

Bovinos machos jóvenes castrados versus enteros; calidad de carne y propiedades del tejido conectivo

LATORRE, M.E.¹; IEZZI, S.^{1,2}; CHRISTENSEN, S.^{1,3}; PURSLOW, P.P.³

RESUMEN

La optimización de la producción y la calidad de carne son los principales objetivos de los productores y del sector comercial de la carne. Actualmente la producción de animales de engorde a corral presenta una buena eficiencia productiva. Asimismo, en Argentina una nueva categoría de animales, machos enteros jóvenes, ha sido recientemente implementada, presentado interés e inquietud por parte de los productores y la industria de la carne. Desde el punto de vista de la tecnología de los alimentos es interesante estudiar e investigar los parámetros fisicoquímicos y reológicos que ayuden a explicar la presencia/ausencia de cambios sobre la calidad de la carne. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad de la carne y las características térmicas del tejido conectivo en animales alimentados a corral, castrados versus no castrados. La ausencia de testosterona, esperable en machos castrados, no produjo diferencias significativas en la calidad de carne respecto al grupo no castrado. El color, las pérdidas por cocción y la terneza resultaron equivalentes entre ambos grupos de animales. Sin embargo la respuesta de la contracción máxima generada por el tejido conectivo perimisio del músculo LD durante el tratamiento térmico mostró diferencias significativas entre los grupos. Además la fuerza de contracción máxima también varió entre los perimysios musculares LD, ST y PP de animales castrados mientras no así la temperatura de inicio de la contracción (Tonset). Los resultados indicarían la posibilidad de que la ausencia de testosterona afecte de manera diferente la síntesis de tejido conectivo intramuscular *in vivo* en los diferentes músculos. Al respecto, se requerirán nuevas investigaciones que profundicen estos hallazgos.

Palabras clave: músculo; terneza; tejido conectivo intramuscular; perimisio; engorde a corral.

ABSTRACT

Optimization of production and meat quality are the main objectives of producers and the commercial beef sector. Currently, the production of animals in feedlots has a good productive efficiency. A new category young non-castrated male animals has also recently been implemented in Argentina, and this has stimulated interest and concern from animal producers and the meat industry. From the food technology point of view it is interesting to study the physicochemical and rheological parameters which help explain the presence or absence of changes on the meat quality. The aim of this study was to evaluate the meat quality and the thermal characteristics of perimysial connective tissue, perimysium in muscle from castrated versus non-castrated animals produced in a feedlot. The absence of testosterone that is expected in castrated males did not produce significant differences in meat quality compared to meat from non-castrates. Color, cooking loss and tenderness did not show differences, but the maximum shrinkage force generated by the perimysium of longissimus

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Argentina. Correo electrónico: latorre.emilia@gmail.com

²Laboratorio de Farmacología, Centro de Investigación Veterinaria de Tandil, (CIVETAN, CONICET-CICPBA), Facultad de Ciencias Veterinarias, UNCPBA, Tandil, Argentina (CONICET).

³Departamento de Tecnología y Calidad de los Alimentos, Facultad de Ciencias Veterinarias, UNCPBA, Tandil, Argentina.

muscle during heat treatment was significantly higher in non-castrates than castrated animals. The maximum shrinkage force also varied between perimysium in LD, ST and PP muscle of castrated animals, but not the onset temperature (Tonset). The results suggest that the absence of testosterone may affect the synthesis of intramuscular connective tissue to a different extent in different muscles, and further investigations are required in this regard.

Keywords: muscle; tenderness; intramuscular connective tissue; perimysium; feedlot.

INTRODUCCIÓN

Al hablar de calidad de carnes frescas nos referimos a los atributos que el consumidor frecuentemente busca y valora. Estas propiedades de calidad son la terneza, la jugosidad y el color. Dentro de estas, la de mayor interés es la terneza, cualidad más importante por medio de la cual se determina la aceptabilidad general de la carne; este atributo es detectado en la carne cocida. Estudios realizados por Martens *et al.* (1982) han demostrado que el aumento de la dureza de la carne a temperaturas mayores a los 60 °C puede asociarse principalmente a la desnaturalización del colágeno dentro del tejido conectivo intramuscular (IMCT). Por su parte, Cartaginense y Purslow (2014) han observado y registrado mediante estudios de tensión hidrotérmica isométrica (HIT) que fuerzas de contracción del IMCT son considerables a temperaturas por encima de 65 °C.

