ANÁLISIS DE TERNEZA EN LOMO CURADO DE UNA LÍNEA COMERCIAL DE CERDOS IBÉRICOS PUROS

Fernández-Barroso[1], M.A., Gómez[2], F., Caraballo[1], C., Sánchez- Esquiliche[2], F., Ramírez[2], L., López-García[1], A., Tavero[1], A., Palma-Granados[1], P., García-Casco[1], J.M. y Muñoz[1], M.
[1]Centro de I+D en Cerdo Ibérico, INIA, Ctra. EX101 km 4,7. 06300 Zafra, Badajoz. [2]Sánchez Romero Carvajal Jabugo S.A. Ctra. San Juan del Puerto, 21290 Jabugo, Huelva
fernandez.miguel@inia.es

INTRODUCCIÓN

El sistema tradicional de producción del Cerdo Ibérico, unido a las características genéticas de la raza, influyen de manera importante en la calidad de la carne y en el valor económico de sus productos curados, la cual está afectada considerablemente por el contenido en grasa intramuscular y el perfil de ácidos grasos (López-Bote, 1998). Además de éstos, la terneza debe ser considerada también como un carácter relacionado con la calidad. Ciertos parámetros del periodo de curación, como temperatura, tiempo de salado y cantidad en sal, y procesos como la proteólisis, pueden afectar a la textura, habiéndose descrito polimorfismos en genes candidatos con efecto en la misma (Gandolfi et al., 2011) que ponen de manifiesto un componente genético. Por todo ello, estos caracteres de calidad pueden ser tenidos en cuenta en un programa de mejora para Cerdo Ibérico (Silió, 2000). El objetivo del presente trabajo consistió en realizar estimas de componentes de varianza y covarianza sobre la resistencia al corte (*Fmax*) y la fuerza de compresión (*F0*), inversamente relacionadas con terneza, además de un análisis de asociación del efecto de determinados SNPs, en muestras del músculo *longissimus dorsi* curado procedentes de cerdos de sacrificio de un programa de selección que se lleva a cabo en una empresa de elaboración tradicional de productos curados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Animales y datos fenotípicos. Se sacrificaron 490 machos castrados Ibéricos puros de montanera con una edad aproximada de 17 meses y un peso medio de 165 kg, procedentes del programa de mejora genética que la empresa Sánchez Romero Carvajal desarrolla en la finca Montecastilla (Muñoz et al., 2016). Tras el sacrificio, un lomo de cada animal se procesó con el procedimiento habitual de curación de esta industria en sus instalaciones de Jabugo (Huelva), manteniéndose la trazabilidad individual. Al finalizar su curación, los lomos se envasaron al vacío y se realizaron dos determinaciones de textura instrumental: resistencia al corte mediante Warner-Bratzler (WB) y compresión mediante Stress-Relaxation Test (SR) con texturómetro TA.TXplus (Stable micro systems, U.K.), aplicándose una célula de carga de 30 kg. Los parámetros fueron analizados con el software Exponent Lite.
Para la prueba WB con la sonda *Warner Bratzler blade (HDP/BSW)* se prepararon 8 paralelepípedos de 3 x 1 x 1 cm por muestra y se midió la fuerza máxima de corte (*Fmax* en kg/cm^2), colocando las muestras con las fibras musculares en perpendicular a la dirección del movimiento vertical de la sonda. La velocidad de ensayo fue de 1,5 mm/s y velocidad de adquisición de datos de 250 puntos/s. Para el análisis SR se determinó la fuerza inicial *F0* en kg/cm^2 según el protocolo descrito por Fernandez-Barroso et al. (2017). Además se determinó el contenido en grasa intramuscular (IMF) en porcentaje, medido mediante espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) (Solís et al., 2001) en otras muestras de los lomos.
Se calcularon las correlaciones de Pearson entre las medias corregidas de cada lomo de *Fmax, F0* e IMF (software RStudio V. 0.99.902).

