

Modificación de la textura y el color de redondos de añejo por efecto del tratamiento con altas presiones hidrostáticas y el marinado en sales de calcio

Albertí P., Panea, B., Albertí C. y Ripoll, G.

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria
del Gobierno de Aragón

Avda. Montañana 930
50059 Zaragoza
palberti@aragon.es

Se presentan los resultados de un trabajo que valora la calidad final de redondos de añejo tras ser tratados con altas presiones hidrostáticas y marinados con sales de calcio, evaluando la variación de la terneza y el color que experimentan.

Introducción

La calidad de la carne se puede definir en términos de seguridad (control de patógenos, toxinas, residuos), aspectos tecnológicos (textura, maduración, envasado), sensoriales (terneza, jugosidad, sabor, color), dietéticos (composición química), de imagen (raza, sistema de producción, bienestar animal, marca, denominación, etc.). El color, precio, veteado y pieza son los factores más importantes al comprar la carne de vacuno, mientras que la terneza, flavor y jugosidad son los más relacionados con la satisfacción durante el consumo de carne de vacuno (Robbins *et al.*, 2003). En muchos países, los consumidores están dispuestos a pagar más por la carne de mayor terneza (Miller *et al.*, 2001). Las variaciones en la terneza de la carne se deben a diversos factores. La categoría de la carne (extra, primera, segunda y tercera) viene determinada por sus características intrínsecas tales como la proporción y las características del tejido conjuntivo (colágeno) y del tipo de fibras musculares (Geay *et al.*, 2001; Jeremiah *et al.*, 2003; To-



rescano *et al.*, 2003; Christensen *et al.*, 2011; Panea *et al.*, 2011) lo que determinará el tiempo de maduración y la forma de cocinado. Asimismo, también hay que considerar que existen diferencias en la valoración de la calidad instrumental y sensorial entre los distintos músculos (Wheeler *et al.*, 2001; Seggern *et al.*, 2005; Schreurs *et al.*, 2008; Panea *et al.*, 2011) e incluso dentro del mismo músculo (Renand *et al.*, 2001). Además, las modificaciones debidas al grado de madurez fisio-

Tabla 1. Diagrama de tiempos y tratamientos: control (C), alta presión (P), calcio (Ca) y combinado presión más calcio (PCa)

Tiempo post mortem	Tiempo de ensayo	Evento
Día 0	–	Sacrificio terneros
Día 5	–	Despiece canal, muestreo de 64 filetes de 3 cm y envasado a vacío
Día 6	–	Alta presión hidrostática (32 filetes)
Día 7	Día 0	Medida del color Lote C, envasado en bandeja con film (no P/ no Ca) Lote P, envasado en bandeja con film (sí P/ no Ca) Lote Ca, macerado en disolución Cl ₂ Ca (no P/ sí Ca) Lote PCa, macerado en disolución Cl ₂ Ca (sí P/ sí Ca)
Día 13	Día 6	Medida del color y textura
Día 20	Día 13	Medida de la textura

lógica del animal originará cambios en las características de cada músculo (Kirchofer *et al.*, 2002; Schreurs *et al.*, 2008). Por ello el tipo de músculo influye en una mayor proporción en la variación de la calidad sensorial de la carne que la raza o al sexo del animal.

Durante el proceso de maduración, la proteólisis *post-mortem* provoca el aumento de la terneza de la carne por un complejo proceso multi-enzimático (Kemp y Parr, 2012). Las calpaínas son proteasas activadas por el calcio, y la μ -calpaína y su inhibidor, la calpastatina regulan la degradación miofibrillar y son la principal fuente de variación de la terneza final de los músculos (Koochmarai, 1996; Koochmarai y Geesink, 2006). Algunos estudios sugieren que la concentración de Ca⁺⁺ a nivel celular en el músculo *post-mortem* es menor que el mínimo necesario para la activación de la calpaína (Boehm *et al.*, 1998). Por ello el tratamiento con soluciones de sales de calcio (Carr *et al.*, 2004; Gerelt *et al.*, 2005) o inyecciones de calcio se ha utilizado para mejorar la terneza de la carne (Harris *et al.*, 2001; Lawrence *et al.*, 2003; Bunmee *et al.*, 2014). La maceración de carne en disoluciones de sales de calcio aumenta la terneza de la carne al aumentar la actividad enzimática, pero altera su color y puede dar sabores anómalos (McArdle *et al.*, 2010), lo cual condiciona su empleo.

