

**INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA MUSCULAR Y DEL SITIO
DE TOMA DE MUESTRAS SOBRE PARÁMETROS QUE EVALÚAN
LA CALIDAD DE CARNE PORCINA**

Influence of muscle structure on meat quality traits

**Graziotti¹, G.H., Rodríguez Menéndez, J.M., Ríos, C., Affricano, N.O.,
Paltenghi Ceschel, A. y Bosco, A.**

Cátedra de Anatomía, Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Buenos Aires.

Resumen

El músculo bíceps femoral de cerdo (BF) presenta cuatro compartimentos neuromusculares (CNMs), con variaciones significativas en el área relativa (AR), área absoluta (AA) de los tipos de fibras e índice de difusión capilar (IDC). Estas variaciones deben considerarse al estudiar las relaciones entre estructura muscular y parámetros que evalúan la calidad de carne. La hipótesis planteada fue que los parámetros estudiados que evalúan calidad de carne: pH₂₄, resistencia al corte (WB), índice de rojo (a*) e índice de amarillo (b*) varían significativamente entre los CNMs, de acuerdo con sus características estructurales y bioquímicas. Muestras de los CNMs (BR1, BR2, BR3, BR4) de 10 BF, fueron utilizadas para medir pH₂₄ (peachímetro Testo 230), a* y b* (colorímetro Minolta CR-300) y WB, luego de baño en agua 50 minutos a 75°C (Instron 4442). En los CNMs los tipos de fibras I, IIA, IIX y IIB, IDC y áreas de conectivo se determinaron inmunohistoquímicamente. Los análisis estadísticos se realizaron mediante pruebas paramétricas de ANOVA (p<0,05). Los resultados fueron: pH₂₄: BR4>BR3=BR2=BR1, a*: BR4>BR1=BR2=BR3, WB: BR4<BR3, BR2, BR1, siendo BR1=BR2 y BR3=BR1. El menor valor de pH₂₄ en BR4 coincidió con el incremento del AA de las fibras I, y la disminución del AA de las IIB. Los valores de a*, mostraron una asociación positiva con el AR y AA de las fibras I y negativa con el AA y AR de IIB; WB disminuyó en BR4, correspondiendo con disminución del AR y AA de IIB. Encontramos una correlación negativa (r_s = -0,316) entre pH₂₄ y WB. Estructuralmente (AA, AR e IDC), el BF se organiza en CNMs oxidativos (BR3 y BR4) y glicolíticos (BR1 y BR2). Es importante conocer la existencia de los CNMs y conocer con exactitud los sitios de toma de muestras para evaluar consistentemente los parámetros que miden la calidad de carne.

Palabras clave: bíceps femoral de cerdo, compartimientos neuromusculares, fibra muscular, calidad de carne, toma de muestras.

Summary

The pig biceps femoris muscle (BF) has four neuromuscular compartments (CNMs), with significant variations as relative area (AR), absolute area (AA) of fiber types and capillary diffusion index (IDC), which should be considered when studying the relationship between muscle structure and parameters that measure meat quality. The hypothesis was that the studied parameters assessing meat quality: pH₂₄, shear force value (WB), red index (a*) and yellowness index (b*) vary significantly among CNMs, according to their structural and biochemical characteristics. CNMs samples (BR1, BR2, BR3, BR4) from 10 BF were used to measure pH₂₄ (pH meter Testo 230), a* and b* (Minolta CR-300) and WB. The IDC, fiber types I, IIA, IIX and IIB and connective areas were determined immunohistochemically in each of the CNMs. Parametric statistical analysis were carried out using ANOVA (p<0.05). The results were: pH₂₄: BR4>BR3=BR2=BR1, a*: BR4>BR1=BR2=BR3, WB: BR4<BR3, BR2, BR1 being BR1=BR2 and BR3=BR1. The pH₂₄ value corresponds to the increase of AA of the I fiber type and the decreasing of AA of the IIB fiber type. Variations in a* showed a positive association with AR and AA of I fiber type and negative association with the AA and AR of IIB fiber type. WB decreased in BR4 corresponding with decreases in AR and AA of IIB fiber type. We found a negative correlation (r_s= -0.316) between pH₂₄ and WB. Structurally the BF is organized in oxidative (BR3 and BR4) and glycolytic (BR1 and BR2) CNMs. It is important to note the presence of the CNMs and determine accurately the place of sampling for evaluate consistently the relationship between muscle structure and meat quality traits.

