

INFLUENCIA DE LA GENÉTICA Y LA ALIMENTACIÓN EN EL SABOR DE LA CARNE DE CERDO

Noel H. Williams*, Rebecca Emmett-Miculinich, Jamie Melody, Brandon Fields,
Serge Pommier, Ronald Klont, Eldon Wilson, Andrzej Sosnicki y Domingo Carrion.
PIC

1.- INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que los atributos cualitativos de la carne que tienen más importancia económica están influenciados por una combinación de factores ambientales y genéticos (Cannon et al., 1995). Sin embargo, producir magro simultáneamente con carne para consumo en fresco intentando satisfacer los gustos locales e internacionales, sigue siendo un gran reto para todos los eslabones de la cadena porcina.

En comparación con la mejora en genética cuantitativa sobre caracteres asociados a la calidad de canal, se ha alcanzado un progreso muy discreto en la mejora de la calidad de carne de cerdo. Actualmente, a la mayoría de productores de carne de cerdo no se les compensan sus esfuerzos en mejorar la calidad de la carne. Las decisiones de las granjas se toman en base al potencial de ganancia, y a principio de los 90 el sistema de pago pasó de valorar estrictamente el peso del animal a valorar la calidad de la carne y el porcentaje magro (Baas and Mabry, 1999). A consecuencia de ello, la mejora enfocada hacia producción magra ha sido muy eficaz durante los últimos 20 años. Dicha ganancia en magro ha sucedido, en parte, a expensas de la calidad de la carne que de ella se deriva. Todo ello explicado por las correlaciones entre deposición magra y grasa del animal. (Hovenier al., 1992). Aunque una reducción de grasa corporal es generalmente apreciada, una cantidad mínima de grasa intramuscular (GIM) es necesaria para mantener una calidad de carne aceptable (Devol., 1988). La correlación entre la deposición de grasa y los rasgos cualitativos de la carne no han sido consideradas en los

parámetros de selección durante todo este tiempo por lo que los valores de grasa intramuscular en la carne porcina han caído de un 6% en 1960 al 2-3% actual (Goodwin, 2000).

Aunque algunos segmentos de la industria están evolucionando hacia una política de precios basada en la calidad, dicha mejora cualitativa en el futuro dependerá en el cambio en los esquemas de selección, la aplicación de nuevas tecnologías en granja, mataderos, procesadores, junto al desarrollo de sistemas que permitan una medición precisa de parámetros de calidad de carne en línea. La reducción de calidad en la carne de porcino, afectan económicamente a todos los niveles de la industria. Por este motivo, es imprescindible entender la calidad de la carne como un beneficio para todos y encontrar la manera de lograr una alta calidad. Este estudio, que no pretende dar soluciones a todo, describe la genética y la nutrición como oportunidades para modificar el contenido de grasa intramuscular en la carne de cerdo.

2.- GRASA INTRAMUSCULAR Y VETEADO

El aspecto apetitoso y el sabor son los componentes principales de calidad de la carne de cerdo, y estudios recientes han demostrado que la grasa intramuscular y los ácidos grasos favorecen el aroma, la jugosidad y la ternura (Brewer, 2004; Murray, 2004a; Wood, 2004; Huff-Lonergan, 2002; Laack, 2001; Fernandez, 1999a; Millar, 1999; Stoier, 1998; Gispert, 1997; Casteels, 1994; Cameron and Enser, 1991; Touraille, 1989; DeVol, 1988). Bejerholm y Barton-Grade (1986) demostraron que un mínimo de 2% de grasa intramuscular era necesaria para una calidad sensorial óptima de la carne fresca, mientras que para los consumidores era necesario un 3 a 3,5% para alcanzar esas características ideales (Fernández, 1999b).

Hay que tener en cuenta que el contenido ideal de grasa intramuscular depende de las preferencias del consumidor y del fin del producto (fresco vs procesado) por ejemplo, un 1% o 2% para procesados ahumados bajos en grasa o alrededor de un 3% o 4% para jamones curados (Jamón Serrano). En un panel de consumidores japonés, Miller et al. (1999) resaltaron que un lomo altamente veteado (veteado > 5) tenía mayor sabor y un aspecto en general más apetitoso que los lomos con poco veteado, especialmente cuando se combinaba con un alto pH (>5,75). Según los resultados de un panel sensorial en Estados Unidos, los consumidores están dispuestos a pagar más si obtienen mayor porcentaje de grasa intramuscular que dará más sabor y ternura a la carne (Moeller, 1999). En efecto, el veteado da un aspecto más apetitoso, mejorando el aspecto visual de la carne, factor que valora el consumidor americano. Por otro lado, cuando se les enseñaron chuletas con un 3.0%-3.5% de grasa intramuscular, su aceptación fue menor que cuando se les enseñaron costillas con menos veteado (Brewer, 2001). Este estudio demostró que se debe alcanzar un punto medio entre el deseo visual de una carne saludable y las ganas de comer una carne de cerdo jugosa, sabrosa y tierna.