El tratamiento con altas presiones en carnes se está aplicando, especialmente en productos derivados del cerdo, para reducir el recuento total de microorganismos aerobios como una técnica alternativa a los tratamientos térmicos para alargar la vida útil de los productos (Fernández *et al.*, 2007) y para el control e inactivación de patógenos como *Salmonella* o *Listeria* (Hugas *et al.*, 2002).

Esta tecnología de altas presiones se está empleando comercialmente para la inactivación de microorganismos en productos cárnicos diversos: jamón fileteado, salchichas y otros productos del cerdo, pero también *steak tartar*, *carpaccio* o hamburguesas (Bajovic *et al.*, 2012). Se sabe que el tratamiento con altas presiones altera algunas características de la carne fresca como su color, debido a los cambios que sufre la mioglobina, y aumenta la oxidación lipídica (Cheftel y Culioli, 1997; McArdle *et al.*, 2010; Clariana *et al.*, 2011; Ma y Ledward, 2013). Este tratamiento también puede aumentar la proteólisis por los cambios enzimáticos que origina (Cheftel y Culioli, 1997) e influir en la mejora de la terneza final.

En un reciente estudio con carne de segunda categoría (aleta, m. *pectoralis profundus*), no tratada o bien tratada a distintas presiones (200 a 500 MPa), los consumidores valoraron a la carne tratada a 200 MPa de presión como la mejor por terneza, jugosidad, flavor y apreciación global, y manifestaron una mayor intención de compra (Sorenson *et al.*, 2011).

En la bibliografía consultada no hemos hallado ningún experimento en que se utilice a la vez las altas presiones y el tratamiento con calcio para mejorar la terneza de la carne de vacuno.

Objetivo del proyecto

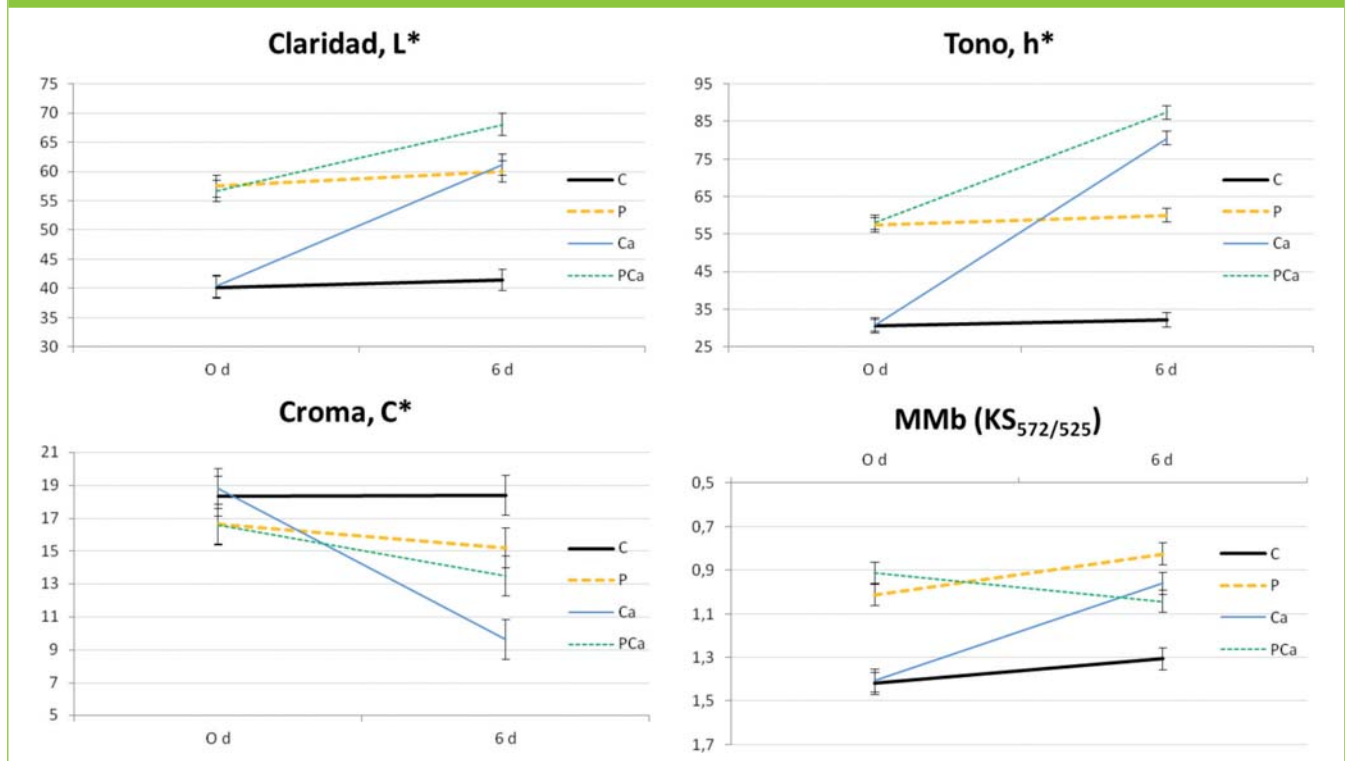
El objetivo de este trabajo fue valorar la calidad final de redondo de vacuno evaluando la variación de la terneza y el color al someterse a altas presiones hidrostáticas y al tratamiento con solución de calcio.