Estimas de Parámetros Genéticos y covarianza. Se estimaron los componentes de varianza, la heredabilidad (h^2) y correlación genética mediante VCE (V.6.0.2.) (Groeneveld et al., 1999), utilizando el siguiente modelo bivariante:

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} W_1 & 0 \\ 0 & W_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} sm_1 \\ sm_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \end{pmatrix}$$

Dónde, y_1 e y_2 son los valores fenotípicos correspondientes a los caracteres de textura instrumental medidos (*Fmax* y *F0*), β_1 y β_2, los vectores de efectos fijos que incluyen la media del peso de los dos lomos e IMF como covariables, a_1 y a_2 son los vectores de los efectos genéticos aditivos, $sm_1 y sm_2$, los vectores del efecto aleatorio conjunto debido a la montanera

y a la fecha de sacrificio (21 niveles), y e_1 y e_2, los vectores que incluyen los efectos residuales. X, Z, W son las matrices de incidencia que relacionan los parámetros con las observaciones fenotípicas.

Análisis de asociación. Estos 490 individuos fueron genotipados para 32 SNPs localizados en 12 genes candidatos (*CAPN1, CAPN3, CAPNS1, CAPNS2, CASP3, CASP9, CTSB, CTSL, MYH1, MYH3, MYOD, PRKAG3*) mediante la plataforma TaqMan OpenArray.
Para llevar a cabo el análisis de asociación, se utilizó un modelo univariante análogo al usado en la estimación de componentes de varianza, pero incluyendo en β el efecto del SNP analizado, de acuerdo con el número de copias del alelo más frecuente (0, 1, 2).

$$y = X\beta + Za + W_{sm}sm + e,$$

Estos análisis fueron llevados a cabo con el programa *qxpak* 4.0 (Pérez-Enciso y Misztal, 2004). Para corregir la multiplicidad de tests, se fijó un umbral de significación de *p-value* < 0,005, correspondiente a un FDR menor al 10% calculado por Bonferroni.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La media para *Fmax* fue de 6,90 kg/cm^2 (SD = 2,00), mientras que la *F0* media fue de 5,20 kg/cm^2 (SD = 1,54).
La correlación fenotípica observada entre los caracteres de textura instrumental *Fmax* y *F0* fue significativa (p<0,001) positiva pero moderada (r = 0,37). Respecto a las correlaciones entre *Fmax* y *F0* con IMF, fueron significativas (p<0,001) negativas y algo más bajas (r = -0,27 y -0,13, respectivamente), apuntando a una cierta disminución de la dureza y fibrosidad de la carne para lomos con mayor contenido en grasa intramuscular, puesta ya de manifiesto por Ruiz et al. (2000).
Los valores estimados de h^2 para *Fmax* y *F0* fueron 0,31 (SE=0,07) y 0,20 (SE=0,06), respectivamente. Además, se observó una correlación genética entre ellos positiva y moderada 0,26 (SE=0,2).
Respecto a los análisis de asociación, cuatro de los 32 SNPs presentaban un solo alelo y otro de ellos problemas de genotipado. Los otros 27 tenían un MAF>0,05, mostrando nueve de ellos frecuencias intermedias. Finalmente, 19 SNPs fueron utilizados en los análisis de asociación ya que los otros ocho co-segregaban. Se observaron un total de 7 asociaciones significativas a nivel nominal para *Fmax*.
La Tabla 1 muestra los SNP con efecto más significativo para *Fmax*. *CAPN1_rs19695409* afecta significativamente la resistencia al corte -0,93 (SE=0,25), por lo que en este caso, la sustitución del alelo G por C estaría asociada con carnes más tiernas. Asimismo, se observaron efectos significativos de la sustitución alélica C por T en el SNP *PRKAG3_rs3304278*, de nuevo sobre resistencia al corte *Fmax* 0.48 (SE=0,15).
En un estudio previo en los que se analizaba la asociación de los mismos SNPs en caracteres relacionados con calidad en carne fresca y cocinada, se observaron efectos de SNPs localizados en los genes *CAPN1 y PRKAG3* en resistencia al corte y pérdidas de agua en carne fresca, respectivamente (Fernández-Barroso et al., 2018). En este estudio previo, aunque el SNP con efecto del gen *PRKAG3* era el mismo, el localizado en *CAPN1* era el *CAPN1_rs81358667*, el cual no se encuentra en desequilibrio de ligamiento con *CAPN1_rs19695409* (r^2 = 0,14). Por último, ningún SNP mostró tener un efecto significativo sobre el carácter fuerza de compresión (*F0*).
Las estimas de parámetros genéticos presentadas en este trabajo son las primeras que se realizan sobre estos caracteres medidos en producto curado en Cerdos Ibéricos, siendo los valores de heredabilidad inferiores a los obtenidos en otros caracteres de calidad de canal y de carne (García-Casco et al., 2014). No obstante su evaluación genética convencional en un programa de mejora supondría un elevado coste tanto por la complejidad de medición como por el valor del producto curado. La importancia de la textura para la calidad del producto convierte a estos caracteres en apropiados para estrategias de búsquedas de genes candidatos mediante paneles de SNPs especialmente diseñados. En este sentido, los resultados de asociación encontrados en este y en anteriores trabajos, permiten avanzar hacia

