

**EFFECT OF MATURATION TIME IN MEAT CHARACTERISTICS OF CALVES BRAHMAN CASTRATED AND UNCASTRATED**

Héctor Luis Pargas<sup>1</sup>, David Colmenarez<sup>1</sup>, Jesús Ciria<sup>2</sup>, Begoña Asenjo<sup>2</sup>, José Ángel Miguel<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Office of the Dean of Veterinary Sciences, University Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, The State of Lara, Venezuela

<sup>2</sup> Área de Producción Animal. E.U. de Ingenierías Agrarias de Soria (Universidad de Valladolid). Campus Universitario "Duques de Soria", s/n. 42004 (Soria)

\*corresponding author: jangel@agro.uva.es

**Summary**

This paper compares the shear force, the capacity of water retention and some sensory attributes in meat of the beef calves Brahman uncastrated and castrated to birth, depending on the time of maturation (1, 7 and 14 days). We used 25 each type animals raised on commercial terms in Venezuela. For the preparation of displays, muscle *Longissimus thoracis* was extracted from the left side of the carcass, and cut into fillets of 2.5 cm, was later pressurized vacuum and assigned at random one of the three periods of maturation, being stored in refrigeration at 20°C so far from being scanned. In the analysis, swatches charters cooked in an electric Grill opened up an internal temperature of 350°C. A Warner-Bratzler cell was used for the calculation of the shear force and losses by cooking were calculated for water retention capacity. Sensory analysis was done by a trained assessed the juiciness, myofibril tenderness and general panel, the amount of connective tissue, and intensity of flavor.

Compared to the entire Brahman, the time of maturation significantly influenced in the sensory characteristics of Brahman meat castrated as well in the instrumental tenderness of the meat of both groups of animals. However, not maturation about loss effect was seen by both types of animal meat cooking. Shear force values were lower for castrated, corresponding to higher ratings assigned by the panel of tasters to the tenderness, and the other sensory attributes Brahman beef. Shear force and the loss by cooking, except the intensity of flavor, mapped negatively with sensory characteristics.

**Key words:** sensorial attributes, force to the court; capacity of retention of water; Brahman, maturation

**Introducción**

La maduración postmortem de la carne vacuna se asocia con el desarrollo de los atributos deseados de la palatabilidad (María, *et al.*, 2006). Esto podría explicarse por los procesos bioquímicos y cambios estructurales que ocurren en el músculo durante las primeras 24 horas *postmortem*, que juegan un gran papel en dicha palatabilidad y en la calidad final de la carne (Yu, *et al.* 2008). En condiciones naturales, la maduración es un componente importante que influye en la percepción final del producto y, aunque se especifique usualmente en la etiqueta, un grado óptimo no ha sido definido aún (Campo, *et al.*, 1999).

En muchos estudios se han evaluado diferentes estrategias postmortem para mejorar los problemas de la terneza de la carne vacuna que se desarrollaron antemortem (Choat *et al.*, 2006); de hecho, estrategias tales como, la maduración postmortem (Smith *et al.*, 1978) y la estimulación eléctrica (Mckeith *et al.*, 1981) han mostrado tener efectos positivos sobre la terneza de la carne vacuna.

El proceso de ablandamiento de la carne, que se lleva a cabo mediante la ruptura de la integridad miofibrilar del músculo durante la maduración, involucra dos grupos de mecanismos: proteólisis de la proteína muscular (mecanismo primario), y el incremento de la presión osmótica referido a los mecanismos físico-químicos (Ouali, 1990). La tasa metabólica postmortem temprana, ha sido extensivamente investigada, y se considera un factor predictivo confiable con respecto a la terneza de la carne vacuna (Min *et al.*, 2006). Una caracterización detallada de la tasa y extensión del ablandamiento

*postmortem* puede ayudar en la determinación de tiempos de maduración adecuados para los distintos músculos individuales que difieren en el grado de calidad (Gruber *et al.*, 2006); asimismo, podría ser más útil caracterizar detalladamente los cambios que ocurren en la glucólisis y la actividad calpaina/calpastatina durante el período *postmortem* según clasificaciones de terneza (Min *et al.*, 2006).

Las propiedades de la carne pueden ser afectadas por la maduración (Zamora *et al.*, 1996; Ruiz de Huidobro *et al.*, 2003), que es considerada como uno de los factores más influyentes de la terneza de la carne (Marino *et al.*, 2006), ya que durante esta fase, los músculos sufren una serie de cambios físicos y bioquímicos los cuales son responsables de su conversión en carne. Estas modificaciones involucran, en particular, el debilitamiento del disco *z* y de las proteínas miofibrilares (Koohmaraie, 1996), y, con ello, una mejora de la terneza de la carne cocida (Zamora, *et al.*, 1996).