Material y métodos

Se utilizaron ocho redondos (m. *semitendinosus*) de 3,5 ± 0,39 kg de peso medio, de añajos sacrificados a los 13 meses, con un peso medio canal de 361 ± 37,0 kg de conformación U y engrasamiento 2. Se planteó un diseño factorial 2 x 2 x 2 de tratamiento de carne con altas presiones hidrostáticas (P), soluciones de calcio (Ca) y extensión de la maduración tras el tratamiento.

A los cuatro días del sacrificio las canales fueron transportadas a las instalaciones de Profesionales de la

Figura 1. Claridad (L^*) croma (C^*), tono (h^*) y metamioglobina (MMb) de filetes de redondo de los lotes: control (C), altas presiones (P), macerado en solución de Calcio (Ca), o P y Ca, a dos tiempos (0 y 6 días)



Carne S.L. (Villanueva de Gállego), donde al día siguiente fueron despiezadas (**tabla 1**). Se llevaron los redondos al laboratorio de calidad de carne del CITA de Aragón para realizar las pruebas de calidad. De cada redondo se cortaron 8 filetes de 3 cm de espesor perpendicularmente a la dirección de las fibras. El pH final se midió con un pH-metro Crison con sonda de penetración. Los filetes se envasaron al vacío y se mantuvieron en refrigeración a 4 °C. Al día siguiente, 4 filetes de cada animal fueron tratados con 600 MPa durante 6 minutos, con agua a 12 °C de temperatura como fluido de transmisión, en un equipo Hyperbaric Wave 6000 del IRTA de Monells, mientras que el resto se dejaron como control.

A los 7 días *post-mortem* (día 0 del ensayo) se sacaron todos los filetes del vacío, y se midió su color, tras 90 minutos de oxigenación, con un espectrofotómetro Minolta CM-2006. Se tomó por duplicado la claridad (L^*), el índice de rojo (a^*) y el índice de amarillo (b^*). A partir de estos datos se calcularon el tono ($h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$), la saturación ($C^* = [a^{*2} + b^{*2}]^{0.5}$) y la relación entre los valores K/S a 572 y 525 nm que está relacionada con el contenido de metamioglobina.

Después, se colocaron todos los filetes en bandejas individuales. La mitad de los filetes sometidos a presión y la mitad de los no sometidos a presión se sumergieron en una disolución 0,1M de cloruro cálcico y fueron mantenidos en una cámara a 4 °C en oscuridad, mientras que los otros filetes se dejaron cubiertos con film, en la cámara, refrigerados y en oscuridad.

