



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DEL MEDIO
AMBIENTE

Evaluación y selección por grasa intramuscular y respuestas correlacionadas en caracteres de calidad de la canal y de la carne de conejo

Trabajo fin de grado en ingeniería agroalimentaria y del medio rural

Alumna: Valentina Rubio Gil

Tutora: Pilar Hernández Pérez

Cotutora: Agustina Zubiri Gaitán

Valencia, julio 2019

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN POR GRASA INTRAMUSCULAR Y RESPUESTAS CORRELACIONADAS EN CARACTERES DE CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE DE CONEJO

RESUMEN:

La grasa intramuscular (GIM) es uno de los principales caracteres que afecta a la calidad de la carne, fundamentalmente a la jugosidad, terneza y flavor de la misma. En la Universitat Politècnica de València se ha realizado un experimento de selección divergente por GIM del músculo *Longissimus thoracis et lumborum* en conejos a las 9 semanas de edad, durante 10 generaciones de selección. El objetivo de este trabajo es estudiar la respuesta a la selección divergente por GIM en conejos tras 10 generaciones de selección y la respuesta correlacionada en caracteres de calidad de la canal y de la carne.

Para este trabajo se utilizaron 190 conejos, 100 de la línea de alta GIM (GA) y 90 de la línea de baja GIM (GB) de la generación 10. De los 190 conejos utilizados, 102 fueron machos y 88 fueron hembras. Además, de estos 190 conejos, 82 fueron gazapos procedentes de transferencias embrionarias. Se midió la GIM y los caracteres de calidad de la canal y de la carne: peso vivo, peso de la canal fría, peso de la canal de referencia, peso de la grasa perirrenal y escapular, % de grasa disecable, peso del lomo, % del lomo, peso del hígado, % del hígado, color de la canal y de la carne (L^* , a^* y b^*) y pH.

La respuesta directa en la décima generación de selección divergente por GIM fue positiva y relevante. Las líneas seleccionadas por alto y bajo contenido en GIM mostraron una diferencia de 0,49 g de GIM/100 g de músculo. Esta respuesta equivale a un 47% de la media del carácter o 4,1 desviaciones típicas.

Se encontraron diferencias relevantes entre las líneas en el peso de la grasa perirrenal, % de grasa disecable, peso del hígado, % del hígado y % del lomo con mayores valores en GA. Los caracteres peso del lomo, índice de amarillo (b^*) de la canal e índice de amarillo (b^*) y luminosidad (L^*) de la carne también fueron mayores en la línea GA, aunque las diferencias no fueron relevantes. No observamos diferencias en los demás caracteres de calidad de canal y de carne analizados.

Al estudiar el efecto de la transferencia, se vio que los animales transferidos tenían menor peso y % del hígado, siendo estas diferencias relevantes. En estos animales también se observó menor peso vivo, peso de la canal fría y peso de la canal de referencia, aunque con una probabilidad de relevancia moderada. El efecto sexo en caracteres de calidad de canal y carne no fue relevante.

PALABRAS CLAVE: Grasa intramuscular, conejo, selección genética, calidad de la carne.

Alumna: Valentina Rubio Gil

Tutora: Pilar Hernández Pérez

Cotutora: Agostina Zubiri Gaitán

Valencia, julio 2019

EVALUACIÓ I SELECCIÓ PER GRASA INTRAMUSCULAR I RESPOSTES CORRELACIONADES EN CARÀCTERS DE QUALITAT DE LA CANAL I DE LA CARN DE CONILL

RESUM:

El greix intramuscular (GIM) és un dels principals caràcters que afecta la qualitat de la carn, fonamentalment a la sucositat, tendresa i flavor de la carn. A la Universitat Politècnica de València s'ha realitzat un experiment de selecció divergent per GIM del múscul *Longissimus thoracis et lumborum* en conills a les 9 setmanes d'edat, durant 10 generacions de selecció. L'objectiu d'aquest treball és estudiar la resposta a la selecció divergent per GIM en conill després de 10 generacions de selecció i la resposta correlacionada en caràcters de qualitat de la canal i de la carn.

Per a aquest treball es van utilitzar 190 conills, 100 de la línia d'alta GIM (GA) i 90 de la línia de baixa GIM (GB) de la generació 10. Dels 190 conills utilitzats, 102 van ser mascles i 88 van ser femelles. A més, d'aquests 190 conills, 82 van ser animals procedents de transferències embrionàries. Es va mesurar el GIM i els caràcters de qualitat de la canal i de la carn: pes viu, pes de la canal freda, pes de la canal de referència, pes del greix perirrenal i escapular, % de greix, pes del llom, % del llom, pes del fetge, % del fetge, color de la canal i de la carn (L^* , a^* , b^*) i el pH.

La resposta directa en la desena generació de selecció divergent per GIM va ser positiva i rellevant. Les línies seleccionades per alt i baix contingut en GIM van mostrar una diferència de 0,49 g de GIM /100 g de múscul. Aquesta resposta equival a un 47% de la mitjana del caràcter o 4,1 desviacions típiques.

Es van trobar diferències rellevants entre les línies en el pes del greix perirrenal, % de greix disecable, pes del fetge, % del fetge i % del llom amb majors valors en GA. Els caràcters pes del llom, índex de groc (b^*) de la canal i índex de groc (b^*) i lluminositat (L^*) de la carn també van ser majors en la línia GA, encara que les diferències no van ser rellevants. No observem diferències en els altres caràcters de qualitat de canal i de carn analitzats.

En estudiar l'efecte de la transferència, es va veure que els animals transferits tenien menys pes i % del fetge, sent aquestes diferències rellevants. En aquests animals també es va observar menor pes viu, pes de la canal freda i pes de la canal de referència, encara que amb una probabilitat de rellevància moderada. L'efecte sexe en caràcters de qualitat de canal i carn no va ser rellevant.

PARAULES CLAU: Greix intramuscular, conill, selecció genètica, qualitat de la carn.

Alumne: Valentina Rubio Gil

Tutora: Pilar Hernández Pérez

Cotutora: Agustina Zuribi Gitán

València, juliol 2019

SELECTION AND EVALUATION FOR INTRAMUSCULAR FAT CONTENT AND CORRELATED RESPONSE ON MEAT AND CARCASS QUALITY TRAITS IN RABBITS

ABSTRACT:

Intramuscular fat content (IMF) is one of the main parameters in meat quality, since it affects its juiciness, tenderness and flavor. A divergent selection experiment for IMF content in Longissimus thoracis et lumborum was performed in rabbits during 10 generations at the Universitat Politècnica de València. The aim of this study is to estimate the direct response to selection in IMF content and the correlated responses in meat and carcass quality traits.