Key words: pig bicep femoris, neuromuscular compartments, muscle fiber, meat quality, sampling.

Recibido: junio de 2014

Aceptado: septiembre de 2015

1. Dirección postal: Chorroarín 280, CABA 1427CWO, (Argentina). Dirección electrónica: ggrazio@fvet.uba.ar

Introducción

La relación entre los tipos de fibras y la calidad de carne en cerdos es inconsistente y presenta aún cuestiones a resolver (Gentry et al, 2004). Una fuerte relación entre la composición del tipo de fibra y la tasa de crecimiento se puede encontrar al comparar modelos genéticos extremos, como animales salvajes versus animales domésticos. Sin embargo, esta relación se torna controversial cuando se compara entre animales domésticos (Lefaucheur, 2010). Joo et al (2013) en una reciente revisión, documentan que la calidad de la carne fresca se relaciona directamente con las características de las fibras musculares, ya que éstas son el principal constituyente del músculo. Parámetros morfológicos, como el número total de fibras y el área absoluta (AA) de las mismas son los principales variables de la masa muscular y probablemente influyen directamente en la calidad de carne, ya que representan el tipo de metabolismo predominante tanto en el animal vivo como en la canal, incidiendo en la transformación del músculo en carne y en la calidad final de la misma (Lee et al, 2010). A su vez esta última está fuertemente relacionada a la composición del tipo de fibras del músculo (porcentaje del tipo de fibras), área relativa (AR) ocupada por el tipo de fibras, e índice de difusión capilar (IDC) que, a nuestro criterio, constituyen una representación numérica más exacta de la estructura bioquímica del músculo. Una consideración importante es que el músculo, como órgano, es una estructura heterogénea, debido a la existencia de compartimentos neuromusculares (CNMs). En estos CNMs, pueden existir diferencias significativas en su estructura bioquímica que harán variar significativamente los parámetros que miden la calidad de carne, como documentan Graziotti et al (2011). Dentro de esta línea de investigación que considera la relación entre la calidad de carne, fibras musculares y heterogeneidad del músculo, Lee et al (2010) han sostenido recientemente la importancia de tener precisión en la elección del sitio de muestreo, para lograr confiabilidad y repetitividad en los resultados. Nuestra hipótesis se basó en considerar que en el músculo bíceps femoral de cerdo (BF) existen variaciones significativas en las características estructurales y bioquímicas que determinan variaciones en la calidad de carne dentro del mismo músculo. El objetivo ha sido determinar las características estructurales (AR, AA, de

las fibras e IDC) y parámetros que miden calidad de carne como el pH₂₄, índice de rojo (a*), índice de amarillo (b*) y resistencia al corte (WB) en CNMs previamente determinados del BF.

Materiales y Métodos

A partir de BF izquierdos de cerdos comerciales (n: 10), machos castrados, 100kg de peso vivo, fueron obtenidas muestras musculares del centro de los CNMs (BR1, BR2, BR3, BR4), previamente determinados según Graziotti et al (2012), dentro de las cinco horas post-faena comercial. Las muestras fueron cubiertas con polvo de talco, congeladas por inmersión en nitrógeno líquido durante 40 segundos y almacenadas en freezer a -80°C hasta su procesamiento, el cual fue realizado dentro de los 15 días posteriores al muestreo para evitar posibles alteraciones en el área de sección de las fibras (CSA) (Braund y Amling, 1988). Para identificar a las fibras musculares, se realizaron cortes seriados en crióstato (Reichert-Jung 1800) a -27 °C de 9 µm de espesor montados en portaobjetos previamente tratados con solución de polilisina al 1%. En uno de los cortes fue evaluada la actividad de la enzima miosina adenosina trifosfatasa miofibrilar (mATPasa) luego de preincubación ácida (pH 4,6) según técnica de Brooke y Kaiser (1970) modificada por Nwoye et al (1982). Otros cortes seriales fueron incubados con un panel de anticuerpos monoclonales (AcMo) específicos contra isoformas de cadena pesada miosina (MyHC) (Cuadro 1) (Hybridoma Bank, Iowa University, USA) diluidos 1:10 en sal de fosfato bufferado (PBS). Otro de los cortes fue utilizado para identificar capilares, para lo cual fue incubado con una lectina 1:30, que tiñe específicamente el endotelio (GSL I-Isolectin B4 biotinilada, Vector Laboratories B-1205), siguiendo el protocolo de inohistoquímica descrito por Graziotti et al (2011); en resumen, los cortes fueron bloqueados con solución de suero normal de cabra, incubados con el AcMo primario o lectina a 37°C durante 45 minutos en cámara húmeda, luego incubación con anticuerpo secundario y revelado mediante el complejo avidina-biotina, diaminobenzidina-peroxidasa. Combinando los resultados de las reacciones de mATPasa y la especificidad de los AcMo, las fibras fueron identificadas