El consumidor quiere comprar carne que sea blanda al comerla, y la terneza se juzga generalmente como el atributo más importante de la calidad. Sin embargo, la terneza puede ser muy variable. En parte, esto puede ser debido a la cantidad o a la madurez del tejido conectivo, que proporciona la dureza (Etherington, 1984). El tejido conectivo intramuscular juega una parte importante en la determinación de la dureza de carne (Bailey y Light, 1989); a propósito, se ha demostrado que el colágeno perimisial es dañado y parcialmente solubilizado, durante las maduraciones *postmortem* de la carne vacuna (Stanton y Light, 1990). Finalmente, se sabe que hay gran variación en la calidad sensorial de la carne bovina debido a muchos factores, tales como, diferencias en los factores productivos (raza, sexo, edad, peso al sacrificio o dieta) y tecnológicos (manejo, refrigeración y, especialmente, el tiempo de maduración) (Monsón *et al.*, 2005).

En el presente estudio se planteó investigar la influencia de la maduración sobre las propiedades físicas y sensoriales de la carne de terneros Brahman castrados y de cruzados comerciales enteros criados en régimen extensivo en Venezuela.

## Material y métodos

### Animales

Se usaron veintiocho machos: 17 Brahman castrados y 11 cruzados enteros (Brahman x criollo) en este estudio. Los Brahman provenían de una finca del Estado Barinas, en la que fueron criados, y finalmente cebados con forraje y con un pienso comercial; mientras que los cruzados pertenecían a una finca del Estado Portuguesa, y fueron alimentados (pasto + corrector mineral) tal como tradicionalmente se realiza en el sistema de producción extensivo de Venezuela, especialmente, en estas regiones en las que predomina el ganado vacuno de raza Brahman y sus cruces. En ambos casos, predominó en los productores el criterio del peso vivo alcanzado por sus animales (480 – 500 kg) para tomar la decisión de enviarlos a sacrificio.

El transporte de los animales se realizó en las horas de la tarde, respetando la capacidad de carga de los camiones. Una vez en el matadero, estos permanecieron en los corrales por un tiempo de 12 horas, y sólo se les suministró agua *ad limitum*. Después de este tiempo, se procedió a su sacrificio e inspección *postmortem*, atendiendo a lo establecido en las normas del Consejo Venezolano de Normas Industriales (COVENIN, 1983). Durante el faenado, las canales no fueron estimuladas eléctricamente.

### Preparación de las muestras

Las canales obtenidas fueron suspendidas del tendón de Aquiles y enfriadas (40 min en promedio, después del aturdimiento de los animales), bajo las condiciones comerciales vigentes, a 3<sup>0</sup>C durante 24 horas. Trascorrido este tiempo, el músculo *Longissimus thoracis* (LT) fue extraído del lado izquierdo de la canal, y cortado en filetes de 2.5 cm. Estos fueron embasados al vacío, y asignados al azar a tres períodos de maduración *postmortem* (1, 7 y 14 días) en los que fueron almacenados a 2<sup>0</sup>C. Después de que cada período de maduración fue completado, los filetes fueron congelados y almacenados a -21 <sup>0</sup>C, hasta su posterior análisis.

### Análisis físico y sensorial

Para ambos análisis, los filetes fueron descongelados en sus bolsas al vacío en una cámara frigorífica durante 24 horas a 4 °C, y asados en un asador eléctrico abierto a una temperatura interna de 35 °C. Finalmente fueron volteados y cocidos a una temperatura interna final de 70 °C. Para la evaluación de la resistencia al corte, los filetes fueron enfriados a temperatura ambiente durante 2 horas. Seis tiras (35 mm x 10 mm x 10 mm) por muestra fueron obtenidas paralelo a la orientación longitudinal de las fibras musculares (de acuerdo a Guerrero, 2005). Cada tira fue cortada una sola vez con una célula de Warner-Bratzler y se calculó el promedio de los valores de resistencia al corte (reportado en Kg) por cada filete. La pérdida por cocción (PPC) fue medida en las muestras usadas en el análisis de resistencia al corte. Los filetes fueron pesados antes y después de la cocción para obtener la pérdida porcentual de peso por acción del calor, mediante la siguiente fórmula:  $PPC = \frac{PI - PF}{PI} \times 100$ .