For this experiment, 190 rabbits from the 10th generation of selection were used, 100 from the high IMF line (H) and 90 from the low IMF line (L). Of these 190, 102 were male and 88 were female; also, 82 rabbits were born after an embryo transfer procedure. Traits considered were IMF, body weight, chilled carcass weight, reference carcass weight, scapular and perirenal fat weights, dissectible fat percentage, loin weight, loin percentage, liver weight, liver percentage, carcass and meat color (L^* , a^* y b^*) and pH.

Direct response to selection for IMF in the 10th generation was 0,49 g/100 g of muscle, equivalent to 47% of the mean of the trait or 4,1 standard deviations.

Relevant differences between the lines were found in perirenal fat weight, dissectible fat percentage, liver weight, liver percentage and loin percentage, all of them being greater in H. Loin weight, carcass yellowness (b^*) and meat yellowness(b^*) and lightness (L^*) were also greater in H, even though the differences were not relevant. No differences were observed in the remaining traits analyzed.

Embryo transfer procedure also showed an important effect. Animals produced by embryo transfer had lower liver weight and liver percentage and these differences were relevant. These animals also had lower body weight, chilled carcass weight and reference carcass weight, with a moderate relevance probability. Sex had no relevant effect in meat and carcass quality traits.

KEY WORDS: Intramuscular fat, rabbit, genetic selection, meat quality.

Pupil: Valentina Rubio Gil

Academic supervisor: Pilar Hernández Pérez

Academic co-supervisor: Agostina Zubiri Gaitán

Valencia, July 2019

AGRADECIMIENTOS

Principalmente quiero agradecer a mi familia y compañeros por haberme apoyado durante todos estos años de carrera, especialmente en el último.

Por otro lado, agradezco a todos los compañeros del Departamento de Ciencia Animal, especialmente a Marina, Agostina y Pilar haber tenido tanta paciencia conmigo y por haberme ayudado durante todo el desarrollo de este trabajo.

Este trabajo está dedicado a todos ellos. ¡Muchas gracias!

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
	1.1. La producción de carne de conejo	1
	1.2. La grasa intramuscular en carne de conejo	2
	1.3. Experimentos de selección por grasa intramuscular	3
2.	OBJETIVOS	4
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	5
	3.1. Animales	5
	3.2. Análisis estadístico	6
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
	4.1. Respuesta directa a la selección por GIM	9
	4.2. Respuesta correlacionada en calidad de canal y carne.....	10
	4.3. Efecto de la transferencia embrionaria en caracteres de calidad de canal y de carne ..	11
	4.4. Efecto sexo en caracteres de calidad de canal y de carne	14
5.	CONCLUSIÓN	16
6.	BIBLIOGRAFÍA	17

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Principales países productores de carne de conejo mundial en 2017.....	1
---	---

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de carne de conejo en provincias españolas entre enero y abril 2018-2019.2	
Tabla 2. Parámetros descriptivos de los caracteres de calidad de la canal y de la carne.	9
Tabla 3. Efecto de la selección por grasa intramuscular (GIM) en caracteres de calidad de la canal y de la carne.....	10
Tabla 4. Efecto de la transferencia embrionaria en caracteres de calidad de la canal y de la carne.	12
Tabla 5. Efecto sexo en caracteres de calidad de la canal y de la carne.	14

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La producción de carne de conejo

El comercio y consumo de la carne de conejo en la costa del Mediterráneo se remonta al año 1100 a.C. (Cullere and Dalle Zotte, 2018). Fue entre finales del siglo XIX y principios del XX en Europa cuando se inició y expandió la cría en conejeras, se fijaron las reglas de cría y reproducción y se mejoró la higiene. Posteriormente, a finales de los años 50, en Francia e Italia, se introdujeron nuevas técnicas procedentes de Estados Unidos, que desencadenaron un sistema de cría intensivo desarrollando una mejor nutrición, control de enfermedades e integración vertical, hasta llegar a la gran especialización de hoy día (Lebas et al., 1997).

España se encuentra entre los principales países productores de carne de conejo. En el 2017, la FAO (Food and Agriculture Organization, FAOSTAT, 2019) estimó una producción mundial de 1,3 millones de toneladas (tn), siendo España la segunda mayor productora con 57.258 tn/año, por detrás de China (Figura 1). Sin embargo, la producción se ha visto afectada en los últimos años. En el 2018, España ha pasado a un tercer lugar después de China y Francia, con una producción de 55.824 t/año (MAPAMA, 2019). La tendencia en el descenso de la producción sigue el 2019, se estima que entre enero y marzo de este año ha habido un descenso del 4,92% respecto al mismo período del año anterior (Tabla 1). Como se puede observar en la tabla 1, esta caída de la producción se ha visto reflejada en todas las comunidades autónomas.

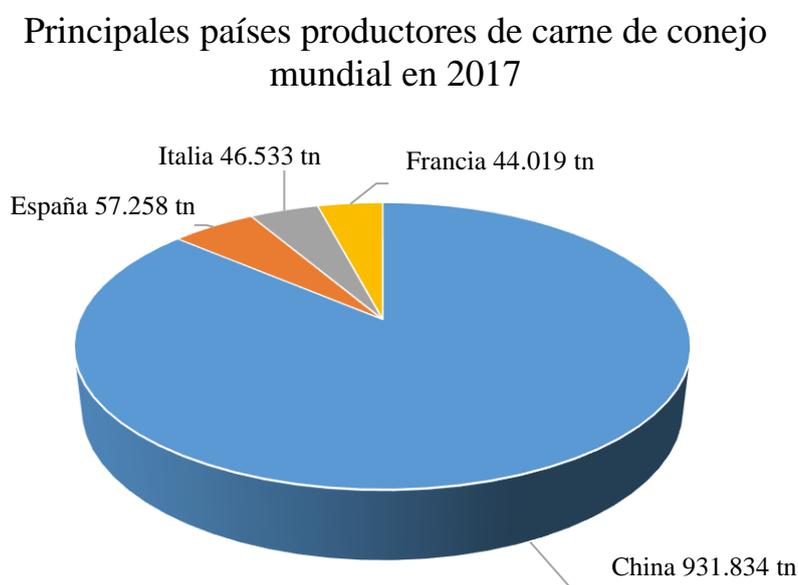


Figura 1. Principales países productores de carne de conejo mundial en 2017. Fuente: FAOSTAT (FAOSTAT, 2019)

Tabla 1. Producción de carne de conejo en provincias españolas entre enero y abril 2018-2019.