Cuadro 1. Especificidad de los AcMo contra isoformas de MyHC de músculo esquelético adulto utilizados en este estudio y caracterización inmunohistoquímica de los tipos de fibras puros en cerdo (I, IIA, IIB y IIX tipos) de acuerdo con la isoforma de MyHC expresada y su reacción mATPasa.

Table 1. Specificity of AcMo against adult skeletal MyHC isoforms used in this study and immunohistochemical characterization of pure skeletal muscle fibre types in pig (I, IIA, IIX and IIB types) according to the MyHC isoform they express and mATPase reaction.

AcMo	Dilución	I	Ila	IIX	IIB	Referencias
BA-F8	1:10	+	-	-	-	Graziotti et al, 2011
A4.74	1:10	-	+	±	-	Graziotti et al, 2011
BF-35	1:10	+	+	-	-	Graziotti et al, 2011
A4.1519	1:10	-	+	+	-	Graziotti et al, 2011
mATPasa pH 4.6		++++	-	+	+++	Graziotti et al, 2011

como tipos puros I, IIA, IIX y IIB; las fibras híbridas fueron descartadas por presentarse en bajo número (< 2%) de acuerdo con Abreu et al (2006). En imágenes capturadas en formato TIFF (100X) usando el programa Motic Image Plus 2.0 de las reacciones de mATPasa fue calculada la CSA expresada en μm^2 de cada fibra, a partir de las cuales fue determinada el AA y el AR de cada fibra en cada CNM. En las imágenes captadas de la reacción de lectina se determinó la densidad capilar (DC: capilares/ mm^2), la densidad de fibras (DF/ mm^2) y el IDC (Área x DF/DC). La misma imagen fue utilizada para calcular el área ocupada por el perimio y el endomisio. A continuación, los mismos BF fueron extraídos de la res, enfriados y 24 hs post-faena fueron muestreados los CNMs para determinar los siguientes parámetros: pH_{24} con corrección automática a la temperatura del músculo (pH meter Testo 230), a^* y b^* (colorímetro Minolta CR-300) (CIE 1976) y terneza por método de cizalla de Warner Bratzler (WB) (con texturometro Instron 442) luego de 50 minutos de incubación en baño de agua a 75°C . Las mediciones se repitieron dos veces y se tomaron los valores promedio para los análisis. El análisis estadístico de los valores de las áreas fue realizado mediante análisis de varianza. Cuando los datos de la variable no tuvieron una distribución normal se utilizó la transformación de la raíz cuadrada. Las variables pH_{24} , a^* y WB fueron analizadas mediante análisis de varianza; la variable b^* fue analizada por la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis por no presentar una distribución normal.

El nivel de significación fue de 0,05 en todas las pruebas. Los datos fueron procesados mediante software Infostat® (Di Rienzo et al, 2012).