diseños de programas que incluyan en un futuro la pre-selección de los verracos basándose en el genotipo de los mismos.

***Tabla 1**. SNPs con efecto significativo sobre el carácter resistencia al corte medido mediante WB (Fmax)*

SNP	MAF	*a* (SE)	LR	*p*-value
CAPN1_rs19695409	0.08	-0.93 (0.25)	13.92	$1.9x10^{-4}$
PRKAG3_rs3304278	0.32	0.48 (0.15)	10.19	0.001

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• Fernandez-Barroso, M.A. et al. 2017. ITEA (Zaragoza). •Fernández-Barroso, M.A. et al. 2018. XIX Reunión Nac. Mej. Gen. Anim. (León). • Gandolfi, G. et al. 2011. Meat Sci. 89: 478-485.• García Casco, J.M. et al. 2014. Spanish J. Agric. Res. 12 (2): 388-395 • Groeneveld E. et al. 1999. PEST Multivariate Pred. and Estim. V. 4.1. Univ. of illionis. • López-Bote, C. J. 1998. Meat Sci. 49: 17–27. • Morales, R. et al. 2007. Meat Sci. 76: 536-542. • Muñoz, M. et al. 2016. IX Inter. Sym. Med. Pig (Portalegre). • Pérez-Enciso, M. & Misztal, I. (2004). Bioinformatics, 20 (16): 2792-2798. • Ruiz, J. et al., 2000. Food Res. Inter. 33 (2): 91-95. • Silió L. 2000. Inter. Com. for Anim. Rec. 511–520 (Roma). • Solís, M. et al. 2001. ITEA, 22: 613-615.

Agradecimientos: Los autores muestran su agradecimiento a Luis Silió y Carmen Rodríguez por su trabajo continuado durante todos estos años en el diseño y desarrollo del Programa de mejora que el INIA lleva a cabo en la ganadería de SRC Jabugo S.A. Este trabajo se realizó gracias a la financiación de SRC Jabugo S.A. (Proyecto CON15-078) y a la colaboración de su personal. Así mismo, agradecen a José Tavero su asistencia técnica en el procesado de los lomos para realizar las medidas instrumentales.

DRY-CURED LOIN TENDERNESS ANALYSIS IN COMMERCIAL PUREBRED IBERIAN PIGS

ABSTRACT: The high quality of dry-cured Iberian products and their economic value are very important factors to take into account in a breeding program. Traits like intramuscular fat content (*IMF*) and tenderness have greatly influence in dry-cured meat products. Two different instrumental texture analyses: Shear Force Warner-Bratzler (*WB*) and Stress Relaxation Test (*SR*) in samples of dry-cured Iberian loin were performed. Shear (*Fmax*, kg/cm^2) and initial forces (*F0*, kg/cm^2) were measured for WB and SR tests, respectively. In the current study, phenotypic correlations between these traits and IMF, genetic variance components estimation and association analyses between *Fmax* and *F0* were carried out.
Results showed a moderate positive correlation (0.37) between *F0* and *Fmax*, and moderate negative correlations between instrumental texture parameters (*F0, Fmax)* and *IMF* (-0.27 and -0.13, respectively).The heritability values for *Fmax* and *F0* were moderate (0.31 and 0.20, respectively) and genetic correlation between these two traits were moderate positive.(0.26). In addition to this, association analyses showed *CAPN1_rs19695409* and *PRKAG3_rs3304278* have significant effects on *Fmax*. Similar effects on shear forced of cooked meat of other SNP mapped on *CAPN1* were also observed in a previous study. These results suggest that *F0* and *Fmax* have a genetic basis and their inclusion in a genetic breeding program should be considered.

Keywords*:* Iberian dry-cured loin, tenderness, candidate genes, SNPs