Estas propiedades organolépticas están influenciadas por varios factores que afectan a la calidad de la carne tales como la raza, edad y alimentación del animal, manejo de los animales *pre mórtem*, procesos de matanza, manejo de las reses *post mórtem*, características intrínsecas del músculo y del tejido conectivo, intensidad de proteólisis *post mórtem* (almacenamiento y maduración) y tiempo-temperatura de cocción (Pearson y Dutson, 1994).

Con respecto a la alimentación animal, es conocido y está probado que el sistema de engorde a corral (feedlot) permite obtener una productividad promedio mayor que la ganadería extensiva (pastura). De este modo, permite obtener animales con terminaciones uniformes, valoradas por el mercado demandante y proveer una cantidad de carne constante y de calidad homogénea a la industria frigorífica. En la Argentina este sistema, debido a la eficiencia productiva y apertura al mercado europeo viene creciendo en los últimos años de acuerdo a los datos de la Cámara Argentina de Feedlot (CAF). Junto con ello, como una obligación para este nuevo mercado ha comenzado a tipificarse el marmoleo en nuestro país, dado que a mayor nivel de marmoleo, mejores precios. Es así que para la mitad del año 2015, el porcentaje de animales engordados a corral fue del 58% (CAF, 2015).

Las razas vacunas principales en la región pampeana son: Angus, raza productora de carne, elegida por ser "la de mayor rendimiento"; Hereford, propósito principal producción de carne y esta se distribuye en las áreas periféricas de la región Pampeana y Careta, cruza Hereford-

Angus, propósito rendimiento y calidad carne (Asociación Argentina de Angus, 2007).

En Argentina, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación estableció en el año 2010 la creación de una nueva categoría vacuna Macho Entero Joven (MEJ): animal macho joven entero (con testículos) con hasta dos dientes incisivos (resolución N° 4906/2010). Asimismo, en razas menos precoces, los MEJ no superan los 24 meses de edad y la calidad de la carne se relaciona directamente con la edad del animal. Además, estudios llevados a cabo por la empresa Quickfood/Marfrig junto con Conecar S.A. (2010) han observado que los valores de conversión alimenticia mejoran un 15% en los MEJ (Morao y Adrién Rüegger, 2010).

Con el fin de facilitar la comunicación entre los diferentes eslabones de la cadena de producción de carne, se han uniformado los métodos y términos mediante el Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne (Braña-Varela, *et al.*, 2011). Es así que el músculo más utilizado tradicionalmente para la evaluación de la calidad ha sido el músculo "largo dorsal" o "gran dorsal" (Longissimus dorsi). Las mediciones para evaluar la calidad de la carne involucran: medición del pH, los parámetros de color (L*, a* y b*), capacidad de retención de agua; pérdida por goteo, pérdida por cocción y textura (Braña-Varela, *et al.*, 2011).

El presente trabajo tuvo por objetivos: a) evaluar y comparar la calidad de carne de animales vacunos machos jóvenes enteros versus castrados alimentados a corral mediante mediciones tradicionales de calidad: color, pérdida por cocción y textura; b) evaluar aspectos de terneza en diferentes músculos mediante estudio HIT en el IMCT perimysio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de carne fueron obtenidas a partir de animales bovinos (n=22), novillos *Careta* (novillos ≥12 meses de edad y ≈400 kg) todos provenientes del establecimiento de cadena de supermercado local (Tandil, Buenos Aires, Argentina). Dos grupos de animales (n=11 animales por grupo) machos jóvenes castrados (C) y machos jóvenes enteros, no castrados (NC), con pesos equivalentes de terminación fueron ensayados. Ambos grupos fueron alimentados bajo la misma dieta a corral. La composición de la dieta (tabla 1) fue dividida en cuatro periodos diferenciados: el primero (0 a 15 día), el segundo (16 a 30 día), el

tercero (31 a 60 día), períodos de adaptación progresiva, y el cuarto (61 a 90 día), período de terminación.