Resultados

Los resultados se muestran en los Cuadro 1, 2 y 3. En resumen se identificaron los tipos de fibras I, IIA, IIX y IIB. El músculo BF se ordena en dos CNMs predominantemente oxidativos (BR3, BR4) y dos predominantemente glicolíticos (BR1, BR2), de acuerdo a los valores de AA y AR de las fibras de tipo I y IIB. Las fibras de tipo IIA y IIX de metabolismo intermedio o glicolítico, muestran una distribución homogénea a través de los CNMs. Fibras de tipo I: AA, $\text{BR4} > \text{BR3} = \text{BR2} = \text{BR1}$; AR, $\text{BR1} = \text{BR2} < \text{BR3} = \text{BR4}$. Fibras de tipo IIB: AA, $\text{BR4} < \text{BR3} = \text{BR2} = \text{BR1}$; AR, $\text{BR1} = \text{BR2} > \text{BR3} = \text{BR4}$. Fibras de tipo IIA: AA, $\text{BR4} > \text{BR3} = \text{BR2} = \text{BR1}$; AR, $\text{BR1} = \text{BR2} = \text{BR3} = \text{BR4}$. Fibras IIX: AA, $\text{BR4} > \text{BR3} = \text{BR2} = \text{BR1}$; AR, $\text{BR2} < \text{BR1} = \text{BR3} = \text{BR4}$. Variable pH_{24} : $\text{BR4} > \text{BR3} = \text{BR2} = \text{BR1}$. Variable a^* : $\text{BR1} < \text{BR2} = \text{BR3} = \text{BR4}$. Variable b^* : $\text{BR1} = \text{BR2}$, $\text{BR2} = \text{BR3}$ y $\text{BR3} = \text{BR4}$, siendo $\text{BR4} > \text{BR2} = \text{BR1}$. Variable WB: $\text{BR4} < \text{BR3} < \text{BR2}$, siendo $\text{BR3} = \text{BR1}$ y $\text{BR1} = \text{BR2}$. Con respecto al tejido conectivo, los CNMs no difieren significativamente en cuanto al área o porcentaje ocupado por el perimio y endomisio. Los CNMs mejor irrigados son el BR3 y BR4: IDC, $\text{BR4} = \text{BR3} < \text{BR2} = \text{BR1}$

Cuadro 2. Se indican medias de la raíz cuadrada del AA de los tipos de fibra, medias del AR de los tipos de fibra, pH_{24} , a^* , b^* , WB en cada CNM, con los respectivos $\pm$ desvíos y errores standard entre paréntesis. Superíndices idénticos sin diferencia significativa ($p < 0,05$).

Table 2. Average of the square root of the AA fiber types, AR averages of fiber types, pH_{24} , a^* , b^* , WB in each CNM with their respective $\pm$ standard deviations and errors are indicated between brackets. Equal superscript are not significantly different ($p < 0.05$).

CMs	AAI	ARI	AA IIA	AR IIA	AA IIX	AR IIX	AA IIB	AR IIB	pH_{24}	a^*	b^*	WB
BR1	78,01 ^a $\pm 14,42$	0,12 ^a (0,04)	80,15 ^a $\pm 18,03$	0,10 ^a (0,04)	92,47 ^a $\pm 25,74$	0,37 ^a (0,04)	113,03 ^a $\pm 21,44$	0,47 ^a (0,04)	5,59 ^a (0,04)	12,08 (0,39)	30,86 ^a (1,9)	4,36 ^{ab} (0,21)
BR2	77,07 ^a $\pm 21,82$	0,21 ^a (0,04)	78,11 ^a $\pm 23,49$	0,13 ^a (0,04)	100,44 ^a $\pm 23,09$	0,27 ^b (0,04)	116,04 ^a $\pm 26,94$	0,41 ^a (0,04)	5,69 ^a (0,04)	15,06 ^a (2,04)	38,65 ^{ab} (0,94)	4,86 ^a (0,18)
BR3	83,07 ^a $\pm 21,63$	0,41 ^b (0,04)	83,64 ^a $\pm 24,93$	0,14 ^a (0,04)	101,69 ^a $\pm 25,77$	0,35 ^a (0,04)	116,55 ^a $\pm 23,18$	0,16 ^b (0,05)	5,69 ^a (0,04)	15,12 ^a (0,38)	38,30 ^{bc} (1,55)	3,96 ^b (0,21)
BR4	94,49 $\pm 21,03$	0,36 ^b (0,04)	93,76 $\pm 23,30$	0,14 ^a (0,04)	110,71 $\pm 28,63$	0,39 ^a (0,04)	104,95 $\pm 26,24$	0,16 ^b (0,04)	5,84 ^b (0,04)	16,15 ^a (0,37)	54,67 ^c (1,54)	2,57 ^c (0,22)

Cuadro 3. Indican los valores de IDC y DC en cada CNM. En una misma fila, superíndices idénticos indican falta de significación. Errores standard entre paréntesis ($p < 0,05$).

Table 3. IDC and DC values are indicated in each CNM. In the same row identical superscripts indicates the absence of significance. Standard errors between brackets ($p < 0.05$).