Para el análisis sensorial, los filetes cocidos fueron cortados en cubos (1.3 x 1.3 x 2.5) y guardados en un estufa a 60 °C antes de ser servidos. Este análisis fue realizado por un panel sensorial de 7 miembros entrenado de acuerdo a las Directrices de la Asociación Americana de la Ciencia de la Carne (AMSA, 1978). El panel evaluó cada muestra para jugosidad, terneza miofibrilar y general, cantidad de tejido conectivo, e intensidad del sabor, basado en escalas de 8 puntos, donde: 8 = extremadamente jugosa, tierna, ninguna, e intenso, y 1= extremadamente seca, dura, abundante, e imperceptible.

### Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con el programa SPSS (versión 10) mediante análisis de varianza (ANOVA). El efecto fijo estuvo representado por el sexo y el tiempo de maduración, y las variables respuestas por la resistencia al corte, pérdida por cocción, y por la calidad sensorial. Se consideró una significación de  $p \leq 0,05$ .

## **Resultados y discusión**

Las puntuaciones asignadas por el panel a las características sensoriales de los filetes de Brahman y cruzados madurados en tres tiempos diferentes se presentan en la tabla 1. El presente estudio pone en evidencia que el tiempo de maduración tuvo una marcada influencia ( $p < 0.05$ ) sobre todos los atributos sensoriales de la carne de Brahman; Sin embargo, la jugosidad y la cantidad de tejido conectivo de los filetes te cruzados no fueron afectados ( $p > 0.05$ ) por este método. En este grupo, la terneza de la fibra y la terneza general fueron favorecidas con la prolongación de la maduración. Estos resultados están en consonancia con investigaciones previas que indican mejoras de los atributos que están asociados con la terneza sensorial por efecto de la maduración (Whipple *et al.*, 1990; Ruiz de Huidobro, *et al.*, 2003; Jeremiah y Gibson, 2003; Cifuni, *et al.*, 2004). Estas mejoras son debidas, entre otras cosas, a que el tejido conectivo intramuscular se va haciendo progresivamente menos perceptible en la medida que se prolonga la maduración (Jeremiah y Gibson, 2003).

En los Brahman se observa claramente que conforme progresa el tiempo de maduración, la clasificación de los atributos sensoriales de sus carnes por parte del panel, es mayor ( $p < 0.05$ ), lo cual sugiere, que se va haciendo más jugosa, más tierna, con menor percepción de tejido conectivo y de un sabor más intenso, principalmente hacia el día 14 *postmortem*. Este hallazgo está en concordancia con los de otros investigadores que han estudiado el efecto del tiempo de maduración sobre las características de calidad de la carne vacuna (Luño, *et al.*, 1999; Campo *et al.*, 1999; Strydom, *et al.*, 2000; Novakofski y Brewer, 2006; Partida, *et al.*, 2007; Stetzer, *et al.*, 2007). No obstante, otros investigadores (Stetzer, *et al.*, 2008) no encontraron influencia de la maduración sobre la calidad sensorial, pero si sobre la instrumental.

En relación a las propiedades físicas, la capacidad de retención de agua, evaluada mediante la pérdida por cocción, no fue influenciada por la maduración ( $p > 0.05$ ); por el contrario, la resistencia al corte fue estadísticamente afectada ( $p < 0.05$ ) por esta práctica, encontrándose los menores valores en los filetes de Brahman (tabla 2). Otros investigadores tampoco encontraron diferencias estadísticas entre el tiempo de maduración y las pérdidas por cocción (Whipple, *et al.*, 1990; Wheeler, *et al.*, 1999; Ruiz de Huidobro, *et al.*, 2003; Jeremiah y Gibson, 2003; Revilla y Vivar, 2006;). En este trabajo se observó una ligera tendencia de que a medida en que se aumentaba el tiempo de maduración, mayores eran las

pérdidas por cocción. Una tendencia inversa a la descrita anteriormente, fue reportada por Whipple, *et al.*, (1990), y Jama, *et al.* (2008).

Similares pérdidas por cocción a las obtenidas en este estudio fueron observadas en 5 músculos diferentes, incluyendo el *Longissimus dorsi* (LD), madurados durante 7 y 14 días (Stetzer, *et al.*, 2008). Estudios previos muestran menores pérdidas por cocción a las indicadas en este trabajo para la carne de Brahman madurada durante 3 y 10 días (Ludwig, *et al.*, 1997), y filetes del músculo LD de siete razas españolas, madurados durante 7 días (Sañudo, *et al.*, 1998). Otros investigadores, por su parte, indican, utilizando los mismos tiempos de maduración, mayores pérdidas para filetes del músculo LD de Brahman y novillas cocidos mediante dos métodos de cocción (Wheeler, *et al.*, 1998), y de toros F1 (Senepol x Cebú) (Huerta, *et al.*, 2004).