La mitad de los filetes se mantuvo hasta el día 6 de ensayo y se midió el color y la textura. El resto estuvieron hasta el día 13, y sólo se midió su textura. La medida de la textura instrumental se realizó en un aparato Instron 4301 equipado con una célula Warner-Bratzler.

Para ello, las muestras, envasadas al vacío, se cocieron en un baño de agua hasta alcanzar una temperatura interna de 70 °C. Posteriormente, una vez frías se cortaron en paralelepípedos de 1 x 1 cm de sección, y se midieron el esfuerzo máximo y la dureza, expresados en N/cm². En el análisis estadístico de los resultados se utilizó el paquete estadístico XLSTAT 2014 (Addinsoft) usando el procedimiento Mixed y comparando las medias por el test de Tukey con $\alpha = 0,05$.

Foto 1. Filetes de redondo de ñojo envasados al vacío antes y después del tratamiento con 600 MPa de presión hidrostática



Resultados y discusión

El pH final de los redondos medido a los 5 días fue de $5,66 \pm 0,043$, que corresponde a un valor normal de animales no estresados.

Modificación del color

El tratamiento con alta presión alteró significativamente ($P < 0,0001$) todos los atributos del color (**figura 1**) aumentó la claridad, el índice de amarillo, el tono y la relación K/S 575:525 (metamioglobina) y disminuyó el índice de rojo y el croma. La carne pasó de tener un color rojo característico de carne fresca a un color rosado (**fotos 1 y 2**) de aspecto similar al de carne ligeramente cocida (Bajovic *et al.*, 2012). La carne, durante el tratamiento por alta presión a 600 MPa, aumenta varios grados de temperatura por el proceso adiabático (Ma y Ledward, 2013) lo que provoca la desnaturalización y oxidación de la mioglobina. Marcos *et Mullen* (2014) indicaron que las altas presiones disminuyen la solubilidad de las proteínas sarcoplasmáticas (mioglobina) y aumentan la de las miofibrilares, resultando un color más pálido y una disminución de la capacidad de retención de agua. La compactación provoca que los paquetes de miofibrillas se separen unos de otros y que en la superficie aparezcan proteínas coaguladas (**foto 2**). Cuando la presión no supera los 200 MPa el cambio

de color de la carne es ligero y los consumidores llegan a aceptarlo (Sorenson *et al.*, 2011). No obstante, el cambio de color que sufre la carne sometida a altas presiones hace que deba comercializarse no como carne fresca, sino dentro de la gama de productos cárnicos.

La maceración de la carne en sales de calcio durante 6 días también modificó significativamente el color de la carne, tanto el de la carne fresca como el de la tratada con alta presión. La claridad y el tono aumentaron y el croma disminuyó quedando muy por debajo de 18 (valor umbral de aceptación de carne fresca (Ripoll *et al.*, 2012)). Este cambio de color da un aspecto pálido ligeramente rosado a la carne. En la carne que además había recibido el tratamiento de alta presión aparecen irisaciones verdosas, como las que se dan por oxidación de la porfirinas de la mioglobina (**foto 3**). La alteración del color de la carne por el tratamiento con sales de calcio, ya sea cloruro, lactato o ascorbato se relacionó con la oxidación de la mioglobina (Lawrence *et al.*, 2003). Estos cambios del color serían percibidos como negativos por los consumidores. Además, estos tratamientos producen efectos adversos en las cualidades sensoriales como el flavor o la aceptabilidad del producto (Bunmee *et al.*, 2014). Hay que tener en cuenta que al someter la carne a un proceso de maceración, y por tanto perder sus características, ya no puede considerarse carne fresca y debe comercializarse como un producto cárnico, al igual que sucedía con la carne sometida a altas presiones.