	BR1	BR2	BR3	BR4
IDC	0,20 ^{ab} (0,02)	0,23 ^a (0,02)	0,14 ^b (0,02)	0,18 ^{ab} (0,02)
DC	151,83 ^b (17,46)	204,74 ^{ab} (16,56)	237,99 ^a (16,56)	195,65 ^{ab} (15,79)

Discusión

Diversos autores (Gentry, 1994; Joo et al, 2013; Kim et al, 2013; Wojtysiak y Poltowicz, 2014) sostienen que la relación entre las características de las fibras musculares y los parámetros que indican la calidad de carne, particularmente la relación con la terneza, es controversial. Las documentaciones, en general, tratan de fundamentar estas relaciones sin precisar el sitio de toma de muestras. Sin embargo, recientemente Joo et al (2013) manifiestan la necesidad de considerar el tipo de músculo y el lugar de muestreo. Graziotti et al (2011) han considerado la importancia de precisar con exactitud el sitio de la toma de muestras, habiendo avanzado en la determinación de CNMs en el músculo en conjunto y su relación evidente con algunos parámetros de calidad de carne, trabajando en el músculo semitendinoso de cerdo. Dado que no existen trabajos previos de otros autores, en los cuales se consideren las características morfológicas y bioquímicas de los músculos de acuerdo a la existencia de CNMs y sus relaciones con el proceso de transformación del músculo en carne, utilizaremos nuestros datos comparando los CNMs predominantemente oxidativos o glicolíticos con los llamados en conjunto músculos lentos y oxidativos o rápidos y glicolíticos. Así, según Joo et al (2013) los músculos lentos contienen más colágeno, el cual juega un importante papel en la unión entre las fibras, decreciendo la terneza de la carne. Sin embargo la relación entre la composición del tipo de fibras y terneza es muy controversial, y además no existe una relación concluyente entre contenido de colágeno y los porcentajes de tipos de fibras en los animales de abasto. Nuestros resultados no concuerdan con los encontrados con este autor, ya que el área y el porcentaje de perimysio y endomysio ocupada por el tejido conectivo no presenta diferencias significativas entre los CNMs lentos (BR3 y BR4) y rápidos (BR1 y BR2) del BFC. En el cerdo el incremento de fibras IIB producen una disminución de la terneza (Joo et al, 2013). Sin embargo, cuando consideramos algunas de las características de las fibras como el AR, acordamos con Kim et al (2013) quienes documentan una relación directa entre el AR de las fibras de tipo IIB y los valores de WB y una relación indirecta entre los valores de WB y AR de las fibras de tipo I. Debe tenerse en cuenta que en nuestros resultados, no existen diferencias significativas para las AR del tipo IIB y del tipo I en las regiones BR3 y BR4, mientras que existe diferencia significativa entre los valores de WB entre las regiones BR3 y BR4; al respecto debe subrayarse que la principal diferencia con respecto a la composición de las fibras en los CNMs BR3 y BR4 se encuentra en el valor del AA de las fibras de tipo IIB y el valor del AA de las fibras de tipo I y IIA, las cuales en la región BR4 decrecen y se incrementan respectivamente, de manera muy significativa. Esta observación con respecto al AA de las fibras en la región BR4 es interesante, ya que Joo et al (2013) documentan que músculos con fibras de gran tamaño (CSA) IIB, exhiben carnes más duras que aquellos de fibras pequeñas en bovino y cerdo. En el mismo sentido, Hu et al (2008) y Nam et al (2009) documentan una correlación positiva entre WB,