3.- METODOS PARA MEJORAR EL CONTENIDO DE GRASA INTRAMUSCULAR MEDIANTE LA TECNOLOGÍA GENÉTICA

La mejora de la grasa intramuscular se puede alcanzar utilizando herramientas de genética cuantitativa y molecular a través de programas de mejora que incluyan como objetivo de selección dichos criterios a mínimo coste. De esta manera logramos productos “a la carta” en base a programas de selección muy concretos, adaptándonos perfectamente a las necesidades específicas de segmentos del mercado.

La variación genética en la calidad de carne tiene sus orígenes en tres fuentes: diferencias entre razas/líneas, efectos debidos a los genes mayores y la heredabilidad, correlaciones genéticas debidas a las variaciones dentro de razas (Goodwin, 2000). Se ha visto que existen diferencias en calidad de carne, incluyendo el nivel de contenido en GIM entre razas (Goodwin, 2000; Séller, 1998; NPPC, 1995). Brewer (2002) concluyó en su estudio que la composición genética afectaba el color de la carne, el veteado, la jugosidad y el sabor. En especial, los animales con sangre Duroc suelen tener altas cualidades comestibles, debido al contenido de GIM en comparación con otros cruces. (Cameron y Enser, 1991; NPPC, 1995; D'Souza et al., 2002; Suzuki et al., 2003; Murria, 20004b; Wood et al., 2004). Por consiguiente, es importante tener en cuenta estas especificaciones genéticas a la hora de buscar cruces que produzcan carne de alta calidad.

4.- PREDICCIÓN A LA RESPUESTA DE SELECCIÓN PARA PROGRAMAS ENFOCADOS SOBRE GRASA INTRAMUSCULAR

La tarea de selección para carne de calidad puede ser muy complicado en base a la gran cantidad y el tipo de mediciones a realizar, junto a la dificultad de atribuir valores comerciales a estas características. El procedimiento basado en alcanzar un objetivo de mejora marcado a través de uno o pocos criterios, es utilizado de forma alternativa en los esquemas de mejora (Knap et al., 2002). Dichos procedimientos tienen su utilidad cuando es necesario mantener la respuesta de ciertos criterios en los objetivos de selección, maximizando el grado de progreso en otros criterios. Los Valores Económicos Marginales (MEV) en los índices de selección son utilizados para medir los diferentes grados de énfasis en los atributos de interés. Los MEVs se derivan del auténtico valor económico de un sistema de producción y/o integración dado, o bien del objetivo de una ganancia deseada para un atributo en particular.

Modelos de predicción cuantitativos pueden ser utilizados para prever la respuesta de selección para mejorar la GIM. SelAction (version 1.2) software (Rutten et al, 2002) han sido utilizados para este ejemplo. Muchos índices de selección diferentes fueron evaluados para determinar el peso ideal del atributo (MEV) así como la cantidad de datos

necesarios para alcanzar la mejora en GIM deseada a través de varias generaciones. Los siguientes criterios fueron considerados necesarios para un esquema de selección equilibrado: días 110 kg (DIAS), consumo medio diario (ADF), grasa dorsal (BF), grasa en lomo (LD), pH (PH), Minolta L* (MIN) y grasa intramuscular % (IMF).

El cuadro 1 describe cada uno de los cuatro índices evaluados en los modelos SelAction. Los parámetros genéticos (heredabilidades, varianza, correlaciones genéticas y fenotípicas) usados en este ejemplo de SelAction fueron extraídos de los ya disponibles en otros estudios, así como los registrados directamente de las líneas PIC (Goodwin, 2000; Knap, 1997).

Cuadro 1.- Índice de modelos utilizados para evaluar la respuesta de selección para grasa intramuscular (GIM).

