióxido de carbono (CO₂) que al oxígeno (O₂) y la salida del primero contribuye a mantener el vacío del envase (Park, H., *et al.* 2003). La liberación de CO₂ en el interior del envase como consecuencia de la actividad microbiana inhibe a otros microorganismos. Puesto que los envases empleados no pierden agua, el desarrollo microbiano no se ve frenado por un descenso de la actividad del agua (a_w), sin embargo en el interior del envase sus efectos se subordinan a los del CO₂ y del O₂ (Yúfera, P., 1982), (Jay J. M., 1992).

Así, el color de la carne envasada es el resultado de una compleja interacción de factores que incluyen el estado de óxido-reducción de sus pigmentos propios, la actividad metabólica de la flora microbiana asociada, los cambios en la composición predominante de dicha

flora, las características de los materiales empleados en el envasado, la composición de la atmósfera en el interior del envase y las condiciones de almacenamiento del producto, entre otros (Figura 2).

El objetivo general planteado en el presente trabajo es realizar un estudio comparativo de dos envases plásticos multicapa de origen comercial, analizando las principales causas que generan el desarrollo de colores anómalos en carnes envasadas al vacío. En este caso particular, se propuso identificar los aspectos más relevantes que afectan el grado de conservación y las características organolépticas de los bloques de carne, estudiando los parámetros de calidad microbiológica y fisicoquímicos de las muestras envasadas y las propiedades barrera y mecánicas del material del envase.

Materiales y métodos

Las muestras de carnes fueron adquiridas en un frigorífico de la ciudad de La Pampa, los materiales plásticos, identificados como "I", compuesto por Polietileno de alta densidad (HDPE)/Policloruro de vinilo (PVC)/Polietileno de alta densidad (HDPE), y "II", compuesto por Polietileno de alta densidad (HDPE)/Polietilentereftalato (PET), fueron donados por una empresa del medio local y usados para envasar al vacío los bloques de carne. A partir del día de envasado (D0), las muestras se conservaron a una temperatura de (2,0 ± 0,5) °C. Los diferentes parámetros de estudio fueron evaluados a intervalos regulares de 30 días (D0, D30, D60, D90 y D120).

Los parámetros fisicoquímicos estudiados en la carne fueron: pH, acidez, actividad de agua (a_w), potencial redox y humedad, empleando las siguientes técnicas:

- Se determinó la humedad de las muestras de carne envasada por el método informado en la AOAC, para lo cual se secó una porción de muestra en la estufa durante 16 a 18 horas a 100-102°C (AOAC Official Method 950.46).
- La actividad de agua (a_w) se determinó con el método de la celulosa microcristalina (Vos P.T. y Labuza T.P., 1974). Este método se basa en calcular la cantidad de agua adsorbida por una cantidad de celulosa microcristalina (compuesto higroscópico) en equilibrio con el vapor del alimento, en un recipiente cerrado a una determinada temperatura.
- La acidez de la carne, expresada como ácido láctico, se midió mediante una adaptación de los métodos propuestos por la AOAC para determinar la acidez de los alimentos. Todos estos métodos se basan en una titulación potenciométrica (ácido base) con una solución alcalina de hidróxido de sodio sobre una solución preparada a partir del macerado de trozos de la muestra de carne y diluida en agua destilada (AOAC Official Method 920.174 y 920.43. 2005).

- El pH de la carne se determinó a través de una medición potenciométrica sobre la muestra, utilizando un pH-metro Sartorius (Professional Meter PP-20) y un electrodo de pH de membrana de vidrio (PYP11 Sartorius A102111013).

- El potencial de oxidación-reducción de la carne se estudió utilizando un electrodo de medida de potencial redox de platino, marca Hanna. Tanto el potencial redox como el pH se midieron directamente sobre el bloque de carne sin ningún tratamiento previo.

La evolución de la flora microbiana se evaluó a través de la determinación en cada punto de control (es decir en los días: 0, 30, 60, 90 y 120) del recuento de los siguientes grupos de bacterias: bacterias heterótrofas mesófilas, enterobacterias, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, anaerobios sulfitorreductores, *Pseudomonas* sp.; flora psicrófila, flora láctica, y mohos y levaduras (Forsythe S.J., Hayes P.R. 2007). Para todas estas determinaciones se utilizó como metodología de referencia la establecida por la FDA-BAM (AOAC) (Bacteriological Analytical Manual, FDA-BAM) y el CMMEF (APHA) (Downes F. P., Ito K. 2001).