Todas las muestras fueron tomadas en el local de desposte (Carnicería) 48 h posfaena. Previo almacenamiento, se evaluó el color. Luego cada muestra fue colocada individualmente en bolsas de polietileno termosellables, transparentes y envasadas al vacío. Estas fueron almacenadas durante 7 días en heladera (4-8 °C) y luego a -18 °C durante 15 días. Todas las muestras fueron descongeladas a temperatura ambiente bajo corriente de agua previo a ser sometida a los análisis térmicos.

Las características determinadas sobre calidad de carne fueron: color, pérdida por cocción y textura (evaluadas solo sobre el músculo Longissimus dorsi (LD) entre las costillas 12 y 13) para ambos grupos de animales. Las propiedades hidrotérmicas isométricas (HIT) del tejido conectivo perimio se evaluaron en los músculos: Longissimus dorsi (LD); Semitendinosus (ST) y Pectoralis profundus (PP).

Color

El color fue evaluado utilizando un fotocolorímetro (Konica Minolta® CR400) con iluminante D65 y ángulo de observador α de 10°. Cada espécimen fue colocado sobre una base blanca, registrándose el color a través de las coordenadas cromáticas L^* a^* b^* del espacio CIELab, en los once ($n=11$) especímenes de cada grupo. Tres lecturas se tomaron de cada muestra sobre puntos distales del músculo LD, extremos próximos al lateral y centro.

Pérdida por Cocción (PPC)

Las muestras de LD una vez descongeladas fueron pesadas y luego sometidas al tratamiento térmico (baño de agua 70 °C) durante 60 min. La temperatura del baño fue utilizada como punto de control para la cocción. Las muestras fueron introducidas en el baño, luego una vez reestablecida la temperatura del baño, se mantuvieron en cocción durante 60 min. Finalizado el tratamiento térmico todas fueron enfriadas a baño maría inverso y luego pesadas. La PPC se evaluó

como el porciento del cociente entre la diferencia de pesos, pre y poscocción dividido el peso inicial, precocción.

Textura

La medición de la terneza de la carne se obtuvo mediante la determinación de esfuerzo o resistencia al corte de la carne previamente cocida, basado en Bratzler (1949), utilizando el sistema de columna única para prueba de materiales (Instron®) con celda de Warner-Bratzler (W-B) de 500 kg a una velocidad de ensayo de 40 mm/min. De cada muestra se extrajeron de 5 submuestras de 1,3 cm de diámetro en el sentido de las fibras musculares las cuales fueron sometidas a la fuerza de corte de la cizalla de W-B. Los datos obtenidos corresponden a la fuerza necesaria para cortar la muestra de carne y se expresan en valores promedios (N) para cada músculo.

Tensión hidrotérmica isométrica (HIT)

Previamente se descongelaron a temperatura ambiente los cortes de carne cruda de los músculos LD, ST y PP y utilizando bisturí quirúrgico se aislaron pequeñas tiras de tejido conectivo perimisial.

Las tiras de perimio fueron colocadas en porta-muestras para la medición de la fuerza de tensión a longitud fija en H₂O destilada utilizando el aparato de HIT descrito por Purslow *et al.*, (1998). El sistema (muestra-agua) fue sometido bajo un régimen de calentamiento constante a 3 °C/min desde temperatura ambiente hasta 85 °C utilizando una placa con agitación (EchoTherm™). Alcanzado los 85 °C las muestras se mantuvieron a dicha temperatura durante otros 10 minutos. La fuerza en función del tiempo y la temperatura fue registrada a lo largo de todo el ensayo. Del ensayo HIT se obtuvo la temperatura mínima de calentamiento para el desarrollo de la fuerza de contracción (Temperatura Onset; T_{OnSet}) y la fuerza máxima a la mayor temperatura.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) con nivel

PERÍODO DÍAS	primer 0-15	segundo 26-30	tercer 31-60	cuarto 61-90
INGREDIENTES	g/100g	g/100g	g/100g	g/100g
Silo	75	61	44,2	27
Maíz	16	28	43,6	60
Malta	2,5	3	4,5	5
Soja	5,4	6,5	5,8	5,8
Urea	0,18	0,2	0,3	0,4
Minerales	0,92	1,3	1,6	1,8

Tabla 1. Composición centesimal (g/100g) de los ingredientes utilizados en cada período, en las dietas suministradas a los animales a corral.

de significancia (α) de 0,05. La comparación de muestras se llevó a cabo mediante test de Tukey a posteriori. Para el análisis se utilizó el utilitario Prism5 (Statistical Software para Windows; GraphPad, USA).