Modificación de la textura

El tratamiento con alta presión hidrostática aumentó significativamente ($P < 0,0001$) el valor del esfuerzo y la dureza (**tabla 2**), mientras que el tratamiento con calcio disminuyó el valor del esfuerzo ($P < 0,03$) aunque que no modificó el valor de dureza. La interacción de la alta presión y cloruro cálcico no fue significativa, ($P > 0,05$) por lo que sólo se discuten los efectos principales. El tiempo extra de maduración (de 6 a 13 días) no tuvo ningún efecto en la textura de la carne. De estos resultados se desprende que la carne se compactó por efecto de la presión dando un mayor esfuerzo al corte (aumento del 71%) y mayor dureza (aumento del 33%), mientras que por efecto del calcio, la proteólisis aumentó, haciendo disminuir el esfuerzo al corte un 6%, aunque no varió la dureza. La disminución de la dureza de la carne por efecto del calcio también fue obtenida en otros estudios, ya que la dureza al corte disminuyó un 33% en carne marinada en CaCl_2 y además fue más tierna y mejor valorada por un panel de consumidores (Carr *et al.*, 2004) y no se detectaron

Foto 2. Filetes de redondo de añejo sin tratar y otros tratados con 600 MPa de presión hidrostática

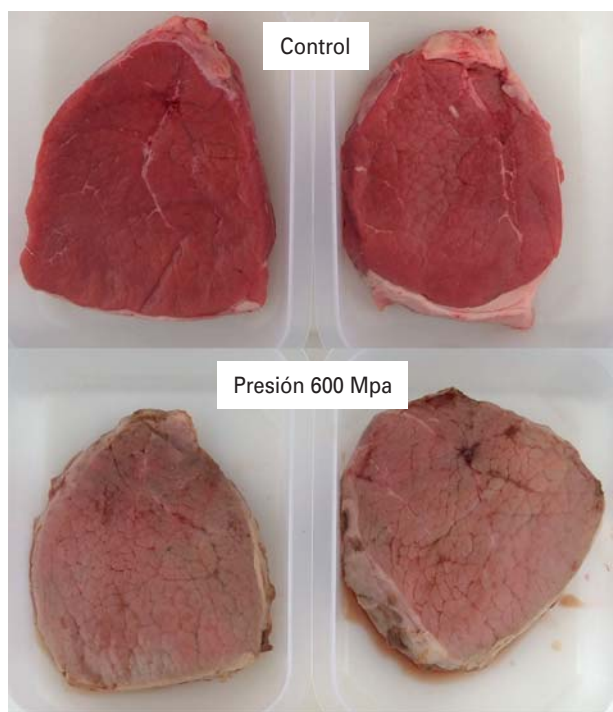
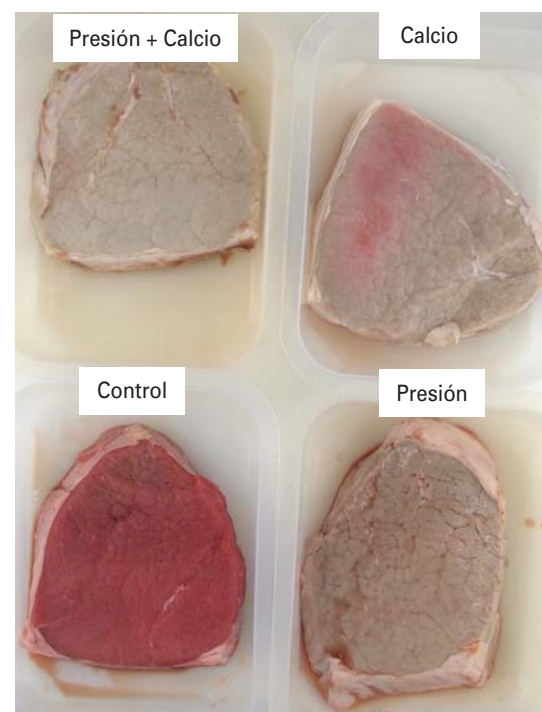


Foto 3. Aspecto de los filetes de redondo a los 13 días del sacrificio y 6 días del tratamiento



flavores desagradables (Miller *et al.*, 1995). Sin embargo, otros estudios encontraron sabores amargos (Pérez *et al.*, 1998; Harris *et al.*, 2001) y efectos adversos en los parámetros de calidad de la carne (Bunmee *et al.*, 2014). En otros experimentos se ha visto que la disminución de la dureza dependía de la dosis, ya que el tratamiento con soluciones 0,3 M de sales de calcio disminuía mucho más la dureza de la carne que las soluciones 0,1 M, aunque también las mayores concentraciones ocasionaron mayor intensidad de sabores desagradables (Lawrence *et al.*, 2003).