En las muestras de material plástico se realizó la identificación química estructural, se midió el espesor, propiedades mecánicas y permeabilidad a oxígeno y vapor de agua, usando las siguientes técnicas y equipos:

- La identificación estructural de cada una de las capas que formaban las películas plásticas se realizó por espectroscopía de Reflectancia Total Atenuada (ATR), empleando un espectrómetro Nicolet 5-5X C FTIR. Las capas que formaban parte del envase fueron separadas luego de sumergir el material 24 horas en acetato de etilo.

- El espesor de las películas se midió con un micrómetro Schwyz modelo ESP1-0001PLA.

- Las propiedades mecánicas de los plásticos utilizados como envases fueron determinadas de acuerdo a una norma ASTM (ASTM (D882-02)), usando un equipo

Instron Universal Testing Machine (model 3342, Norwood, MA, USA) equipado con una celda de 500 N de capacidad. Se ensayaron ocho probetas (9 x 111 mm) de cada film utilizando una separación de agarre inicial de 110 mm y una velocidad del cabezal de 0,5 mm/s (Alvarez Igarzabal C.I. *et al.*, 2011).

La permeabilidad al vapor de agua se midió siguiendo una norma ASTM (ASTM (E96M-10)) mediante el método del desecante. Los ensayos fueron realizados a una temperatura constante de 25°C durante un tiempo de contacto de 22 días (Álvarez Igarzabal C.I. *et al.*, 2011).

La permeabilidad al oxígeno se midió en el equipo Plastimet S.A.I.C (Modelo PPG 2, Ind. Arg.).

Resultados y discusión

Con relación a los parámetros fisicoquímicos considerados (a_w , humedad, pH, potencial redox y acidez) y en base a los resultados obtenidos puede decirse que, independientemente del material de envase utilizado, el potencial redox tiende a hacerse más negativo, es decir que se generan condiciones reductoras por el consumo de oxígeno y la acidez aumenta a lo largo del período de almacenamiento. Este aumento puede estar vinculado a la acumulación de CO₂, que conlleva a la formación de ácido carbónico y/o a la acumulación de ácidos orgánicos, todos productos del metabolismo aerobio, microaerófilo y anaerobio facultativo de la flora microbiana asociada a la carne envasada.

En cuanto a los ensayos microbiológicos realizados (Figura 3), se obtuvo que las poblaciones microbianas en las carnes envasadas -aun cuando se conservaron a una temperatura muy baja de refrigeración (2,0 ± 0,5°C)- tendieron en el envase I a experimentar un marcado incremento hacia el día 60 de almacenamiento, éste se desaceleró hacia el día 90 de control, y a partir de ese momento las curvas poblacionales evidencian que los microorganismos entraron en un proceso de autolimita-



COOL TAINER
CONTENEDORES

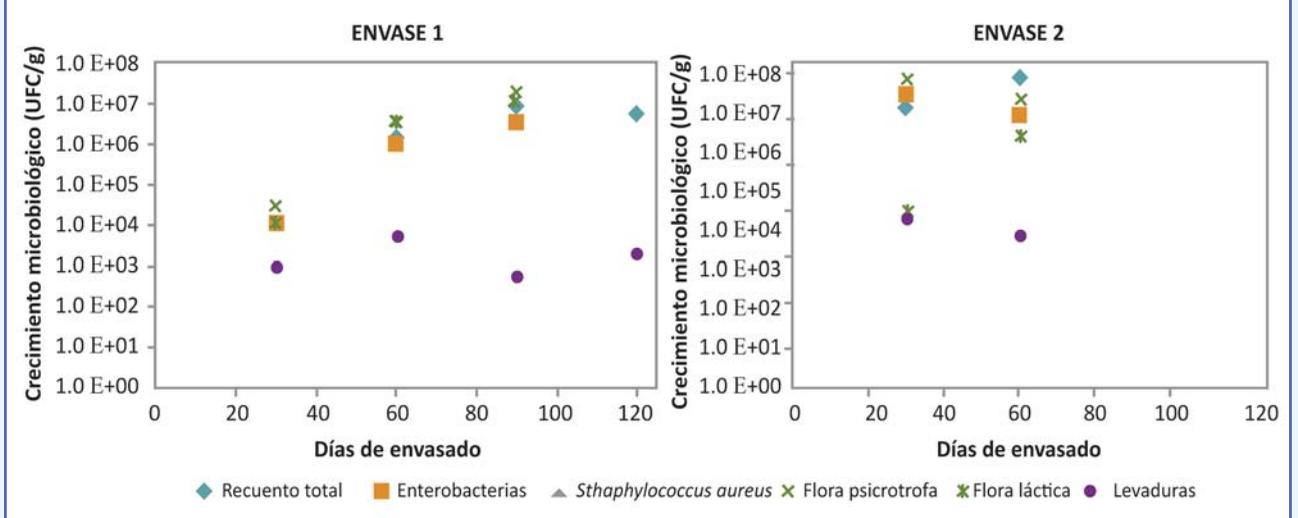
La solución instantánea a su problema de espacio frigorífico.