En cuanto a la resistencia al corte, tal como se indicó anteriormente, el tiempo de maduración afectó significativamente ( $p < 0.05$ ) la terneza instrumental (determinada con el Warner-Bratzler) de la carne de cruzados y Brahman. A partir del primer día de maduración, los valores de resistencia al corte fueron más altos en cruzados que en Brahman, tendencia esta que se mantuvo en los siguientes tiempos de maduración. A pesar de esta diferencia inicial en la terneza por efecto de la clase sexual, ambos grupos respondieron del mismo modo al tiempo de maduración empleado, lo cual se evidencia con la disminución progresiva de los valores medios de dureza, que a su vez indica que la carne de estos animales va ofreciendo menor resistencia al corte a lo largo de la maduración. Esta misma tendencia fue observada por Tatum, *et al.* (2007), y Gruber, *et al.* (2006) en filetes de novillas y Brahman, y en diecisiete músculos de ganado vacuno, respectivamente, que alcanzaban valores más bajos de resistencia al corte en la medida que aumentaba el tiempo de maduración. No obstante, Choat, *et al.* (2006) no encontraron, en comparación con la primera semana de maduración, diferencias en terneza entre la carne de Brahman madurada por 14 o 21 días.

Un hallazgo importante del presente estudio es que, si bien los menores valores de resistencia al corte del Músculo LD de cruzados y Brahman se fueron alcanzado progresivamente con el tiempo de maduración, especialmente hacia el día 14 de almacenamiento (disminución de la dureza en un 21.5%), el aumento de la terneza no tuvo un comportamiento lineal a lo largo del tiempo, ya que la disminución de la dureza fue más lentamente durante la primera semana de maduración (10%), mientras que en la segunda semana dicha disminución fue mayor (14%). Estos resultados están en consonancia con los de O'Connor, *et al.* (1997), quienes al madurar durante 4, 7, 14, 21 y 35 días la carne de ganado vacuno 3/8 *Bos indicus*, observaron una disminución de la dureza más lentamente en los primeros siete días de maduración; pero difieren con los de Oliete, *et al.* (2006) quienes al estudiar la calidad de la carne de ternera de raza Rubia Gallega a lo largo de la maduración al vacío (1, 2 y 3 semanas postmortem) observaron que la dureza de la carne disminuye rápidamente a lo largo de la primera semana de maduración (20,21%), relentizándose durante las siguientes (9,74% en la segunda, y 6,29 en la tercera). Por su parte, Stolowski, *et al.* (2006), sólo encontraron mejoras en la terneza en los filetes de los siete principales músculos de vacunos al día 14 de maduración, tras lo cual no se observan diferencias.

Al comparar los valores de resistencia al corte obtenidos en este trabajo, con los utilizados para la clasificación propuesta para la terneza del músculo LD por algunos investigadores (Boleman, *et al.*, 1997; Shachelford, *et al.*, 1997; Wheeler, *et al.*, 1999; Platter, *et al.*, 2005), es de esperarse que la carne vacuna de Venezuela se esté comercializando con una calidad instrumental o valores de resistencia al corte que pudiera enmarcarse dentro de la categoría de terneza “intermedia” (entre blanda y dura), ya que es práctica común en este país, la venta de canales vacunas con 24 a 48 horas de refrigeración, debido a que la demanda de este producto supera la oferta del mismo.

Los coeficientes de correlación entre la maduración y las características físicas y sensoriales se muestran en la tabla 3. Con la excepción de la jugosidad, el tiempo de maduración se correlacionó positiva y significativamente, pero moderadamente, con las características sensoriales, lo que sugiere que a medida que aumenta este tiempo, dichas características se ven favorecidas por el panel. Una correlación negativa del tiempo de maduración con los valores de resistencia al corte fue encontrada, lo cual significa que a mayor tiempo de maduración, menor es la dureza instrumental. Esta misma tendencia fue observada entre los valores de compresión y el tiempo de maduración por Campo *et al.* (2000).