Comunidad	Enero – abril	Enero – abril	2019-2018 (%)
	2019	2018	
Aragón	890	1.096	-18,80
Cataluña	4.459	4.682	-4,78
Castilla la Mancha	1.344	1.414	-4,90
C. Valenciana	1.216	1.164	4,44
Murcia	186	207	-10,23
Andalucía	15	29	-46,52
Canarias	56	58	-3,87
Otras comunidades	10.194	10.660	-4,37
Totales	18.360	19.310	-4,92

Por otra parte, el aumento de la industrialización en la cunicultura ha provocado una disminución de la producción local y una consolidación de cuniculturas profesionales. Esta situación llevó a una disminución del 16% de las explotaciones locales en los últimos 10 años en España (MAPAMA, 2019). El elevado coste de producción de la carne de conejo genera una alta relación coste/precio y, en consecuencia, su precio ya no resulta competitivo en comparación, por ejemplo, al de las aves de corral (Petraci and Cavani, 2013). Además, el hecho de que tradicionalmente la canal de conejo se comercialice entera y de que existan escasas formas alternativas de presentación del producto, hacen que la carne de conejo sea menos atractiva para el consumidor. Se han propuesto estrategias para aumentar el consumo de carne conejo basadas en el desarrollo de alimentos procesados a base de conejo, productos precocinados y nuevas presentaciones (Petraci and Cavani, 2013).

1.2. La grasa intramuscular en carne de conejo

La cantidad de grasa en la carne de conejo depende en gran medida de la porción de la canal considerada (Hernández and Gondret, 2006). En canales de conejos (de 9 semanas de edad), la caja torácica es la parte más grasa, con 12,8 g de grasa/100 g de carne comestible. La pared abdominal y las patas delanteras muestran un contenido moderado de grasa de alrededor de 7,5 g de grasa/100 g, mientras que el contenido de grasa de la pierna es menor, 3,0 g /100 g. La parte más magra de la canal es el lomo, con 1,2 g / 100 g. En general, el rango de variación de la grasa en la carne de conejo es similar al de los pollos, pero más bajo que el de los cerdos (Dalle Zotte, 2002).

La grasa intramuscular es uno de los principales factores que determinan la calidad de la carne ya que afecta a las principales características sensoriales de la carne como la jugosidad, la ternura y el flavor (Listrat et al., 2016). En general, mayor cantidad de grasa intramuscular se asocia a una mayor jugosidad ya que la

grasa provoca una mayor salivación al masticar (Listrat et al., 2016). Por otro lado, la grasa intramuscular presenta una correlación positiva con la ternura y una correlación negativa con la fuerza de corte medida mediante Warner-Bratzler. Esto último se debe al debilitamiento del tejido al infiltrarse la grasa entre las fibras de colágeno, disminuyendo así la fuerza necesaria para cortar el tejido (Lepetit, 2008). El flavor se ha correlacionado positivamente con la grasa intramuscular, ya que la grasa genera compuestos volátiles en el cocinado, debido a la reacción de Millard y a la degradación de lípidos (Jayasena et al., 2013). Así pues, un aumento en la GIM podría conducir a un aumento de la calidad de la carne.

La grasa intramuscular y su composición en ácidos grasos también afectan a las propiedades nutricionales de la carne. Se ha observado que un aumento del contenido de GIM modifica el perfil de ácidos grasos, causando un mayor aumento de AGS y AGMI y un descenso de AGPI y, por lo tanto, un descenso del ratio de AGPI/AGS (De Smet et al., 2004, en vacuno; Martínez-Álvaro et al., 2016, en conejos).

1.3. Experimentos de selección por grasa intramuscular

La grasa intramuscular tiene una alta heredabilidad y una moderada variabilidad, por lo que es posible aumentar o disminuir fácilmente el contenido a partir de selección genética. La estima de la heredabilidad en cerdos oscila entre 0,26-0,86 (Ciobanu et al., 2011) y en vacas entre 0,34-0,77 (Mateescu, 2015). En conejos Martínez-Álvaro et al. (2016) estimó una heredabilidad de 0,5 para la GIM del músculo *Longissimus*. Hay pocos experimentos de selección por GIM (Sapp et al., 2002 en vacuno; Zhao et al., 2007 en pollos y Schwab et al., 2009 en cerdos).

En la Universitat Politècnica de València se ha realizado un experimento de selección divergente por GIM en el músculo *Longissimus* en conejo durante 10 generaciones. El conejo es un excelente modelo animal para experimentos genéticos debido a su corto intervalo generacional (6 a 8 meses) y al bajo coste de su canal. Por otro lado, los experimentos de selección divergente nos permiten obtener líneas que se diferencian únicamente en los genes que regulan el carácter bajo selección y en los caracteres correlacionados. De tal forma, esto permite estimar la respuesta directa y las respuestas correlacionadas a partir de la comparación del valor medio de los caracteres entre las líneas alta y baja.

Al hablar de experimentos de selección, los de selección divergente presentan numerosas ventajas para estudiar un carácter. Por un lado, la selección divergente permite lograr rápidamente una diferenciación fenotípica y genotípica entre las poblaciones seleccionadas. Por otro lado, los animales utilizados para comenzar la selección provienen de la misma población base, con la misma composición genética y son luego seleccionados por el mismo carácter, pero en direcciones opuestas (alto y bajo contenido en GIM) bajo las mismas condiciones ambientales.

2. OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo fueron:

-Calcular la respuesta directa en la décima generación de selección divergente por contenido de grasa intramuscular en conejo.

-Calcular las respuestas correlacionadas a la selección en los caracteres de calidad de la canal y de la carne.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Animales

Se realizó un experimento de selección divergente por grasa intramuscular (GIM) en conejos durante 10 generaciones. La población base la conformaron 13 machos y 83 hembras provenientes de una línea sintética la cual había sido seleccionada por tasa de ovulación durante 10 generaciones, seguida de dos generaciones de selección al azar.