Índice A	Índice de selección de base: asume criterios típicos industriales de MEVs y mediciones disponibles para: DIAS, ADF, BF, LD, pH y MIN
Índice B	Índice de base MEVs constante: suma de IMF (MEV=\$1) sin mediciones de GIM.
Índice C	Índice de base MEVs constante: suma de GIM (MEV=\$20) con 5 medio hermanos con mediciones de GIM.
Índice D	Índice de base MEVs constante: suma de GIM (MEV=\$40) con 20 medio hermanos con mediciones de GIM.

El cuadro 2 presenta las respuestas previstas en selección para cada atributo después de una generación de selección por cada índice. El Índice A representa el ejemplo de índice de mejora sin la GIM como objetivo. El Índice B incluye la grasa intramuscular como objetivo sin índice de peso de grasa intramuscular (MEV=1\$) y sin datos correspondientes de grasa intramuscular en el pedigrí de los miembros de la misma familia. Por lo tanto, la respuesta negativa de grasa intramuscular en el índice B (-0,007) es solo una parte de la correlación entre otros rasgos del índice, y demuestra que después de 5 años de selección con los pesos existentes del índice B, la grasa intramuscular disminuye en un 0,035% (-0,007 x 5). El índice C adjudica un valor de \$20 a cada unidad (1%) de grasa intramuscular y 5 medio hermanos son medidos para el atributo. La mejora de respuesta para grasa intramuscular en una generación es de 0,089% con efectos de mejora mínimos de grasa dorsal comparado a la respuesta de grasa intramuscular y grasa dorsal en el índice B. El índice D es un ejemplo aún más extremo utilizando MEV por GIM a 40\$, así como las medidas de GIM en 20 hermanos. Este índice alcanza la mayor respuesta de GIM (0,146%) por generación mientras que sigue mejorando en grasa de cobertura (-0,043mm), pH, MIN y ADF comparado a otros ejemplos de índices.

Tal y como se muestra en el cuadro 2, los días a 110 kg (DIAS) es el rasgo más

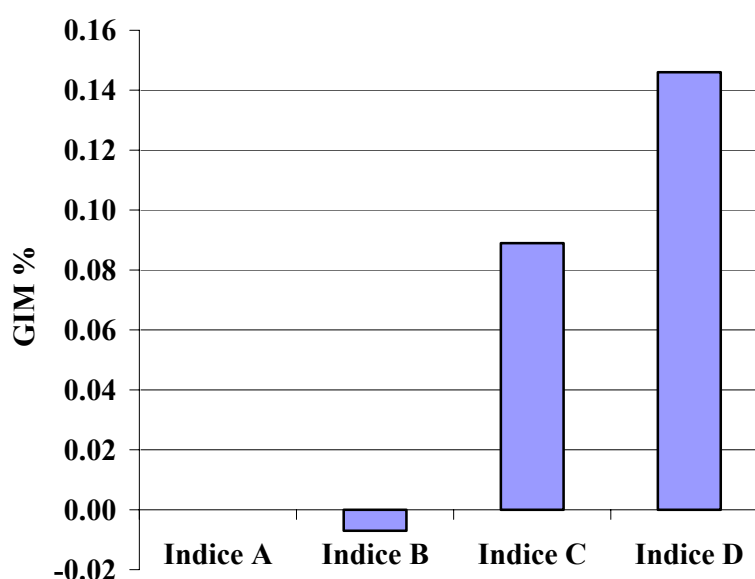
negativo cuando hablamos de mejora de GIM (índice A vs. índice D) Sin embargo, al seguir optimizando el índice de selección a través de las ganancias deseadas, tal vez se quiera también minimizar los efectos de crecimiento cambiando el MEV para criterios como DAYS y Grasa Dorsal. En general, los resultados mostrados apuntan a que aunque nuestro objetivo sea alcanzar un 0,1% de mejora en GIM por generación, necesitaríamos utilizar un valor muy alto de MEV. Por ejemplo, los valores económicos serían: valor comercial de \$40,0 para 1% de GIM, y medir en al menos 20 hermanos con pedigrí por generación para asegurar el éxito a largo plazo de este programa de mejora genética (figura 1). Al cabo de 5 años se podría obtener un 0,5% de mejora de GIM en este ejemplo en particular.

Cuadro 2. Predicción de respuesta de selección (EPD) tras una generación

Índice	Respuesta ^a EPD						
	DIAS d	ADF kg/d	BF mm	LD mm	pH	MIN L*	IMF %
Índice A – Base	-3.215	0.019	-0.539	0.126	-0.0015	0.202	--
Índice B – IMF \$1/sin datos GIM	-3.23	0.019	-0.531	0.122	-0.0015	0.202	-0.007
Índice C – IMF \$20 y 5 medio hermanos	-2.18	0.015	-0.225	0.018	0	0.143	0.089
Índice D – IMF \$40 y 20 medio hermanos	-1.03	0.008	-0.043	-0.022	0.0015	0.09	0.146

^aEPD = Diferencias esperadas en la progenie (mitad del valor genético EBV)

Figura 1.- Predicción de respuesta de selección en una generación.