Las dos medidas de la textura de la carne, dureza y esfuerzo, tuvieron diferente nivel de significación según el tratamiento. La medida del esfuerzo al corte estaría más correlacionada con las miofibrillas, ya que aumentó por la compactación sufrida por la presión, pero disminuyó por la mayor actividad proteolítica de la solución de calcio. Sin embargo, la medida de dureza se correspondería con el alto contenido de colágeno del redondo (>5 mg/g) (Torrescano *et al.*, 2003; Chriki *et al.*, 2013) que por su estructura elástica no sufre tanta compactación debida a la presión, pero tampoco aumenta su degradación por efecto del calcio y las enzimas musculares. El aumento de la dureza de esta

carne debida al tratamiento con alta presión se debe a la compactación y reordenación de la estructura tras el desdoblamiento y desnaturalización de las proteínas miofibrilares y sarcoplasmáticas (Clariana *et al.*, 2011) y al acortamiento del sarcómero (Jung *et al.*, 2000). Si el tratamiento con presión hubiese ido acompañado de alta temperatura (60 a 70 °C) se podría haber producido una disminución de la dureza debido a la parcial desnaturalización del colágeno (Ma y Ledward, 2004).

En las muestras sometidas a los tratamientos, la actividad del calcio se vio condicionada por las altas presiones ya que estas disminuyen o inactivan la actividad de la calpaína, aunque aumentan la actividad de la cathepsina por la rotura de los lisosomas (Ma y Ledward, 2013).

Respecto al efecto del tiempo de maduración, el aumento de siete días más de maduración (de 13 hasta 20 días del sacrificio) ya no tuvo efecto en la textura de la carne, ni del control ni de la carne que fue sometida a los distintos tres tratamientos. Se evidenció, como en estudios previos, que el redondo es una pieza que madura en los primeros días y un alargamiento del tiempo de maduración no hace disminuir su dureza básica (debida al colágeno) y aumentar su terneza (Albertí *et al.*, 2014).

Tabla 2. Valores de textura de los redondos sometidos a alta presión hidrostática y/o solución de calcio y mantenidos después durante 6 o 13 días

	Alta presión			Cloruro de calcio			Maduración		
	Sí	No	E.E.	Sí	No	E.E.	6d	13d	E.E.
Esfuerzo (N/cm ²)	73,2 ^a	42,7 ^b	2,14	56,1 ^b	59,8 ^a	1,73	57,9	58,0	2,49
Dureza (N/cm ²)	21,2 ^a	16,0 ^b	1,11	19,3	18,0	1,34	18,2	19,1	1,04

Conclusiones e implicaciones comerciales

La tecnología de las altas presiones se está empleando comercialmente para la inactivación de microorganismos en productos cárnicos. Algunos estudios apuntan la posibilidad de mejorar la textura de la carne empleando las altas presiones o el tratamiento con sales de calcio para obtener carne más tierna.

Sin embargo, el empleo de altas presiones en la carne fresca de vacuno no parece que vaya a tener interés comercial de momento, ya que se altera el color y no mejora la terneza sino que la disminuye. El tratamiento con sales de calcio disminuye ligeramente la dureza de la carne pero también altera su color. Además, hay que tener en consideración que por el tratamiento con alta presión o con soluciones de calcio, deja de ser carne fresca y pasa a ser un derivado cárnico, según la reglamentación actual (DOUE, 2004; BOE, 2014).

Agradecimientos

Proyecto DRU-2014-02-50-00-IFO-00740020008, cofinanciado por FEADER y el Gobierno de Aragón y al eje 1 del Programa de Desarrollo Rural.