Las líneas seleccionadas por alto (GA) y bajo (GB) contenido de GIM, se componían de 8 machos y 40 hembras. Cada macho se cruzó con 5 hembras y los cruces se conservaron durante toda la generación. A partir de la octava generación, el número de machos y hembras de cada línea aumentó a 10 y 60, respectivamente, cruzando cada macho con 6 hembras. Para el proceso de selección, en primer lugar, se sacrificaron dos hermanos completos (un macho y una hembra) de la primera camada de cada hembra, se midió su grasa intramuscular en el músculo *Longissimus thoracis et lumborum* y se calculó la media de los dos valores. Posteriormente, las hembras se ubicaron en un ranking según el valor medio de GIM de su descendencia. Finalmente, se identificó el 20% de las hembras con mayor y menor GIM y se seleccionaron hijas de su segundo o tercer parto para conformar la siguiente generación. De forma paralela, se seleccionó un hijo del mejor cruce de cada macho para formar parte de la próxima generación. Este método de selección de machos se utilizó para controlar el incremento de consanguinidad. Más detalles del proceso de selección se pueden encontrar en Zomeño et al., (2013) y Martínez-Ávaro et al., (2016).

Para este trabajo se utilizaron 190 conejos (100 de GA y 90 de GB) de la generación 10 con el fin de estudiar la respuesta directa a la selección por GIM y las respuestas correlacionadas a la selección por GIM en caracteres de calidad de la canal y de la carne. De los 190 conejos utilizados, 102 fueron machos y 88 fueron hembras. Además, de estos 190 conejos, 82 fueron gazapos procedentes de transferencias embrionarias. Estas líneas de grasa intramuscular están implicadas en un proyecto mayor, en el cual se pretende estudiar la respuesta correlacionada a la selección en el microbioma intestinal. Uno de los objetivos de dicho proyecto es estudiar el efecto materno en la composición microbiana de las líneas. Por este motivo, se realizaron transferencias embrionarias en las cuales hembras de ambas líneas recibieron embriones tanto de la línea GA como de la línea GB, de forma aleatoria. Al nacer, se identificó la línea a la que pertenecían los gazapos mediante el genotipado de los mismos.

Los conejos se criaron en jaulas de 9 animales desde el destete, a las 4 semanas de edad, hasta el sacrificio, a las 9 semanas. Su alimentación fue *ad libitum* con dieta comercial compuesta de 16,0% de proteína bruta, 2,4% de aceites y grasa bruta y 16,5% de fibra bruta. Previo al sacrificio, los conejos se pesaron (peso vivo) tras un ayuno de 4 horas. El sacrificio se realizó mediante exanguinación previo aturdimiento eléctrico.

Las canales se refrigeraron durante 24 horas a 4°C de temperatura y, posteriormente, se pesaron (peso de la canal fría). Se registró el peso de la canal de referencia sin la cabeza, hígado, pulmones, timo, esófago, corazón y riñones, tal y como estableció la World Rabbit Science Association (Blasco and Ouhayoun, 1996). Se extirparon y se pesaron los depósitos de grasa perirrenal y escapular y también el hígado y se calculó su porcentaje respecto al peso de la canal de referencia. Se midió el color de la canal luminosidad (L^*), índice de rojo (a^*) e índice de amarillo (b^*) a la altura de la cuarta vértebra lumbar con un colorímetro CR300 Minolta Chroma Meter (Minolta Camera, Osaka, Japón).

Se obtuvo el lomo (músculo *Longissimus thoracis et lumborum*), se pesó y se calculó su porcentaje con respecto al peso de la canal de referencia. También se midió el pH del lomo a las 24 horas *post mortem* a la altura de la quinta vértebra lumbar usando un medidor de pH Crison Basic +20 (Crison Instruments, Barcelona, España). El color del lomo (L^* , a^* y b^*) se midió en la sección transversal del músculo a la altura de la séptima vértebra lumbar. Tanto en la canal como en el lomo se calculó la distancia Euclídea de color ΔE ($\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$) propuesto por Sharma(2002).

La grasa intramuscular se midió en el lomo. Para ello, el músculo se picó y se liofilizó previo al análisis por espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS, modelo 5000, FOSS NIRSystems Inc., Hillerod, Dinamarca). Un 10% de las muestras se analizaron químicamente mediante extracción con éter dietílico (Soxtec 1043 extraction unit, Tecator, Höganäs, Suecia) previa hidrólisis ácida (Soxcap 2047, Tecator, Höganäs, Suecia), como control para confirmar las mediciones de NIRS. El contenido de GIM se obtuvo gracias a las ecuaciones de calibración previamente desarrolladas por Zomeño et al., (2012).

Los procedimientos experimentales realizados con animales fueron aprobados por el Comité de Ética de Investigación de la Universitat Politècnica de València, de acuerdo con las Directivas del Consejo 98/58 / CE (Comunidad Económica Europea, 1998) y 2010/63 / UE (Directiva de la Comisión Europea, 2010).

3.2. Análisis estadístico

Se calcularon los parámetros descriptivos de los caracteres, la respuesta directa a la selección y las respuestas correlacionadas tras corregir los datos por los efectos fijos del siguiente modelo:

$$y = Xb + e$$

Donde b es el vector de efectos fijos que incluye: línea (GA y GB), sexo (macho o hembra), transferencia (animales transferidos o no transferidos) y orden de parto (con dos niveles, primer parto o segundo y tercer parto agrupados), X es la matriz de diseño de efectos fijos y e es el vector de residuos. Se asumen residuos independientes entre sí, que siguen una distribución normal con parámetros media = 0 y varianza = $I\sigma_e^2$.

La repuesta directa a la selección y las respuestas correlacionadas se estimaron como diferencias fenotípicas entre las líneas GA y GB. Primero, se realizaron análisis exploratorios de los datos con diagrama box-plot y se eliminaron los outliers. Posteriormente, los datos se analizaron con estadística bayesiana

(Blasco, 2017), utilizando el programa Rabbit (Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, UPV). Se asumieron a priori planos para todos los efectos y varianzas. Las distribuciones marginales posteriores se obtuvieron con muestreo de Gibbs. Las cadenas de Monte Carlo tenían 60.000 iteraciones, un burn-in de 10.000 y se consideraron una de cada 10 iteraciones. Se testó la convergencia por el criterio de Geweke y los errores de muestreo de Montecarlo se estimaron por series de datos temporales (Blasco, 2017). Se calcularon las distribuciones marginales posteriores de las diferencias entre líneas y se obtuvieron los siguientes parámetros: la mediana, el intervalo de mayor densidad posterior con un 95% de probabilidad (HPD_{95%}) y la probabilidad de la diferencia de ser mayor a cero si la mediana es positiva, o menor a cero si la mediana es negativa (P_0). Además, se consideró 1/3 de la desviación típica de un carácter como un valor relevante (r) y se calculó la probabilidad de relevancia (probabilidad de que la diferencia entre líneas sea mayor que r cuando la mediana es positiva o menor cuando r cuando es negativa, Pr).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 2 muestra los parámetros descriptivos de los caracteres de calidad de la canal y de la carne. No se muestra el coeficiente de variación (CV) del índice de amarillo (b*) ya que este último toma valores positivos y negativos y su media es muy cercana a 0. El contenido medio de GIM del lomo fue de 1,05 g/100 g de músculo. Estos resultados concuerdan con los publicados previamente en animales de generaciones anteriores de este mismo experimento (Martínez-Álvaro et al., 2016).