Con la última tecnología, todo para el almacenaje estático de mercadería perecedera.

CONTENEDORES DRY Y REFRIGERADOS. ALQUILER - VENTA

Leandro N. Alem 861 (1646) San Fernando Tel/Fax (5411) 4780.3551 / 4744.3270
info@cool-tainer.com.ar - www.cool-tainer.com.ar

Figura 3 - Comportamiento de la flora microbiana en cada uno de los envases



ción. Para el envase II, se observó al día 30 un marcado incremento de población y a los 60 días se evidenció el proceso de autolimitación. En ambos envases el orden de unidades formadoras de colonias fue de 10⁷-10⁸ U.F.C.

La identificación estructural de las diferentes capas de los envases y sus propiedades mecánicas más importantes se muestra en la tabla 1 y 2.

En el análisis de las propiedades mecánicas resumidas en la tabla 2 se puede observar que la película correspondiente a la muestra I es más flexible, mientras que la muestra II es más resistente y rígida. Estos comportamientos se atribuyen a que la primera presenta la mayor deformación al quiebre (D) y la segunda posee mayor resistencia a la tracción (>Ts). Por otra parte, se pudo comprobar por espectroscopía FT-IR que las películas no sufrieron cambios significativos en la estructura química a lo largo del periodo de almacenamiento.

El comportamiento obtenido para cada una de las muestras con respecto a la masa de agua absorbida en el ensayo de permeabilidad al vapor de agua en función del tiempo, se muestra en la figura 4. Como se puede observar, la velocidad de absorción al vapor de agua de la muestra I es notablemente inferior a la de muestra II.

Del gráfico anterior se utilizaron luego las pendientes de la regresión lineal correspondiente a cada uno de los envases con el fin de calcular, en primer lugar, la transmisión de vapor de agua (WVT) y la permeabilidad del film al vapor de agua (WVP) que se muestran en la tabla 3. Como se observa en la misma, la muestra II es tres veces más permeable al vapor de agua que la I.

En la tabla 4 se resumen las permeabilidades al oxígeno de cada película a los distintos días de envasado. Claramente se observa que, en ambos casos, las muestras varían poco la permeabilidad al oxígeno con el tiempo, pero que la muestra I es más permeable que la II.

Por antecedentes bibliográficos (González M.L., Riande E., 2006) se conoce que el PET posee menor permeabilidad al oxígeno que el PVC y mayor permeabilidad al vapor de agua que el PE. Es por esta razón que la muestra I, que tiene PVC como uno de los componentes de sus capas, posee mayor permeabilidad al oxígeno, a diferencia de la muestra II que tiene PET. Por otro lado, en cuanto a la permeabilidad al vapor de agua, la muestra I es menos permeable, ya que poseen polietileno de alta densidad (HDPE) en ambas capas superficiales, mientras que la muestra II tiene PET.

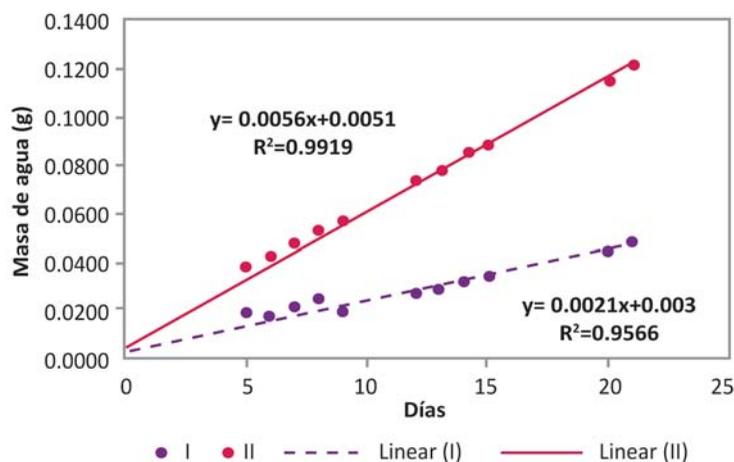
Tabla 1 - Identificación estructural de los envases

Envase	Espesor nominal (µm)	Espesor promedio (µm)	Componentes estructurales (Capas)
I	55	56,1	Polietileno de alta densidad (HDPE)/Poli cloruro de vinilo (PVC)/Polietileno de alta densidad
II	50	55,3	Polietileno de alta densidad/Poli etilenteraftalato (PET)

Tabla 2 - Propiedades mecánicas de los films sin envasar

Muestra	Extensión al corte (mm)	Deformación al quiebre (x 10 ²)	Carga al corte (N)	Resistencia a la tracción (Ts) [x 10+6 N/m ²]	Tiempo de corte (s)
I	55	56,1	56,1	56,1	56,1
II	50	55,3	55,3	55,3	55,3

Figura 4 - Masa de agua absorbida por las películas utilizadas en el envasado de la carne en función del tiempo



El conjunto de resultados obtenidos con relación a los indicadores microbiológicos, los parámetros fisicoquímicos considerados y los estudios llevados a cabo con los materiales de envasado parecen indicar que el factor crítico son las propiedades barrera de los materiales usados para el envase multicapa.