Aunque la pérdida por cocción no se relacionó con la maduración ni con la intensidad del sabor, las características físicas (resistencia al corte y pérdida por cocción) se correlacionaron significativa y

negativamente con las características sensoriales. Estos resultados difieren con los de Brewer y Novakofski (2008), quienes al evaluar el comportamiento del contenido de agua, de la resistencia al corte y de las características sensoriales de la carne vacuna madurada durante 0, 7 y 14 días, solo encontraron una baja correlación positiva del contenido de agua con el sabor. Otros investigadores (George, *et al.*, 1997; Huerta, *et al.*, 1997; Lyng, *et al.*, 1998; Shackelford, *et al.*, 1999; Novakofski y Brewer, 2006) también han encontrado correlaciones significativas y negativas entre la resistencia al corte y los rasgos de terneza (terneza de la fibra, cantidad de tejido conectivo y terneza general). Field, *et al.* (1996) y Rhee, *et al.* (2004), en consonancia con este estudio, observaron una correlación significativa y negativa de la terneza instrumental con todas las características sensoriales; mientras que Serra, *et al.* (2004), encontraron una correlación de las pérdidas por cocción con la terneza general y la jugosidad, y con la terneza instrumental (Novakofski y Brewer, 2006).

### **Conclusiones**

Los resultados demuestran que, en comparación con los cruzados, la maduración influye fuertemente en las características sensoriales de la carne de Brahman, y en la terneza instrumental de la carne de ambos grupos de animales, en los que no se observó efecto de la maduración sobre la pérdida por cocción. Los valores de resistencia al corte fueron menores para la carne de Brahman, correspondiéndose con las mayores puntuaciones asignadas por el panel a la terneza, y al resto de los atributos sensoriales. La resistencia al corte y la pérdida por cocción, excepto con intensidad del sabor, se correlacionaron negativamente con las características sensoriales.

### **Agradecimientos**

Los autores desean agradecer a los Drs. Margarita Arispe y Luis Peñalver por su colaboración en la planificación de la logística propia de este trabajo.

### **Referencias Bibliográficas**

- AMSA (1978). Guidelines for cooking and sensory evaluation of meat. National Livestock and Meat Board, Chicago, IL: American Meat Science Association.
- BAILEY, A. J. & LIGHT, N. D. (1989). The connective tissue of meat and meat products. Elsevier Applied Science Publishers Ltd, England.
- BOLEMAN, S. J., BOLEMAN, S. L., MILLER, R. K., TAYLOR, J. F., CROSS, H. R., WHEELER, T. L., KOOHMARAIE, M., SHACKELFORD, S. D., MILLER, M. F., WEST, R. L., JOHNSON, D. D., & SAVELL, J. W. (1997). Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *Journal of Animal Science*, 75, 1521 – 1524.
- BREWER, S., & NOVAKOFSKI, J. (2008). Consumer sensory evaluations of aging effects on beef quality. *Journal of Food Science*, 73 (1), S78 – S82.
- CAMPO, M. M., SAÑUDO, C., PANEA, B., ALBERTI, P., & SANTOLARIA, P. (1999). Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Science*, 51, 383 – 390.
- CAMPO, M. M., SANTOLARIA, P., SAÑUDO, C., LEPETIT, J., OLLETA, J. L., PANEA, B., ALBERTI, P. (2000). Assessment of breed type and ageing time effects on beef meat quality using two different texture devices. *Meat science*, 55, 371 – 378.
- CHOAT, W. T., PATERSON, J. A., RAINEY, B. M., KING, M. C., SMITH, G. C., BELK, K. E., & LIPSEY, R. J. (2006). The effects of cattle sex on carcass characteristics and *longissimus* muscle palatability. *Journal of Animal Science*, 84, 1820-1826.
- CIFUNI, G. F., NAPOLITANO, F., RIVIEZZI, A. M., BRAGHIERI, A., & GIROLAMI, A. (2004). Fatty acid profile, cholesterol content and tenderness of meat from Podolian young bulls. *Meat Science*, 67, 289 – 297.
- COVENIN. (1983). Ganado Bovino. Inspección Post-mortem. Norma Venezolana COVENIN 2072-83. C.D.U 637.53. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas. Venezuela.

ETHERINGTON, D. J. (1984). The contribution of proteolytic enzymes to postmortem changes in muscle. *Journal of Animal Science*, 59, 1644-1650.

FIELD, R., MCCORMICK, R., BALASUBRAMANIAN, V., SANSON, D., WISE, J., HIXON, D., RILEY, M., & RUSSELL, W. (1996). Growth, carcass, and tenderness characteristics of virgin, spayed, and single-calf heifers. *Journal of Animal Science*, 74, 2178 – 2186.

GEORGE, M. H., TATUM, J. D., DOLEZAL, H. G., MORGAN, J. B., WISE, J. W., CALKINS, C. R., GORDON, T., REAGAN, J. O., & SMITH, G. C. (1997). Comparison of USDA quality grade with tendertec for the assessment of beef palatability. *Journal of Animal Science*, 75, 1538 – 1546.