Los depósitos de grasa escapular y perirrenal son los principales depósitos de grasa de la canal de conejo y juntos conforman un 1,65% del peso de la canal de referencia, lo que pone de manifiesto que la canal de conejo es una canal muy magra en comparación con otras especies (Lawrie and Ledward, 2006). El valor medio del porcentaje de hígado fue de un 7%.

Los parámetros descriptivos del color de la canal y de la carne, así como el pH de la carne, fueron similares a los parámetros obtenidos en otros estudios de conejos (Gondret et al., 2005).

Tabla 2. Parámetros descriptivos de los caracteres de calidad de la canal y de la carne.

Carácter	N	Media	DT ⁵	CV x 100 ⁶
Calidad de la canal				
Peso vivo, g	190	1.819	175	9,66
Peso de la canal fría, g	190	1.039	116	11,2
Peso de la canal de referencia, g	188	841	100	12,0
Peso de la grasa escapular, g	188	4,25	1,59	37,3
Peso de la grasa perirrenal, g	189	9,90	3,84	38,9
% Grasa disecable	186	1,65	0,46	28,0
Peso del lomo, g	189	100	15,1	15,0
% Lomo	185	11,9	0,71	5,95
Peso del hígado, g	190	59,0	10,5	17,8
% Hígado	182	6,99	0,96	13,8
L* ¹	189	52,9	2,35	4,43
a* ²	189	2,44	0,96	39,2
b* ³	189	0,46	2,09	NC ⁴
Calidad de la carne medida en el lomo				
GIM ⁴ , g/100g	186	1,05	0,12	11,79
pH	189	5,62	0,13	2,23
L* ¹	189	52,8	2,33	4,42
a* ²	190	2,36	1,00	42,39
b* ³	189	2,13	0,69	NC ⁷

¹L* = luminosidad, ²a* = índice de rojo, ³b* = índice de amarillo; ⁴GIM = grasa intramuscular;

⁵DT = desviación típica; ⁶CVx100 = coeficiente de variación; ⁷NC = no calculable.

4.1. Respuesta directa a la selección por GIM

En la Tabla 3 se muestra la respuesta directa a la selección por GIM y las respuestas correlacionadas en los caracteres de calidad de la canal y de la carne en la generación 10. La respuesta directa en GIM en la décima generación de selección fue de 0,49 g/100 g ($P_r=1,00$). Esta respuesta equivale a un 47% de la media del carácter o 4,1 desviaciones típicas. Experimentos de selección divergente por GIM realizados en pollos (Zhao et al., 2007), en cerdos (Schwab et al., 2009) y en vacuno (Sapp et al., 2002) han obtenido, también, una gran respuesta a la selección.

Tabla 3. Efecto de la selección por grasa intramuscular (GIM) en caracteres de calidad de la canal y de la carne.

Carácter	GA-GB ⁵	HPD _{95%} ⁶	P ₀ ⁷	r ⁸	P _r ⁹
Calidad de la canal					
Peso vivo, g	-9,56	-58,6 , 44,7	0,65	58,6	0,03
Peso de la canal fría, g	10,9	-21,1 , 47,8	0,74	38,9	0,06
Peso de la canal de referencia, g	6,37	-21,6 , 38,8	0,67	33,5	0,04
Peso de la grasa escapular, g	0,57	0,11 , 1,03	0,99	0,53	0,56
Peso de la grasa perirrenal, g	4,85	3,71 , 5,93	1,00	1,28	1,00
% Grasa disecable	0,65	0,51 , 0,78	1,00	0,15	1,00
Peso del lomo, g	5,37	0,71 , 9,53	0,99	5,03	0,56
% Lomo	0,61	0,40 , 0,82	1,00	0,24	1,00
Peso del hígado, g	8,48	5,38 , 11,5	1,00	3,49	1,00
% Hígado	1,00	0,72 , 1,29	1,00	0,32	1,00
L* ¹	-0,12	-0,79 , 0,56	0,63	0,78	0,03
a* ²	0,01	-0,26 , 0,28	0,54	0,32	0,02
b* ³	0,54	-0,07 , 1,13	0,96	0,70	0,30
Calidad de la carne medida en el lomo					
GIM ⁴ , g/100g	0,49	0,45 , 0,53	1,00	0,04	1,00
pH	0,00	-0,03 , 0,04	0,58	0,04	0,03
L* ¹	0,53	-0,16 , 1,19	0,94	0,78	0,23
a* ²	-0,12	-0,41 , 0,17	0,77	0,33	0,07
b* ³	0,20	0,00 , 0,41	0,98	0,23	0,39

¹L* = luminosidad, ²a* = índice de rojo, ³b* = índice de amarillo; ⁴GIM = grasa intramuscular ⁵GA-GB = mediana de la distribución marginal posterior de la diferencia entre las líneas seleccionadas por alta (GA) y baja (GB) GIM; ⁶HPD_{95%} = intervalo de mayor densidad posterior con un 95% de probabilidad; ⁷P₀ = probabilidad de que la diferencia de ser mayor que cero si la mediana es positiva, o menor que cero si la mediana es negativa; ⁸r = valor relevante (1/3 de la DT del carácter); ⁹P_r = probabilidad de que la diferencia entre líneas sea mayor que r cuando la mediana es positiva o menor cuando r cuando es negativa.

4.2. Respuesta correlacionada en calidad de canal y carne

La selección por GIM mostró una respuesta correlacionada positiva en el peso en los depósitos grasos perirrenal (P₀ = 1,00) y escapular (P₀ = 0,99), aunque solo la diferencia en grasa perirrenal fue relevante (P_r = 1,00). También se estudió la respuesta correlacionada en el porcentaje de grasa disecable total con respecto al peso de la canal de referencia. La línea GA mostró 0,65% más de grasa disecable que la GB y la diferencia fue relevante (P_r = 1,00). En experimentos de selección por GIM en cerdos (Schwab et al., 2009) y pollos (Zhao et al., 2007) también se observó una respuesta correlacionada positiva en depósitos de grasa de

la canal (contenido de grasa dorsal y peso de la grasa abdominal, respectivamente). Sin embargo, en los pollos, las diferencias entre líneas no fueron relevantes cuando el peso de la grasa abdominal se expresó como un porcentaje del peso corporal (Zhao et al., 2007).