Referencias bibliográficas

- **Albertí, P., Ripoll, G. y Panea, B.** (2014). Calidad sensorial de la carne de ternera según el corte comercial. *eurocarne*, 230, 58-68.
- **Bajovic, B., Bolumar, T. y Heinz, V.** (2012). Quality considerations with high pressure processing of fresh and value added meat products. *Meat Science*, 92(3), 280-289.
- **BOE.** (2014). Real Decreto 474/2014, de 13 de junio, por el que se aprueba la norma de calidad de derivados cárnicos. *BOE* nº 147 pág.46058-46078.
- **Boehm, M. L., Kendall, T. L., Thompson, V. F. y Goll, D. E.** (1998). Changes in the calpains and calpastatin during postmortem storage of bovine muscle. *Journal of Animal Science*, 76(9), 2415-2434.

- **Bunmee, T., Jaturasitha, S., Kreuzer, M. y Wicke, M.** (2014). Can calcium chloride injection facilitate the ageing-derived improvement in the quality of meat from culled dairy cows? *Meat Science*, 96(4), 1440-1445.
- **Carr, M. A., Crockett, K. L., Ramsey, C. B. y Miller, M. F.** (2004). Consumer acceptance of calcium chloride-marinated top loin steaks. *Journal of Animal Science*, 82(5), 1471-1474.
- **Clariana, M., Guerrero, L., Sárraga, C., Díaz, I., Valero, Á. y García-Regueiro, J. A.** (2011). Influence of high pressure application on the nutritional, sensory and microbiological characteristics of sliced skin vacuum packed dry-cured ham. Effects along the storage period. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(4), 456-465.
- **Cheftel, J. C. y Culioli, J.** (1997). Effects of high pressure on meat: A review. *Meat Science*, 46(3), 211-236.
- **Chriki, S., Renand, G., Picard, B., Micol, D., Journaux, L. y Hocquette, J. F.** (2013). Meta-analysis of the relationships between beef tenderness and muscle characteristics. *Livestock Science*, 155(2-3), 424-434.
- **Christensen, M., Ertbjerg, P., Faila, S., Sañudo, C., Richardson, R. I., Nute, G. R., Olleta, J. L., Panea, B., Albertí, P., Juárez, M., Hocquette, J. F. y Williams, J. L.** (2011). Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds. *Meat Science*, 87(1), 61-65.
- **DOUE.** (2004). Reglamento (CE) No 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal. *DO L* 226 de 25.6.2004, p. 22.
- **Fernández, P. P., Sanz, P. D., Molina-García, A. D., Otero, L., Guignon, B. y Vaudagna, S. R.** (2007). Conventional freezing plus high pressure-low temperature treatment: Physical properties, microbial quality and storage stability of beef meat. *Meat Science*, 77(4), 616-625.
- **Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J. F. y Culioli, J.** (2001). Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in

- ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reproduction Nutrition Development*, 41(1), 1-26.
- **Gerelt, B., Rusman, H., Nishiumi, T. y Suzuki, A.** (2005). Changes in calpain and calpastatin activities of osmotically dehydrated bovine muscle during storage after treatment with calcium. *Meat Science*, 70(1), 55-61.
 - **Harris, S. E., Huff-Lonergan, E., Lonergan, S. M., Jones, W. R. y Rankins, D.** (2001). Antioxidant status affects color stability and tenderness of calcium chloride-injected beef. *Journal of Animal Science*, 79(3), 666-677.
 - **Hugas, M., Garriga, M. y Monfort, J. M.** (2002). New mild technologies in meat processing: high pressure as a model technology. *Meat Science*, 62(3), 359-371.
 - **Jeremiah, L. E., Gibson, L. L., Aalhus, J. L. y Dugan, M. E. R.** (2003). Assessment of palatability attributes of the major beef muscles. *Meat Science*, 65(3), 949-958.
 - **Jung, S., Ghou, M. y de Lamballerie-Anton, M.** (2000). Changes in lysosomal enzyme activities and shear values of high pressure treated meat during ageing. *Meat Science*, 56(3), 239-246.
 - **Kemp, C. M. y Parr, T.** (2012). Advances in apoptotic mediated proteolysis in meat tenderisation. *Meat Science*, 92(3), 252-259.
 - **Kirchofer, K. S., Calkins, C. R. y Gwartney, B. L.** (2002). Fiber-type composition of muscles of the beef chuck and round. *Journal of Animal Science*, 80(11), 2872-2878.
 - **Koohmaraie, M.** (1996). Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat Science*, 43, S193-S201.
 - **Koohmaraie, M. y Geesink, G. H.** (2006). Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74(1), 34-43.
 - **Lawrence, T. E., Dikeman, M. E., Hunt, M. C., Kastner, C. L. y Johnson, D. E.** (2003). Effects of calcium salts on beef *longissimus* quality. *Meat Science*, 64(3), 299-308.
 - **Ma, H. y Ledward, D. A.** (2013). High pressure processing of fresh meat - Is it worth it? *Meat Science*, 95(4), 897-903.
 - **Ma, H. J. y Ledward, D. A.** (2004). High pressure/thermal treatment effects on the texture of beef muscle. *Meat Science*, 68(3), 347-355.
 - **McArdle, R., Marcos, B., Kerry, J. P. y Mullen, A.** (2010). Monitoring the effects of high pressure processing and temperature on selected beef quality attributes. *Meat Science*, 86(3), 629-634.
 - **Miller, M. F., Carr, M. A., Ramsey, C. B., Crockett, K. L. y Hoover, L. C.** (2001). Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *J. Anim. Sci.*, 79(12), 3062-3068.
 - **Miller, M. F., Hoover, L. C., Cook, K. D., Guerra, A. L., Huffman, K. L., Tinney, K. S., Ramsey, C. B., Brittin, H. C. y Huffman, L. M.** (1995). Consumer acceptability of beef steak tenderness in the home and restaurant. *Journal of Food Science*, 60(5), 963-965.
 - **Panea, B., Ripoll, G., Albertí, P., Chapullé, J. L. y Pina, J. L.** (2011). Caracterización de la materia prima para la elaboración de productos cárnicos transformados y precocinados. *euocarne*, 195, 49-60.
 - **Pérez, M. L., Escalona, H. y Guerrero, I.** (1998). Effect of calcium chloride marination on calpain and quality characteristics of meat from chicken, horse, cattle and rabbit. *Meat Science*, 48(1-2), 125-134.
 - **Renand, G., Picard, B., Touraille, C., Berge, P. y Lepetit, J.** (2001). Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Science*, 59(1), 49-60.
 - **Ripoll, G., Panea, B. y Albertí, P.** (2012). Apreciación visual de la carne bovina y su relación con el espacio de color CIELab ITEA *Informacion Tecnica Economica Agraria*, 108(2), 222-232.
 - **Robbins, K., Jensen, J., Ryan, K. J., Homco-Ryan, C., McKeith, F. K. y Brewer, M. S.** (2003). Consumer attitudes towards beef and acceptability of enhanced beef. *Meat Science*, 65(2), 721-729.
 - **Schreurs, N. M., Garcia, F., Jurie, C., Agabriel, J., Micol, D., Bauchart, D., Listrat, A. y Picard, B.** (2008). Meta-analysis of the effect of animal maturity on muscle characteristics in different muscles, breeds, and sexes of cattle. *Journal of Animal Science*, 86(11), 2872-2887.
 - **Seggern, D. D. V., Calkins, C. R., Johnson, D. D., Brickler, J. E. y Gwartney, B. L.** (2005). Muscle profiling: Characterizing the muscles of the beef chuck and round. *Meat Science*, 71(1), 39-51.
 - **Sorenson, D., Henchion, M., Marcos, B., Ward, P., Mullen, A. M. y Allen, P.** (2011). Consumer acceptance of high pressure processed beef-based chilled ready meals The mediating role of food-related lifestyle factors. *Meat Science*, 87(1), 81-87.
 - **Torrescano, G., Sánchez-Escalante, A., Giménez, B., Roncalés, P. y Beltrán, J. A.** (2003). Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Science*, 64(1), 85-91.
 - **Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., Casas, E., Cundiff, L. V. y Koohmaraie, M.** (2001). The effects of Piedmontese inheritance and myostatin genotype on the palatability of *longissimus thoracis*, *gluteus medius*, *semimembranosus*, and *biceps femoris*. *Journal of Animal Science*, 79(12), 3069-3074. **e**