Como se ha visto en el ejemplo anterior, es necesario tener medidas fenotípicas de GIM o veteado para poder llevar a cabo la mejora a través de la selección. Criterios tales como GIM, textura, jugosidad y sabor son ligeramente hereditarios (Goodwin, 2000; Knap et al., 1997), y por esta razón la información relativa a la familia, aunque sea difícil de conseguir, es importantísima para poder asegurar el éxito del programa de mejora a través de la selección para la GIM (Lundstrom et al., 1989; Lindhe et al., 1980).

Los marcadores de genética molecular son otra tecnología que proporciona información adicional para poder mejorar la GIM (Gerbens et al., 1998ab; Rothschild y Plastow, 1999; Malek et al., 2001ab; Ciobanu et al., 2002). Mientras que la investigación continúa en torno a los genes que influyen la GIM, la información sobre QTL por raza puede ser incluida como fuente adicional de información en la estimación del mérito genético para criterios de interés, agregando así exactitud a la selección por GIM en la siguiente generación (Knap, 2002; De Vries et al., 1988).

Dada la necesidad de datos de fenotipo para mejorar la GIM, es esencial encontrar métodos de medición de GIM o veteado más eficientes (tiempo & dinero). Un método de medición de GIM alternativo es el de predecir su contenido en el animal vivo, por ultrasonido. Este método ha sido usado extensamente en ganado vacuno (Wilson et al., 2001) pero se encuentra en fase de implementación en cerdos (Newcom et al., 2003). El beneficio de usar ultrasonidos para la medición de GIM es que puede hacerse en cada animal lo que aumenta la exactitud de predicción del mérito genético para cada individuo. El otro beneficio es que los animales no son sacrificados por lo que todos son potencialmente seleccionables, lo que aumenta la intensidad de selección. Los inconvenientes de este método son su alto coste, necesidad de personal especializado y la precisión obtenida a través de este método de medición. Newcom et al. (2002), demostraron que la correlación entre la GIM real obtenida y la predicha con ultrasonido era de 0,60 en cerdos mientras que era de 0,88 con el ganado vacuno (Hassen et al., 2001). El ultrasonido tiene el potencial de maximizar el progreso genético en GIM, especialmente cuando esta tecnología permita una precisa estimación del valor.

En conclusión, se deben seguir los siguientes pasos para una producción de credos con óptimo sabor a través de herramientas genéticas: a) Seleccionar una población de credos con un alto potencial de eficiencia magra pero con un alto porcentaje de GIM; b) Determinar los objetivos de selección específicos para mejorar la GIM al mismo tiempo que se mantiene o mejora el porcentaje magro, índice de crecimiento e IC; c) Utilizar el procedimiento para alcanzar el objetivo de mejora marcado y así estimar los MEVs; d) Utilización de programas cuantitativos BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) que integren la tecnología molecular y de marcadores genéticos para poder seleccionar los mejores animales; programas de monta que incluyan estimaciones de contribución óptima de sementales. e) Desarrollo de un sistema de medición para proveer datos comerciales

fiabiles certificando que la mejora genética está siendo alcanzado; f) Desarrollo de un sistema de recolección de datos a gran escala para la progenie de los cruces comarcales y en pureza, al mismo tiempo que se mantiene la información de pedigrí con el fin de actualizar constantemente los parámetros genéticos junto a una estimación mas precisa del merito genético para GIM.

Además de los métodos en genética para mejorar la GIM, se han desarrollado varios métodos para modificar el contenido de GIM a través de la nutrición. A continuación se resaltan algunos aspectos nutricionales asociados al contenido de GIM y por lo tanto al sabor de la carne porcina.

5.- MANIPULACIÓN DE LA GRASA INTRAMUSCULAR MEDIANTE LA NUTRICIÓN

Debido a la importancia de la GIM en la aceptabilidad de la carne de cerdo, se han dedicado muchos recursos a la investigación del incremento de GIM. La mayoría de estos trabajos han enfocado el incremento de GIM a través de la manipulación de la concentración de calorías y/o proteínas en el pienso. Estudios recientes han indicado que la supresión de vitamina A de la dieta puede influir en los niveles de GIM. Con todos estos datos en mente, se debe considerar como el interés en incrementar la GIM puede resultar en un aumento de costes y/o detrimento del rendimiento productivo. La gran mayoría de estas investigaciones se han basado en la manipulación calórica y proteica.