La selección por GIM tuvo una respuesta correlacionada positiva ($P_0 = 1,00$) y relevante ($P_r = 1,00$) en el peso del hígado. Además, si expresamos el peso del hígado con respecto al peso de la canal de referencia, la respuesta a la selección sigue siendo positiva ($P_0 = 1,00$) y relevante ($P_r = 1,00$). El hígado es el órgano con mayor actividad lipogénica en conejos en desarrollo (Veizhnet and Nougues, 1977; Gondret et al., 1997), por lo que esto podría estar relacionado con una mayor deposición de grasa en el músculo y en la canal en la línea GA. No se han encontrado otros experimentos de selección por GIM que hayan estudiado este carácter.

El peso del lomo fue superior en la línea GA que en la GB ($P_0 = 0,99$), pero las diferencias entre líneas no fueron relevantes ($P_r = 0,56$). Sin embargo, la selección por GIM tuvo una respuesta correlacionada positiva ($P_0 = 1,00$) y relevante ($P_r = 1,00$) en el peso del lomo referido al peso de la canal de referencia. En el estudio realizado en pollos (Zhao et al., 2007) se midió la diferencia entre líneas del peso de la pechuga y de su porcentaje con respecto al peso de la canal. En los cerdos (Schwab et al., 2009) no se estudió el peso de los lomos, pero si su área. En ambos casos la respuesta correlacionada por GIM fue positiva.

Por último, la selección por GIM produjo algunas modificaciones en el color de la canal y de la carne. En la canal, el índice de amarillo (b^*) fue mayor en GA que en GB ($P_0 = 0,96$) pero la diferencia no fue relevante ($P_r = 0,30$). En la carne, la luminosidad (L^*) y el índice de amarillo (b^*) fueron superiores en la línea GA que en la GB ($P_0 = 0,94$ y $P_0 = 0,98$, respectivamente) pero, de nuevo, las diferencias no fueron relevantes ($P_r = 0,23$ y $P_r = 0,39$, respectivamente). Se realizó el estudio de la distancia euclídea de color ΔE para interpretar si estas variaciones de color son perceptibles para el ojo humano. Un ΔE mayor que 2,3 se considera un cambio detectable para el ojo humano (Sharma, 2002). Tanto en la canal como en la carne, la distancia ΔE entre líneas fue menor a este valor (0,59 y 0,55, para la canal y la carne, respectivamente). Por lo tanto, las variaciones de color debidas a la selección por GIM no serían perceptibles. En el experimento de selección divergente por GIM en cerdos (Schwab et al., 2009) se encontró también una respuesta correlacionada positiva con la luminosidad (L^*) de la carne, pero no relevante. En el caso de los pollos (Zhao et al., 2007) la selección por GIM, no produjo cambios en el color de la carne.

La selección por GIM no afectó al resto de caracteres estudiados.

4.3. Efecto de la transferencia embrionaria en caracteres de calidad de canal y de carne

Una parte de los animales ($n = 82$, 43 de GA y 39 de GB) de este experimento fueron sometidos a transferencia embrionaria para un estudio posterior, ajeno a este trabajo. Sin embargo, consideramos que, de manera complementaria, sería interesante estudiar el efecto de este procedimiento sobre los caracteres de

calidad de la canal y de la carne. En la Tabla 4 se muestra el efecto de la transferencia embrionaria en caracteres de calidad de la canal y de la carne en la generación 10.

Tabla 4. Efecto de la transferencia embrionaria en caracteres de calidad de la canal y de la carne.

Carácter	NT-T ⁵	HPD _{95%} ⁶	P ₀ ⁷	r ⁸	P _r ⁹
Calidad de la canal					
Peso vivo, g	96,6	32,6 , 159	1,00	58,6	0,87
Peso de la canal fría, g	60,6	17,7 , 104	1,00	38,9	0,84
Peso de la canal de referencia, g	47,1	11,8 , 85,0	0,99	33,5	0,77
Peso de la grasa escapular, g	0,46	-0,13 , 1,03	0,94	0,53	0,40
Peso de la grasa perirrenal, g	1,63	0,13 , 2,97	0,99	1,28	0,69
% Grasa disecable	0,17	0,00 , 0,34	0,97	0,15	0,58
Peso del lomo, g	2,43	-3,04 , 8,01	0,81	5,03	0,56
% Lomo	-0,29	-0,56 , -0,02	0,98	0,24	0,63
Peso del hígado, g	7,56	3,75 , 11,5	1,00	3,49	0,98
% Hígado	0,53	0,16 , 0,88	1,00	0,32	0,86
L* ¹	1,04	0,22 , 1,93	0,99	0,78	0,72
a* ²	1,14	0,78 , 1,48	1,00	0,32	1,00
b* ³	1,60	0,86 , 2,42	1,00	0,70	0,99
Calidad de la carne medida en el lomo					
GIM ⁴ , g/100g	0,05	0,00 , 0,09	0,98	0,04	0,59
pH	-0,06	-0,10 , -0,02	1,00	0,04	0,82
L* ¹	0,55	-0,29 , 1,45	0,90	0,78	0,30
a* ²	0,74	0,35 , 1,11	1,00	0,33	0,98
b* ³	0,24	-0,02 , 0,49	0,97	0,23	0,53

¹L* = luminosidad, ²a* = índice de rojo, ³b* = índice de amarillo; ⁴GIM = grasa intramuscular; ⁵NT-T = mediana de la distribución marginal posterior de la diferencia entre individuos no transferidos (NT) y transferidos (T); ⁶HPD_{95%} = el intervalo de mayor densidad posterior con un 95% de probabilidad; ⁷P₀ = probabilidad de la diferencia de ser mayor que cero si la mediana es positiva, o menor que cero si la mediana es negativa; ⁸r = valor relevante (1/3 de la DT de un carácter); ⁹P_r = probabilidad de la diferencia de ser mayor que r cuando la mediana es positiva o menor cuando r cuando es negativa.