RESULTADOS

En la tabla 2 y en la figura 1 se pueden observar los resultados de la evaluación de la calidad de carne en músculo Longissimus dorsi (LD) proveniente de animales vacunos del sistema feedlot, castrados y no castrados (enteros).

La figura 1 muestra los parámetros de color: luminosidad (L^*); rojo-verde (a^*); amarillo-azul (b^*) tomado en las muestras de LD, inmediatamente posterior al despostado y corte de la muestra muscular. Los valores promedios obtenidos de los parámetros de color no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos: L^* 42,3 (0,4) y 40,9 (0,5); a^* 22,1 (0,2) y 21,5 (0,3); b^* 14,8 (0,6) y 12,1 (0,2) para no castrados y castrados, respectivamente.

	Pérdida peso por cocción (% peso)	Terneza (W-B) Fuerza Max (N)
Castrados	18 ± 6	29 ± 7
No castrado	22 ± 5	32 ± 8

Tabla 2. Valores promedios y SEM de los parámetros de calidad; pérdida porcentual de peso por cocción y terneza (Warner-Bratzler -W-B-) para músculo LD de animales machos jóvenes castrados (C) y no castrados (NC).

El estudio de las propiedades HIT presentó notorias diferencias en la fuerza máxima de contracción entre el tejido conectivo perimio del músculo LD de animales castrados y no castrados (figura 2). La fuerza máxima de tensión fue notoriamente menor en animales castrados. Sin embargo la temperatura onset no presentó diferencias entre los dos grupos de animales (63,6 y 63,9 °C para castrados y no castrados, respectivamente).

Por su parte las propiedades HIT en los otros dos músculos Semitendinosus (ST) y Pectoral profundo (PP), evaluadas en animales castrados, tal como se muestran los resultados en la tabla 3, presentaron diferencias significativas en la fuerza máxima de contracción siendo esta equivalente entre perimios musculares de ST y PP y ambas significativamente mayores a la fuerza máxima presentada por el perimio del músculo LD. Sin embargo, la temperatura onset no presentó diferencias significativas entre los tres músculos analizados.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se pudo observar que los porcentajes de las pérdidas por cocción y la terneza, medidos mediante la fuerza máxima de corte, no presentaron diferencias significativas entre animales machos jóvenes castrados y enteros. Asimismo, los valores de terneza obtenidos resultaron comparables a los resultados obtenidos en trabajos previos en carne argentina por otros investigadores. Latimori *et al.*, (2016) no hallaron diferencias entre dietas ni biotipos, valores de W-B entre 28-33 N. Según los valores obtenidos, todas las muestras se pudieron caracterizar como tiernas. Por su parte los valores de W-B y PPC observados por Rébak *et al.*, (2012) en LD de raza del noroeste argentino, alimentados a pastura