AR y porcentaje de fibras de tipo IIB. Graziotti et al (2011) encuentran una correlación positiva entre el AR del tipo IIB y WB en un CNM glicolítico del músculo semitendinoso de cerdo. Recientemente Wojtysiak y Potowicz (2014) sugieren que los mayores valores de WB están relacionados con incrementos en el porcentaje, AR y AA de las fibras IIB. Asimismo estos autores indican la relación existente entre mayores valores de WB e incremento de la cantidad y calidad del colágeno como consecuencia del crecimiento. En nuestros resultados no encontramos diferencia significativa en el área ocupada por perimysio y endomysio entre los CNMs, aunque la metodología no permitió evaluar la solubilidad del colágeno, siendo resultados solamente cuantitativos. El pH, uno de los principales indicadores de calidad de carne en el cerdo, está muy relacionado con la características de las fibras musculares (Kim et al, 2013). En nuestros resultados encontramos coincidencias con la documentación aportada por Kim et al (2013), quien muestra una correlación positiva entre pH_{24} y el AR de las fibra de tipo I y negativa entre pH_{24} y el AR de las fibras IIB; si bien este autor no hace un estudio de CNMs, ambos trabajos refieren a valores de pH_{24} significativamente elevados en relación con áreas musculares predominantemente oxidativas. Wojtysiak y Poltowicz (2014) encuentran las mismas relaciones entre valores de pH_{24} y fibras oxidativas cuando analizan al músculo *longissimus dorsi* entre una raza nativa no seleccionada con predominio de fibras oxidativas, con una raza de rápido crecimiento con predominio de fibras glicolíticas. Si bien nuestros resultados (Cuadro 2) muestran que no existen diferencias significativas en el AR entre las regiones BR3 y BR4 para las fibras de tipo I y IIB, encontramos diferencias significativas en el AA de ambos tipos de fibras, que es mayor para el tipo I y menor para el tipo IIB solamente en la región BR4. Cuando analizamos los parámetros de vascularización encontramos que no existe diferencia significativa con respecto al IDC y DC entre BR3 y BR4. Podría explicarse el mayor valor significativo de pH_{24} en BR4 por la fuerte caída del AA de las fibras tipo IIB, con lo cual al disminuir el AA del tipo IIB en BR4 se incrementa el área de contacto de las fibras IIB con los capilares. Asimismo el menor valor de IDC en BR3 (mejor irrigación) podría explicarse por la menor AA de los tipos oxidativos I y IIA en BR3 con respecto a BR4, ya que el IDC es un índice más objetivo de irrigación por relacionar la DC con el AA de las fibras, indicando el área irrigado por un capilar. En consecuencia, acordamos con Pöso y Puolanne (2005) y Graziotti et al (2012) que el mayor contacto de las fibras con los capilares ($< IDC$ y $< AA$ de las fibras de tipo IIB), mejora la capacidad de remover el lactato. A su vez los compartimentos oxidativos producen menos lactato debido a una mayor concentración de la isoenzima 1 lactato deshidrogenasa (Pöso y Puolanne, 2005). En lo referente a la variable a^* , es significativamente menor en BR1 (BR2, BR3 y BR4 son iguales y mayores que BR1). Concordamos con Kim et al (2013) en que tenemos una asociación positiva entre el AR y AA del tipo I y a^* y una asociación negativa entre el AA y AR entre a^* y el tipo IIB. También coincidimos con Wojtysiak y Poltowicz (2014)

quienes explican el valor de a^* por el incremento del porcentaje y AR de las fibras de tipo I (fuertemente oxidativas) en la raza nativa Puławska, cuando comparan con una raza comercial. Resulta controversial el valor de a^* en nuestros resultados, el cual no muestra diferencia significativa con BR2, la cual es una región caracterizada como glicolítica. La falta de diferencia significativa en el valor de a^* entre BR2, BR3, y BR4, podría explicarse por la falta de diferencia significativa en el AA de los tipos I, IIA y IIB en esas tres regiones, BR1, BR2 y BR3, lo cual le resta potencia a la asociación entre valores de a^* con las regiones oxidativas, al incorporarse la región BR2. Con respecto a los valores de b^* no encontramos la asociación esperada entre las regiones oxidativas y glicolíticas; sin embargo esta controversia también es documentada por Kim et al (2013) quien encuentra una correlación negativa entre los valores de AA y AR del tipo IIB y los valores de b^* . Tal vez, la controversia entre nuestros hallazgos en relación a los valores de a^* (en BR2) y b^* y las AA y AR de los tipos I y IIB coincidiendo con Kim et al (2013), puedan explicarse porque en el presente trabajo no se consideraron las fibras híbridas por presentarse en escaso número (<3%), mientras que Kim et al (2013) las consideran en sus análisis y adjudican sus hallazgos controversiales a ellas.

Conclusiones

Puede concluirse que de acuerdo a la documentación bibliográfica y a los resultados obtenidos en este trabajo existe una relación todavía controversial entre las características de las fibras musculares y los parámetros que evalúan la calidad de carne. Sin embargo creemos que es fundamental considerar la complejidad y heterogeneidad de la estructura muscular y establecer con exactitud el sitio de toma de muestras, así como determinar con mayor precisión los tipos de fibras puros e híbridos (Kim et al, 2013).