Conclusiones

Los distintos ensayos microbiológicos y físico-químicos en bloques de carne, junto a los estudios de los filmes usados para el envasado, permitieron obtener conclusiones importantes acerca de la interacción entre los materiales de envasado y las muestras de carne. Entre ellas vale destacar que, sin lugar a dudas, el envase correspondiente a la muestra I fue el que demostró mejores resultados para el envasado de carnes al vacío, ya que reúne las propiedades físico-químicas (flexibilidad, resistencia, multicapa de materiales barrera de uso reconocido) óptimas para tal fin. Sin lugar a dudas, una cierta permeabilidad al oxígeno es necesaria para regular la reacción redox que da origen a la metamioglobina, de color pardo en carnes.

Tabla 3 - Valores de permeabilidad de vapor de agua de cada film

Envase	WVT (g/díam ²)	Espesor del film (x10 ⁻⁶ m)	WVP (x10 ⁻¹⁵ g/Pams)
I	1,09	54 ± 2	3,00
II	2,88	61 ± 3	9,03

Tabla 4 - valores de permeabilidad al O₂ para los distintos films en los diferentes días de almacenamiento

Permeabilidad al oxígeno (cm ³ /día m ² atm)					
Muestra	Sin envasar	Día 30	Día 60	Día 90	Día 120
I	22,9 ± 0,5	12,9 ± 0,6	15 ± 3	15,8 ± 0,5	18,1 ± 0,3
II	7,1 ± 0,8	4,1 ± 0,9	3,1 ± 0,3	7 ± 1	-

Bibliografía

- AOAC Official Method 920.174 y 920.43. (2005). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist International, 18ª ed. MA, USA: AOAC International.
- AOAC Official Method 950.46. (2008). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist International, 18ª ed. MA, USA: AOAC International.
- Bacteriological Analytical Manual, FDA-BAM. (1995). 8ª ed. AOAC International.
- Costamagna V., Strumia M., López-González M, Riande E. (2006). Gas transport in surface-modified low-density polyethylene films with acrylic acid as a grafting agent. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 44: 2828-2840.
- Downes F. P., Ito K. (2001). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 4ª ed. APHA.
- Forsythe S.J., Hayes P.R. (2007). *Higiene de los alimentos, microbiología y HACCP*. 3ª ed. S.A. Zaragoza: Acribia. Pag. 489.
- González A., Strumia M.C., Alvarez Igarzabal C.I. (2011). Cross-linked soy protein as material for biodegradable films: Synthesis, characterization and biodegradation. *Journal of Food Engineering*, 106: 331-338.
- Hiltner A., Liu R., Hu Y., Baer E. (2005). Oxygen Transport as a Solid-State Structure Probe for Polymeric Materials: A Review. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 43: 1047-1063.
- Jay, J. M. (1992). *Modern Food Microbiology*. 5ª Edition. New York: Chapman and Hall Ed., pág. 661. ISBN: 0-412-07691-8.
- López-González M., Riande E. (2006). Criterios para conseguir materiales barrera a medida. *Revista de Plásticos Modernos*, 91: 241-248.
- Mancini R.A., Hunt M.C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71: 100-121.
- Park, H., Han, D. y Lee, Y. (2003). Effect of a UV/Ozone Treatment on Siloxane-Containing Copolyimides: Surface Modification and Gas Transport Characteristics., *Chemical Materials*, Vol. 15, págs. 2346-2353.
- Scheichl R., Klopffer M.H., Benjelloun-Dabaghi Z., Flaconnèche B. (2005). Permeation of gases in polymers: parameter identification and nonlinear regression analysis. *Journal of Membrane Science*, 254: 275-293.
- Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting. Standard, ASTM. West Conshohocken: ASTM International, (2002), (D882-02).
- Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials. Standard, ASTM. West Conshohocken: ASTM international, (2010), (E96M-10).
- Yúfera, Primo. (1982). *Tecnología de los productos alimenticios*. Segunda edición. Madrid: Editorial Alhambra.