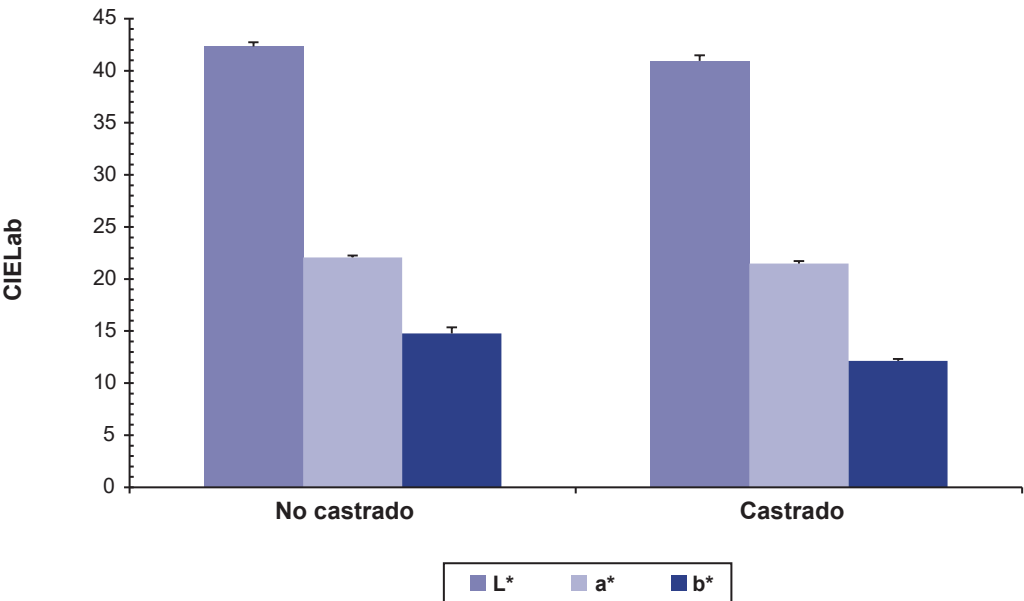


Figura 1. Parámetros de color CIELab, valores promedio y SEM de L^* , a^* , b^* ; en músculo LD para animales castrados y no castrados.

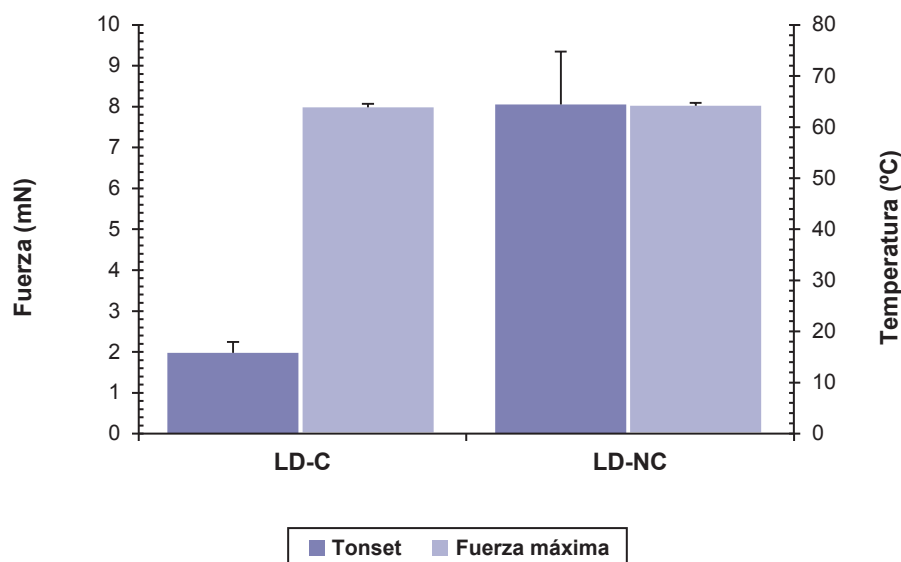


Figura 2. Estudio HIT, fuerza máxima de contracción (mN) eje izquierdo y Temperatura onset (°C) eje derecho. Las barras muestran los valores promedios y SEM para Longissimus dorsi (LD) castrados (C) y no castrados (NC).

MÚSCULOS			
	LD	ST	PP
Fuerza Máx. (mN)	2,1 ± 0,8 (0,4) ^a	9,5 ± 3,1 (1,1) ^b	7,9 ± 2,8 (1,2) ^b
Temp. onset (°C)	63 ± 3 (1,7)	62 ± 3 (1,1)	61 ± 4 (1,6)

Tabla 3. Propiedades HIT en músculos LD, ST y PP de animales castrados, alimentados a feedlot.

*Valores promedios y SEM entre paréntesis.

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

y suplementación (peso de terminación ≈ 400 kg) a los 14 y 21 días de almacenamiento fueron 26-31 N y 27-31% para W-B y PPC, respectivamente. Santini *et al.*, (2006) obtuvieron valores de W-B mayores (52-64 N) en el estudio de Angus alimentados a corral con diferentes concentraciones energéticas. Sin embargo, dichos investigadores no hallaron diferencias entre genotipo de animal y tipo de dieta.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo con respecto al color de las muestras de LD no presentaron diferencias entre los grupos de animales. Sin embargo, pudo observarse que los animales no castrados presentaron una tendencia de aumento de los tres parámetros de color CIELab.