Agradecimientos

Investigación financiada por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos Aires, Argentina, (UBACYT 100994) programación 2011-2014. Los anticuerpos monoclonales A4.74 y A4.1519 desarrollados por Helen M. Blau, BA-F8 y BF-35 desarrollados por Stefano Schiaffino, se obtuvieron a partir del Developmental Studies Hybridoma Bank bajo el auspicio de la NICHD y subvencionado por la Universidad de Iowa, Departamento de Biología, Iowa City, IA52242, EE.UU.

The monoclonal antibodies A4.74 and A4.1519 developed by Helen M. Blau, BA-F8 and BF-35 developed by Stefano Schiaffino were obtained from the Developmental Studies Hybridoma Bank developed under the auspices of the NICHD and maintained by The University of Iowa, Department of Biology, Iowa City, IA52242, USA.

Bibliografía

- Abreu, E., Quiroz-Rothe, E., Mayoral, A.I., Vivo, J.M., Robina A., Guillén, M. T., Agüera, E. and Rivero, J.L. L. 2006. Myosin heavy chain fibre types and fibre sizes in nulliparous and primiparous ovariectomized Iberian sows: interaction with two alternative rearing systems during the fattening period. *Meat Sci.* 74:359-372.
- Braund, K.G. and Amling, K.A. 1988. Muscle biopsy samples for histochemical processing: alterations induced by storage. *Vet. Pathol.* 25:77-82.
- Brooke, M.M. y Kaiser, K.K. 1970. Muscle fiber types: how many and what kind? *Arch Neurol.* 23:369-379
- CIE .1976. Commission Internationale de l'Eclairage, 18th Session, 1975: CIE Publication 36. Paris.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. y Robledo, C.W. InfoStat, versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Gentry, J.G., MC Glone, J.J., Miller, M.F. and Blanton, J.R. 2004. Environmental effects on pig performance, meat quality and muscle characteristics. *J. Anim. Sci.* 82:209-217.
- Graziotti, G.H., Rodríguez Menéndez, J.M., Ríos, C.M., Cossú, M.E., Bosco, A., Affricano, N.O., Paltenghi Ceschel, A., Moisés, S. and Basso, L. 2011. Relationship between myosin isoforms and meat quality traits in pig semitendinosus neuromuscular compartments. *Asian Austral. J. Anim.* 24:125-129.
- Graziotti, G.H., Rodríguez Menéndez, J.M., Ríos, C.M., Galotta, J.M., Bosco, A., Affricano, N.O. and Paltenghi Ceschel, A. 2012. Capillary indices in the neuromuscular compartments of the pig biceps femoris muscle may help determine meat quality. *JAPA.* 2:345-349.
- Hu, H., Wang J., Zhu, R., Guo J. and Wu, Y. 2008. Effect of myosin heavy chain composition of muscles of meat quality in Laiwu pigs and Duroc. *Sci. China Series C: Life Sci.* 51:127- 132.
- Joo, S.T., Kim, G.D., Hwang, Y.H. and Ryu, Y.C. 2013. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Sci.* 95:828-836.
- Kim, G.D., Ryu, Y.C., Jeong, J.Y., Yang, H.S. and Joo, S.T. 2013. Relationship between pork quality and characteristics of muscle fibers. *J. Anim. Sci.* 91:5525-5534.
- Nam, Y.J., Choi, Y.M., Lee, S.H., Choe, J.H., Jeong, D.W., Kim, Y.Y. and Kim, B.C. 2009. Sensory evaluations of porcine *longissimus dorsi* muscle: Relationships with *postmortem* meat quality traits and muscles fiber characteristics. *Meat Sci.* 83:731-736.
- Nwoye, L., W.F., Mommaerts, H.M., Simpson, D.R., Sreyderian, K. and Marusich, M. 1982. Evidence for a direct action of thyroid hormone in specifying muscle properties. *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* 242:R401-R408.
- Pösö, A.R. and Puolanne, E. 2005. Carbohydrate metabolism in meat animals. *Meat Sci.*, 70:423-434.
- Wojtysiak, D. and Potowicz, K. 2014. Carcass quality, physico-chemical parameters, muscle fibre traits and myosin heavy chain composition of *m. longissimus lumborum* from Puławska and Polish Large White pigs. *Meat Sci* 97:395-403.