La práctica de transferencia embrionaria afectó a la calidad de la canal. Los animales transferidos mostraron menor peso corporal: peso vivo (P₀ = 1,00), peso de la canal comercial (P₀ = 1,00), y peso de la canal de referencia (P₀ = 0,99), aunque las probabilidades de relevancia de las diferencias entre grupos fueron moderadas (P_r = 0,87, 0,84 y 0,77, respectivamente). También mostraron menor peso de depósitos grasos escapular (P₀ = 0,94) y perirrenal (P₀ = 0,99), menor % de grasa disecable (P₀ = 0,97) y menor % de lomo (P₀ = 0,98), pero en ningún caso las diferencias fueron relevantes.

El peso del hígado también fue menor en los animales transferidos respecto a los no transferidos ($P_0 = 1,00$) y, en este caso, la diferencia fue relevante, tanto en peso ($P_r = 0,98$) como en porcentaje del peso de la canal de referencia ($P_r = 0,86$). Se han encontrado otros estudios que evalúan el efecto de la vitrificación y transferencia embrionaria en conejos en los caracteres de peso vivo y peso del hígado (García-Domínguez et al., 2018; Lavara et al., 2015), pero no en otros parámetros de calidad de la carne y de la canal. En estos estudios se observó un menor peso vivo en los animales vitrificados y transferidos que en los animales control. Aunque no se puede saber qué parte de esta respuesta se debe al efecto de la vitrificación y qué parte al de la transferencia, el estudio ya muestra un indicio de que los caracteres medidos se ven afectados por la manipulación de embriones.

El efecto de transferencia también produjo modificaciones en el color de la canal. En la canal, la luminosidad (L^*), el índice de amarillo (b^*) y el índice de rojo (a^*) fueron mayores en los individuos no transferidos que en los transferidos ($P_0 = 0,99$, $1,00$ y $1,00$ respectivamente) con diferencias relevantes para a^* ($P_r = 1,00$) y b^* ($P_r = 0,99$). Se calculó la distancia euclídea de color entre grupos (ΔE), el valor obtenido fue de 2,21, valor próximo al de 2,3 considerado diferencia detectable por el ojo humano (Sharma, 2002). En la carne, los animales no transferidos mostraron valores mayores en los parámetros de color, luminosidad (L^*), índice de amarillo (b^*) e índice de rojo (a^*) ($P_0 = 0,9$, $0,97$ y $1,00$, respectivamente), solo fueron relevantes estas diferencias en a^* ($P_r = 0,98$). No obstante, teniendo en cuenta la distancia euclídea de color ($\Delta E = 0,95$), estas variaciones entre los animales transferidos y los no transferidos no fueron perceptibles al ojo humano (Sharma, 2002).

4.4. Efecto sexo en caracteres de calidad de canal y de carne

Tabla 5. Efecto sexo en caracteres de calidad de la canal y de la carne.

Carácter	M-H ⁵	HPD _{95%} ⁶	P ₀ ⁷	r ⁸	P _r ⁹
Calidad de la canal					
Peso vivo, g	42,7	-8,52 , 92,4	0,95	58,6	0,27
Peso de la canal fría, g	30,9	-3,15 , 65,7	0,96	38,9	0,32
Peso de la canal de referencia, g	28,7	1,32 , 58,6	0,97	33,5	0,37
Peso de la grasa escapular, g	-0,02	-0,48 , -0,45	0,53	0,53	0,01
Peso de la grasa perirrenal, g	-0,28	-1,37 , 0,85	0,68	1,28	0,04
% Grasa disecable	-0,11	-0,24 , 0,02	0,94	0,15	0,29
Peso del lomo, g	1,53	-2,81 , 5,84	0,76	5,03	0,06
% Lomo	-0,21	-0,42 , 0,01	0,98	0,24	0,40
Peso del hígado, g	-0,15	-3,34 , 2,85	0,54	3,49	0,02
% Hígado	-0,25	-0,54 , 0,04	0,95	0,32	0,32
L* ¹	0,31	-0,39 , 0,96	0,81	0,78	0,09
a* ²	0,16	-0,13 , 0,42	0,87	0,32	0,12
b* ³	0,03	-0,59 , 0,63	0,54	0,70	0,01
Calidad de la carne medida en el lomo					
GIM ⁴ , g/100g	0,02	-0,02 , 0,05	0,84	0,04	0,12
pH	-0,01	-0,05 , 0,03	0,64	0,04	0,04
L* ¹	0,34	-0,32 , 1,02	0,84	0,78	0,10
a* ²	0,03	-0,25 , 0,34	0,60	0,33	0,02
b* ³	0,11	-0,10 , 0,31	0,86	0,23	0,13

¹L* = luminosidad, ²a* = índice de rojo, ³b* = índice de amarillo; ⁴GIM = grasa intramuscular; ⁵M-H = mediana de la distribución marginal posterior de la diferencia entre machos (M) y hembras (H); ⁶HPD_{95%} = el intervalo de mayor densidad posterior con un 95% de probabilidad; ⁷P₀ = probabilidad de la diferencia de ser mayor que cero si la mediana es positiva, o menor que cero si la mediana es negativa; ⁸r = valor relevante (1/3 de la DT de un carácter); ⁹P_r = probabilidad de la diferencia de ser mayor que r cuando la mediana es positiva o menor cuando r cuando es negativa.

El efecto sexo ha sido estudiado en otros experimentos sobre calidad de la canal y de la carne. En general, a las 9 semanas de edad (edad de sacrificio) los animales son muy jóvenes y no hay dimorfismo sexual (Pla et al., 1996).

Al evaluar el efecto sexo, se observaron ciertas diferencias en el peso corporal, siendo mayor en machos que en hembras. Tanto el peso vivo (P₀ = 0,95), como el peso de la canal fría (P₀ = 0,96) y el peso de la canal de referencia (P₀ = 0,97) presentaron diferencias, pero estas diferencias no fueron relevantes (P_r = 0,27, P_r = 0,32 y P_r = 0,37, respectivamente).

En el caso del % de la grasa disecable ($P_0 = 0,94$), el % de lomo ($P_0 = 0,98$) y el % de hígado ($P_0 = 0,95$), estos fueron mayores en hembras que en machos, pero sus valores no fueron relevantes ($P_r = 0,29$, $P_r = 0,40$ y $P_r = 0,32$, respectivamente).

Para el resto de caracteres no encontramos diferencias debidas al sexo.

5. CONCLUSIÓN

La décima generación de selección divergente por contenido de grasa intramuscular (GIM) en conejos tuvo una respuesta exitosa. Se observó una diferencia entre las líneas de alta (GA) y baja (GB) grasa intramuscular de 0,49 g/100 g de músculo, lo que equivale a un 47% de la media del carácter o 4,1 desviaciones típicas.