GRUBER, S. L., TATUM, J. D., SCANGA, J. A., CHAPMAN, P. L., SMITH, G. C., & BELK, K.E. (2006). Effects of *postmortem* aging and USDA quality grade on Warner-Bratzler shear force values of seventeen individual beef muscles. *Journal of Animal Science*, 84, 3387 - 3396.

GUERRERO, L. (2005). Análisis sensorial de la carne. Panel entrenado. En Cañeque, V.; Sañudo, C. (Eds). Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, España. pp. 395–408.

HUERTA-LEIDENZ, N., ATENCIO-VALLADARES, O., RODAS, A., JEREZ –TIMAURE, N., & BRACHO, B. (1997). Características de canales de Brahman y novillas acebuados producidos a pastoreo y su relación con atributos de la calidad comestible de la carne. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 5 (supl.1), 565 – 567.

HUERTA-LEIDENZ, N., RODAS-GONZÁLEZ, A., & SMITH, G. C. (2004). Effect of vacuum aging and influence of sire on palatability of beef *longissimus* from grass – fed F1 Senepol x Zebu bulls. *Revista Científica, FCV – LUZ*, 14 (3), 263 – 269.

JAMA, N., MUCHENJE, V., CHIMONYO, M., STRYDOM, P. E., DZAMA, K., RAATS, J. G. (2008). Cooking loss components of beef from Nguni, Bonsmara and Angus steers. *African Journal of Agricultural Research*, 3 (6), 416 – 420.

JEREMIAH, L. E., & GIBSON, L. L. (2003). The effects of *postmortem* product handling and aging time on beef palatability. *Food Research International*, 36, 929 – 941.

KOOHMARAIE, M., 1996. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat Science*, 43 (Suppl. 1), S193– S201.

LUDWIG, C. J., CLAUS, J. R., MARRIOTT, N. G., JOHNSON, J., & WANG, H. (1997). Skeletal alteration to improve beef *longissimus* muscle tenderness. *Journal of Animal Science*, 75, 2404 – 2410.

LUÑO, M., BELTRÁN, J. A., JAIME, I., & RONCALÉS, P. (1999). Textural assesment of clenbuterol tratment in beef. *Meat Science*, 51, 297 – 303.

LYNG, J. G., ALLEN, P., & MCKENNA, B. M. (1998). The effect on aspects of beef tenderness of pre- and post-rigor exposure to a high intensity ultrasound probe. *J. Sci. Food Agric.*, (78), 308 – 314.

MARIA, L. A., MARK, S., MELVIN C. H. & DALLAS E. J. (2006). Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. *Meat Science*, 73, 674-679.

MARINO, R., ALBENZIO, M., BRAGHIERI, A., MUSCIO, A., & SEVI, A. (2006). Organic farming: effects of forage to concentrate ratio and ageing time on meat quality of Podolian young bulls. *Livestock Science*, 102, 42–50.

MCKEITH, F. M., SAVELL, J. W., & SMITH, G. C. (1981). Tenderness improvement of the major muscles of the beef carcass by electrical stimulation. *Journal of Food Science*, 46, 1774–1776.

MIN-SUK, R., YOUN-CHUL, R., & BYOUNG-CHUL, K. (2006). Postmortem metabolic rate and calpain system activities on beef *longissimus* tenderness classifications. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 70 (5), 1166-1172.

MONSÓN, F., SAÑUDO, C., & SIERRA, I. (2005). Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*, 71, 471 – 479.

MUIR, P. D., DEAKER, J. M., & BOWN, M. D. (1998). Effects of forage-and grain-based feeding systems on beef quality: A review. *New Zealand Journal of Agriculture Research*, 41, 623-635.

NOVAKOFSKI, J., & BREWER, S. (2006). The paradox of toughening during the aging of tender steaks. *Journal of Food Science*, 71 (6), S473 – S479.

O’CONNOR, S. F., TATUM, J. D., WULF, D. M., GREEN, R. D., & SMITH, G. C. (1997). Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. *Journal of Animal Science*, 75, 1822 -1830.