Asimismo, estudios realizados por el INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) indican que no se han observado diferencias sobre las características organolépticas de la carne de MEJ; estas resultaron compatibles con los parámetros requeridos por los consumidores (Morao y Rügger, 2010).

Los resultados del estudio HIT del músculo LD proveniente de animales castrados vs. enteros mostraron una importante y significativa diferencia en el valor de fuerza máxima de contracción, sin diferencias en la temperatura onset. Frente a la notoria diferencia en la fuerza máxima de contracción desarrollada por el tejido conectivo perimysio LD durante el tratamiento térmico se evaluaron las propiedades HIT en otros dos músculos Semitendinosus (ST) y Pectoral profundo (PP). Los valores de fuerza máxima de contracción del perimysio en estos dos músculos fueron significativamente mayores a LD. En la temperatura onset no se observaron diferencias entre los perimysios de los músculos evaluados (ST, PP y LD). En este sentido, trabajos previos realizados por Latorre y Purslow (2015) en perimysio del músculo ST proveniente de animales castrados alimentados a pastura y terminación a correal, observaron una fuerza máxima de contracción equivalente y una temperatura onset mayor (67 °C) en comparación con la obtenida en ST de animales castrados alimentación completa a corral.

Las diferencias de la fuerza máxima de tensión podrían responder a la diferencia en la composición del tejido conectivo en los diferentes músculos. Bendall (1967) informó que el músculo pectoral (P) contiene entre 4,2 a 7,0% de colágeno (% desgrasado y en peso seco (FFDW)) y 0,41% elastina (como % del FFDW), dando la elastina el 5,5% del total conectivo tejido (CT). Sin embargo, esta medición es solo en una muestra. Los valores de Bendall para la composición de tejido conectivo de ST (3,1% de colágeno, 1,82% de elastina; elastina=37% de la TC total) y los valores de composición del CT para Longissimus: colágeno 2,3%, 0,07% elastina (elastina=2,9% del total CT).

Los datos de la tabla 2 son consistentes con la hipótesis de que el aumento de la tensión isométrica inducida por calor se puede producir en las tiras ("especímenes") más gruesas de tejido perimisial muscular de PP y ST en comparación con LD. Achille *et al.*, (2010) han demostrado previamente porqué las células de fibroblastos sintetizan colágeno en diferentes músculos de la especie bovina respondiendo de maneras diferentes a una serie de estímulos. Sin embargo, en el trabajo de Archile *et al.*, (2010) no se probó el efecto de la presencia o ausencia de testosterona, y es posible que la respuesta de los fibroblastos a la síntesis de tejido conectivo intramuscular en ausencia de esta hormona pudiera ser diferente en cada músculo. Esta posibilidad será objeto de nuevas investigaciones. Cabe señalar, además, que la diferencia en la fuerza isométrica entre el tejido conectivo del músculo LD observado en animales castrados frente a animales no castrados en este estudio no se asoció con ninguna diferencia significativa en la fuerza de cizallamiento Warner-Bratzler.

Datos sobre el contenido de colágeno total y colágeno soluble sobre 14 músculos han sido previamente informados por Torrescoano *et al.* (2003). Los autores observaron que el músculo ST presentó una menor solubilidad (10% menor) en comparación con observada para LD y PP (colágeno soluble ≈27%).

Aunque es difícil de relacionar los valores absolutos de contenido de colágeno y la solubilidad entre estos diversos estudios, el Longissimus parece presentar el contenido de colágeno más bajo y el calor de solubilidad más alto. Podría entonces pensarse que es este factor, el contenido de colágeno, el que estaría influyendo más fuertemente en la fuerza de tensión (HIT), y que la respuesta a la presencia/ausencia de testosterona a la síntesis de tejido conectivo intramuscular podría ser diferente en cada músculo. Nuevos estudios serán necesarios con el fin de explicar las diferencias observadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero de CONICET y de la Universidad Nacional de Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA).

BIBLIOGRAFÍA

ARCHILE-CONTRERAS, A.C.; MANDELL, I.B.; PURSLOW, P.P. 2010. Phenotypic differences in matrix metalloproteinase 2

activity between fibroblasts from three bovine muscles. J. Anim. Sci. 88: 4006-4015.