Al estudiar la respuesta correlacionada a la selección en los caracteres de calidad de la canal y la carne, se encontraron diferencias relevantes entre las líneas en el peso de la grasa perirrenal, % de grasa disecable, peso del hígado, % del hígado y % del lomo con mayores valores en GA. Los caracteres peso del lomo, índice de amarillo (b*) de la canal e índice de amarillo (b*) y luminosidad (L*) de la carne también fueron mayores en la línea GA, aunque las diferencias no fueron relevantes. No se evidenciaron diferencias en los demás caracteres de calidad de canal y de carne analizados.

Al estudiar el efecto de la transferencia, se vio que los animales transferidos tenían menor peso y % del hígado, siendo estas diferencias relevantes. En estos animales también se observó menor peso vivo, peso de la canal fría y peso de la canal de referencia, aunque con una probabilidad de relevancia moderada.

El efecto sexo en caracteres de calidad de canal y carne no fue relevante.

6. BIBLIOGRAFÍA

Blasco, A. 2017. Bayesian data analysis for animal scientists: The basics. Springer International Publishing.

Ciobanu, D. C., S. M. Lonergan, and E. J. Huff-Lonergan. 2011. Genetics of meat quality and carcass traits. In: The genetics of the pig. CABI. p. 355–389.

Cullere, M., and A. Dalle Zotte. 2018. Rabbit meat production and consumption: State of knowledge and future perspectives. *Meat Sci.* 143:137–146. doi:10.1016/j.meatsci.2018.04.029.

Dalle Zotte, A. 2002. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livest. Prod. Sci.* 75:11–32.

FAO STAT. 2019. Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>

Garcia-dominguez, X., G. Estruch, and F. Marco-. 2018. Long-term phenotypic effects following vitrified-thawed embryo transfer in a rabbit model.

Gondret, F., C. Larzul, S. Combes, and H. De Rochambeau. 2005. Carcass composition, bone mechanical properties, and meat quality traits in relation to growth rate in rabbits. *J. Anim. Sci.* 83:1526–1535.

Gondret, F., J. Mourot, and M. Bonneau. 1997. Developmental changes in lipogenic enzymes in muscle compared to liver and extramuscular adipose tissues in the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Comp. Biochem. Physiol. - B Biochem. Mol. Biol.* 117:259–265. doi:10.1016/S0305-0491(97)00049-7.

Hernández, P. and F. Gondret. 2006. Rabbit meat quality and safety. *Recent Advances in Rabbit Sciences*. ILVO, Melle, Belgium, pp. 267-290.

Jayasena, D. D., D. U. Ahn, K. C. Nam, and C. Jo. 2013. Flavour chemistry of chicken meat: A review. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 26:732–742. doi:10.5713/ajas.2012.12619.

Lavara, R., M. Baselga, F. Marco-Jiménez, and J. S. Vicente. 2015. Embryo vitrification in rabbits: Consequences for progeny growth. *Theriogenology.* 84:674–680. doi:10.1016/j.theriogenology.2015.04.025.

Lawrie, R. A., and D. Ledward. 2006. *Lawrie's Meat Science: Seventh Edition*. Elsevier Ltd.

Lebas, F., P. Coudert, H. de Rochambeau, and R. G. Thebault. 1997. *The rabbit: Husbandry, health and production (new revised version)*.

Lepetit, J. 2008. Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. *Meat Sci.* 80:960–

967. doi:10.1016/j.meatsci.2008.06.016.

Listrat, A., B. Lebret, I. Louveau, T. Astruc, M. Bonnet, L. Lefaucheur, B. Picard, and J. Bugeon. 2016. How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *Sci. World J.* 2016. doi:10.1155/2016/3182746.

MAPAMA (Ministerio de Agricultura, P. y, and Alimentación). 2019. Elaboración :Subdirección General de Productos Ganaderos . Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios . Ministerio de Agricultura , Pesca y Alimentación.

Martínez-Álvaro, M., P. Hernández, and A. Blasco. 2016. Divergent selection on intramuscular fat in rabbits: Responses to selection and genetic parameters. *J. Anim. Sci.* 94:4993–5003. doi:10.2527/jas.2016-0590.

Mateescu, R. G. 2014. Genetics of meat quality. In: *The genetics of cattle*. CABI. p. 544–570.

Petraci, M., and C. Cavani. 2013. Rabbit meat processing: Historical perspective to future directions. *World Rabbit Sci.* 21:217–226. doi:10.4995/wrs.2013.1329.

Pla, M., P. Hernández, and A. Blasco. 1996. Carcass composition and meat characteristics of two rabbit breeds of different degrees of maturity. *Meat Sci.* 44:85–92. doi:10.1016/S0309-1740(96)00079-4.

Sapp, R. L., J. K. Bertrand, T. D. Pringle, and D. E. Wilson. 2002. Effects of selection for ultrasound intramuscular fat percentage in Angus bulls on carcass traits of progeny. *J. Anim. Sci.* 80:2017–2022.

Schwab, C. R., T. J. Baas, K. J. Stalder, and D. Nettleton. 2009. Results from six generations of selection for intramuscular fat in Duroc swine using real-time ultrasound. I. Direct and correlated phenotypic responses to selection. *J. Anim. Sci.* 87:2774–2780. doi:10.2527/jas.2008-1335.

Sharma, G. 2002. *Color fundamentals for digital imaging*.

De Smet, S., K. Raes, and D. Demeyer. 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Anim. Res.* 53:81–98. doi:10.1051/animres:2004003.

Veizhnet, A. and J. Nougès. 1977. Evolution postnatale de la lipogenèse dans le tissu adipeux et le foie du mouton et du lapin. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 5B:851-863.

Zhao, G.P., J.L. Chen, M.Q. Zheng, J. Wen, and Y. Zhang. 2007. Correlated responses to selection for increased intramuscular fat in a Chinese quality chicken line. *Poult. Sci.* 86:2309–2314.

Zomeño, C., A. Blasco, and P. Hernández. 2013. Divergent selection for intramuscular fat content in rabbits. II. Correlated responses on carcass and meat quality traits. *J. Anim. Sci.* 91:4532–4539. doi:10.2527/jas2013-6417.

Zomeño, C., V. Juste, and P. Hernández. 2012. Application of NIRS for predicting fatty acids in intramuscular fat of rabbit. *Meat Sci.* 91:155–159. doi:10.1016/j.meatsci.2012.01.009.