- OLIETE, B., MORENO, T., CARBALLO, J. A., MONSERRAT, L., & SÁNCHEZ, L. (2006). Estudio de la calidad de la carne de ternera de raza Rubia Gallega a lo largo de la maduración al vacío. *Arch. Zootec*, 55 (209), 3 – 14.
- OUALI, A. (1990). Meat tenderisation: possible causes and mechanisms. A review. *Journal of Muscle Foods*, 1, 129 – 165.
- PARTIDA, J.A., OLLETA, J.L., SAÑUDO, C., ALBERTI, P., & CAMPO, M.M. (2007). Fatty acid composition and sensory traits of beef fed palm oil supplements. *Meat Science*, 76, 444 – 454.
- PLATTER, W. J., TATUM, J. D., BELK, K. E., KOONTZ, S. R., CHAPMAN, P. L., & SMITH, G. C. (2005). Effects of marbling and shear force on consumers' willingness to pay for beef strip loin steaks. *Journal of Animal Science*, 83, 890 – 899.
- REVILLA, I., & VIVAR-QUINTANA, A.M. (2006). Effect of breed and ageing time on meat quality and sensory attributes of veal calves of the "Ternera de Aliste" Quality Label. *Meat Science*, 73, 189 – 195
- RHEE, M. S., WHEELER, T. L., SHACKELFORD, S. D., & KOOHMARAIE, M. (2004). Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. *Journal of Animal Science*, 82, 534 – 550.
- RUIZ DE HUIDOBRO, F., MIGUEL, E., ONEGA, E., BLAZQUEZ, B., 2003. Changes in meat quality characteristics of bovine meat during the first 6 days post mortem. *Meat Science*, 65, 1439– 1446.
- SAÑUDO, C., ALBERTI, P., CAMPO, M. M., OLLETA, J. L., & PANEA, B. (1998). Calidad instrumental de la carne de bovino de siete razas españolas. *Arch. Zootec.*, 48, 397 – 402.
- SERRA, X., GIL, M., GISPERT, M., GUERRERO, L., OLIVER, M. A., SAÑUDO, C., CAMPO, M. M., PANEA, B., OLLETA, J. L., QUINTANILLA, R., & PIEDRAFITA, J. (2004). Characterisation of young bulls of the Bruna dels Pireneus cattle breed (selected from old Brown Swiss) in relation to carcass, meat quality and biochemical traits. *Meat Science*, 66, 425 - 436.
- SHACKELFORD, S. D., WHEELER, T. L., & KOOHMARAIE, M. (1997). Tenderness classification of beef: I. Evaluation of beef *longissimus* shear force at 1 or 2 days *postmortem* as a predictor of aged beef tenderness. *Journal of Animal Science*, 75, 2417 – 2422.
- SHACKELFORD, S. D., WHEELER, T. L., & KOOHMARAIE, M. (1999). Evaluation of slice shear force as an objective method of assessing beef *longissimus* tenderness. *Journal of Animal Science*, 77, 2693 – 2699.
- SMITH, G. C., CULP, G. R., & CARPENTER, Z. L. (1978). Postmortem aging of beef carcasses. *Journal of Food Science*, 48, 823 – 826.
- STANTON, C. & LIGHT, N. D. (1990). The effects of conditioning on meat collagen: Part 4. The use of pre rigor lactic acid injection to accelerate conditioning in bovine meat. *Meat Science*, 27, 141-159.
- STETZER, A. J., TUCKER, E., MCKEITH, E. K., & BREWER, M. S. (2007). Quality changes in beef Gluteus medius, Infraespinatus, Psoas major, Rectus femoris and Teres major enhanced prior to aging. *Journal of Food Science*, 72 (4), S242 – S246.
- STETZER, A. J., TUCKER, E., MCKEITH, E. K., & BREWER, M. S. (2008). Quality changes in beef Complexus, Serratus ventralis, Vastus lateralis, Vastus medialis and *Longissimus dorsi* enhanced prior to aging. *Journal of Food Science*, 73 (1), S6 – S10.
- STOLOWSKI, G. D., BAIRD, B. E., MILLER, R. K., SAVELL, J. W., SAMS, A. R., TAYLOR, J. F., SANDERS, J. O., & SMITH, S. B. (2006). Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. *Meat Science*, 73, 475 – 483.
- STRYDOM, P. E., NAUDE, R. T., SMITH, M. F., SCHOLTZ, M. M., & VAN WYK, J. B. (2000). Characterisation of indigenous African cattle breeds in relation to meat quality traits. *Meat Science*, 55, 79 – 88.
- TATUM, J.D., GRUBER, S. L., & SCHNEIDER, B. A. (2007). Pre – harvest factors affecting beef tenderness in heifers. National Cattlemen's Beef Association. Department of Animal Sciences. Colorado State University.
- WHEELER, T. L., SHACKELFORD, S. D., & KOOHMARAIE, M. (1998). Cooking and palatability traits of beef *Longissimus* steaks cooked with a belt grill or an open hearth electric broiler. *Journal of Animal Science*, 76, 2805 – 2810.