ASOCIACIÓN ARGENTINA DE ANGUS. 2007. La raza Angus. (Disponible: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/raza_angus/13-la_raza.pdf verificado enero de 2016).

BENDALL, J.R. 1967. The elastin content of various muscles of beef animals. J.Sci. Food Agric. 18: 553-558.

BRAÑA VARELA, D.; RAMÍREZ RODRÍGUEZ, E.; RUBIO LOZANO, M.S.; SÁNCHEZ ESCALANTE, A.; TORRESCANO URRUTIA, G.; ARENAS DE MORENO, M.L.; PARTIDA DE LA PEÑA, J.A.; PONCE ALQUICIRA, E.; RÍOS RINCÓN, F.G. 2011. Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne (2011). Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Folleto técnico N.º1, octubre 2011. ISBN: 978-607-425-612-3.

BRATZLER, L.J. 1949. Determining the tenderness of meat by use of the Warner-Bratzler method. Proc. Recip. Meat Conf. 2:117-121.

CÁMARA ARGENTINA DE FEEDLOT (CAF), Informe agosto 2015. (Disponible: http://www.feedlot.com.ar/sitio/wp-content/uploads/Inf_CAF_Ago15.pdf verificado diciembre de 2015).

CARTAGINESE, A.M.; PURSLOW, P.P. 2014. Hydrothermal isometric tension properties of perimisial connective tissue in bovine semitendinosus muscle. Conference: 60th International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST), Punta del Este, Uruguay.

LATIMORI, N.J.; KLOSTER, A.M.; AMIGONE, M.A.; GARCÍA, P.T.; CARDUZA, F.J.; PENSEL, N.A. 2016. High meat quality in grazing fattening systems with supplementation. Alta calidad de carne en sistemas pastoriles con suplementación. Informe IPCVA. (Disponible: <http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=558> verificado diciembre de 2015).

LATORRE, M.E.; PURSLOW, P.P. 2015. Propiedades hidrotérmicas-isométricas del tejido conectivo perimisio del musculo semitendinoso bovino. CyTAL. Libro de Actas del XV Congreso Argentino CYTAL, 2015. ISBN 978-987-22165-7-3.

MARTENS, H.; STABURSVIK, E.; MARTENS, M. 1982. Texture and colour changes in meat during cooking related to thermal denaturation of muscle proteins. Journal Texture Studies, 13, 291-309.

MORAO, G.; ADRIÉN RÜEGGER, M.J. 2010. Nace una nueva categoría bovina: MEJ (macho entero joven). Raza: Holando argentino. (Disponible: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/comercializacion/58NUEVA_CATEGORIA_BOVINA.pdf verificado diciembre de 2015).

PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. 1994. Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products, 18-19, 48-50, 79, 289-331, 480, 486, 489, 1.a edición. Blackie Academic & Professional, Nueva York.

PURSLOW, P.P.; WESS, T.J.; HUKINS, D.W.L. 1998. Collagen orientation and molecular spacing during mechanical transients in soft connective tissues. The Journal of Experimental Biology, 201 (1), 135-142.

RÉBAK, G.I.; YNSAURRALDE, A.E.; CAPELLARI, A.; PRESTER, N.; VÁZQUEZ, L. 2012. Calidad de carne de novillos 3/8 Braford producidos en Chaco, Argentina. Calidad de carne. Rev. Vet. 23: 2, 95-99.

SANTINI, F.J.; VILLARREAL, E.L.; FAVERIN, C.; DEPETRIS, G.; PAVAN, E.; GRIGERA NAÓN, J.J.; GRIGERA, J.M.; COSSU, M.E.; SCHOR, A. 2006. Características productivas, composición de carcasa y calidad de carne de novillos de diferentes tamaños estructural alimentados a feedlot con dietas de concentraciones energéticas distintas. Revista Argentina de Producción Animal 26: 231-244.

TORRESCANO, G.; ESCALANTE, A.S.; GIMÉNEZ, B.; RONCALÉS, P.; BELTRÁN, J.A. 2003. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. Meat Sci. 64:85-91.