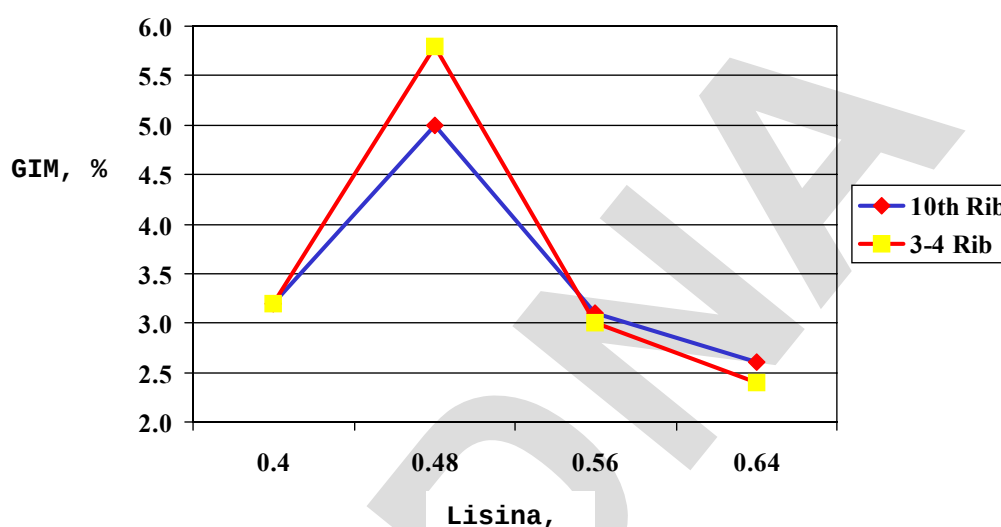
La restricción proteica parece tener los mejores resultados en el aumento de GIM en la carne de cerdo. Aunque dicha restricción aumente el contenido en GIM, tal y como demuestra el cuadro 3, también hay un efecto negativo sobre el índice de crecimiento, IC, y rendimiento a la canal. Por esta razón, este aumento de GIM no es rentable y no se puede llevar a cabo. En trabajos recientes se ha visto que una supresión a corto plazo de proteínas no reduce el índice de crecimiento ni el rendimiento a la canal.

Cuadro 3.- Influencia de alimentación deficiente en proteína en contenido de grasa intramuscular.

Proteína/Lisina		GIM %			
Adecuado	Deficiente	Adecuado	Deficiente	Rango peso, kg	Fuente
18,5/96	13,1/0,64	1,5	2,5	Destete – 103	Essen et al., 1994
17,6/81	11,9/0,48	1,4	3,5	25-98	Castell et al., 1994
25,0	10,0	3,4	9,4	30-90	Goerl et al., 1995
16,0/0,82	12,0/0,55	1,2	5,5	10-100	Kerr et al., 1995
14,0/0,56	10,0/0,40	3,8	5,7	80-110	Ellis et al., 1999

Los datos de la figura 2 y del cuadro 4 demuestran que la GIM puede aumentar significativamente mediante la restricción de proteína (amino ácidos) durante 5 semanas antes de matadero (60% de aumento) o de 10 semanas durante el período de crecimiento (68%). El cuadro muestra que la GIM puede ser potencialmente aumentada con un mínimo impacto en el índice de crecimiento. Se necesitan más estudios para determinar si una reducción a corto plazo puede dar los mismos resultados.

Figura 2. - Influencia de la alimentación deficiente en lisina a corto plazo en el contenido de grasa intramuscular (GIM) en *M. longissimus* (Ellis y McKeith, 1999)¹.



¹Dieta suministrada por 5 semanas antes de sacrificio

Cuadro 4.- Impacto de restricción a corto plazo de proteína en crecimiento y rendimiento canal en cerdos Large White x Landrace x Duroc (D'Souza et al., 2003).