- WHEELER, T. L., SHACKELFORD, S. D., & KOOHMARAIE, M. (1999). Tenderness classification of beef: IV. Effect of USDA quality grade on the palatability of “tender” beef *longissimus* when cooked well done. *Journal of Animal Science*, 77, 882 – 888.
- WHIPPLE, G., KOOHMARAIE, M., DIKEMAN, M. E., CROUSE, J. D., HUNT, M. C., & KLEMM, R. D. (1990). Evaluation of attributes that affect *longissimus* muscle tenderness in *Bos Taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, 68, 2716-2728.
- YU, L. H., LIM, D. G., JEONG, S. G., IN, T. S., KIM, J. H., AHN, C. N., KIM, C. J., & PARK, B. Y. (2008). Effects of temperature conditioning on *postmortem* changes in physico-chemical properties in Korean native cattle (Hanwoo). *Meat Science*, 79, 64–70.
- ZAMORA, F., DEBITON, E., LEPETIT, J., LEBERT, A., DRANSFIELD, E., & OUALI, A. (1996). Predicting variability of ageing and toughness in beef *M. longissimus lumborum et thoracis*. *Meat Science*, 43, 321– 333.

Tabla 1. Influencia del tiempo de maduración postmortem sobre las características sensoriales de los filetes del *Longissimus thoracis* evaluadas por un panel. (Influence of postmortem aging time on sensory panel traits of *Longissimus thoracis* steaks.)

Variables	Sexo	Tiempo de maduración (días)		
		1	7	14
Jugosidad	Brahman	5,55 <sup>c</sup>	5,62 <sup>b</sup>	5,95 <sup>a</sup>
	Cruce	5,54	5,42	5,34
Terneza de la fibra	Brahman	5,50 <sup>c</sup>	5,77 <sup>b</sup>	6,16 <sup>a</sup>
	Cruce	4,79 <sup>b</sup>	4,69 <sup>b</sup>	5,01 <sup>a</sup>
Cantidad de tejido conectivo	Brahman	5,20 <sup>c</sup>	5,43 <sup>b</sup>	5,71 <sup>a</sup>
	Cruce	4,58	4,44	4,51
Terneza general	Brahman	5,39 <sup>c</sup>	5,61 <sup>b</sup>	6,03 <sup>a</sup>
	Cruce	4,64 <sup>b</sup>	4,54 <sup>b</sup>	4,84 <sup>a</sup>
Intensidad del sabor	Brahman	5,49 <sup>c</sup>	5,69 <sup>b</sup>	5,82 <sup>a</sup>
	Cruce	5,51 <sup>b</sup>	5,71 <sup>a</sup>	5,24 <sup>c</sup>

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Tabla 2. Valores de resistencia al corte y pérdida por cocción de los filetes después de los tres tiempos de maduración postmortem. (Shear force values and cooking loss of steaks after three postmortem aging time.)

Variables	Sexo	Tiempo de maduración (días)		
		1	7	14
Pérdida por cocción (%)	Brahman	25,45	25,75	26,00
	Cruce	26,20	26,40	26,57
Resistencia al corte (kg)	Brahman	4,36 <sup>a</sup>	3,95 <sup>b</sup>	3,42 <sup>c</sup>
	Cruce	5,17 <sup>a</sup>	4,65 <sup>b</sup>	4,08 <sup>c</sup>

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Tabla 3. Correlaciones entre maduración y las características físicas y sensoriales del músculo LT de Brahman y cruzados. (Correlations between physical and sensory traits of LT muscle from steers and young bulls.)

ITEM	RC	PPC	TMAD	JUG	TEFM	TCON	TEGE	ISAB
RC	1,000	0,328*	-0,496*	-0,366*	-0,732*	-0,656*	-0,723*	-0,229*
PPC		1000	a	-0,527*	-0,384*	-0,269*	-0,354*	a
TMAD			1,000	a	0,372*	0,279*	0,350*	0,199*
JUG				1,000	0,510*	0,379*	0,478*	0,315*
TEFM					1,000	0,902*	0,966*	0,346*
TCON						1,000	0,949*	0,322*
TEGE							1,000	0,328*
ISAB								1,000

El \* indica que los coeficientes de correlación ( $r^2$ ) entre variables son diferentes ( $p < 0.05$ ). La letra a indica que los coeficientes de correlación ( $r^2$ ) entre variables no son diferentes ( $p > 0.05$ ). RC: resistencia al corte; PPC: pérdida por cocción; TMAD: tiempo de maduración; JUG: jugosidad; TEFM: terneza de la fibra muscular; TCON; cantidad de tejido conectivo; TEGE: terneza general; ISAB: intensidad del sabor.