Criterio	Control	15% Restricción proteica	30% Restricción proteica
Peso kg			
Día 68	23,7	23,9	23,6
Día 124	73,5	71,1	64,8
Día 159	105,0	104,9	98,6 ^a
P2 (mm)	12,4	13,8	12,9
GIM, %	1,3	1,9 ^a	2,7 ^a

Tratamientos nutricionales proporcionados por un periodo de 10 semanas (de 68 a 138 días durante la fase de crecimiento acabado)

^a Efecto tratamiento nutricional, P<0,01

Modificaciones en el contenido energético también han sido investigadas como alternativa para lograr un aumento de la GIM en el cerdo. Aunque se incremente la ingesta calórica en un 6%, el aumento de grasa se ha visto principalmente en la grasa dorsal (D'Souza et al, 2003; Eggert et al, 1998; Stahly, 1998; Engel et al., 2001). Ninguno de

estos estudios demostró que el aumento de grasa IM estuviera ligado a un aumento en la ingesta calórica. Así pues, de la bibliografía se extrae que la grasa añadida por si misma ejerce un mínimo efecto sobre el contenido de GIM. Sin embargo, la restricción de lisina en la dieta puede ser un factor determinante cuando se quiere conseguir un depósito de GIM máxima.

Investigaciones recientes han sido enfocadas a la restricción de Vitamina A en la dieta. Se ha visto que el ganado alimentado con una deficiencia de vitamina A había incrementado los niveles de GIM, comparado al ganado con dietas enriquecidas en vitamina A (Aoki et al, 1998). El mecanismo de este incremento de GIM es una deficiencia del ácido retinoico dando como resultado un descenso en la concentración de la hormona de crecimiento y un incremento de los depósitos de GIM. La restricción de vitamina A incrementa el contenido en GIM (100% incremento) en el músculo *Longissimus* del cerdo con una mínima influencia en el crecimiento o en el rendimiento a la canal (cuadro 5).

Cuadro 5.- Efecto de la restricción de Vitamina A en cerdos Large White x Landrace x Duroc sobre crecimiento y rendimiento a la canal (D'Souza et al., 2003).

Criterio	Control	Vitamina A Restricción
Peso, kg		
Día 68	23,7	23,7
Día 124	73,5	70,2
Día 159	105,0	107,9
P2 (mm)	12,4	12,3
GIM, %	1,3	2,0 ^a

Tratamiento nutricional proporcionado durante la totalidad la fase de crecimiento acabado (159 días).

^a Efecto tratamiento nutricional, $P < 0,01$

PIC llevó a cabo una prueba en la que se estudió el efecto de la nutrición y el peso de matadero sobre la GIM de la progenie de dos tipos de verracos PIC. El grupo A representaba la progenie de un verraco Pietrain Halotano negativo, mientras que el grupo B fue la progenie de un verraco Duroc. Los datos se encuadran en el cuadro 6. Durante la fase final del engorde, de 80 kg a peso de sacrificio (103 a 112 kg), ambos grupos fueron alimentados una de las siguientes dietas de acabado. La dieta A era estándar con lisina suficiente (0,91%), mientras que la lisina en el grupo B era reducida (0,43%). Ambas dietas fueron isoenergéticas.

Los resultados de este estudio demostraron (Tabla 6) que los verracos del grupo B (Duroc) tuvieron progenie con un mayor porcentaje de GIM en el semimembranoso (58% vs. 33%) (>1.5%) que la progenie del grupo A (Pietrain) a los 103 kg bajo un programa de alimentación estándar. Reducir la lisina desde los 80 kg. hasta matadero no tuvo gran impacto en el índice de crecimiento o IC en la progenie del grupo de verracos B (Duroc). Como se

demuestra en la Tabla 6, al incrementar el peso de matadero en la progenie de la línea B (Duroc) se incrementó el porcentaje de cerdos con GIM en el m. semimembranoso > 1.5% (82% vs. 58%), y al reducir la relación lisina : energía desde los 80 kg. a matadero aumentó el porcentaje de progenie con niveles aceptables de GIM en el m. semimembranoso en los animales progenie de la línea Duroc (95% vs. 82%).

Cuadro 6.- Efectos de la raza y del acabado nutricional sobre porcentaje de grasa intramuscular (GIM) en músculo semimembranoso.

Tratamiento	GIM <1.5 %	GIM 1.5-3.0%	GIM >3.0%	Total Observaciones >1.5% GIM
Tratamiento 1 Grupo A 103 kg + Dieta A ^a	67%	33%	--	33%
Tratamiento 2 Grupo B 103 kg + Dieta A ^a	42%	37%	21%	58%
Tratamiento 3 Grupo B 112 kg + Dieta A ^a	18%	55%	27%	82%
Tratamiento 4 Grupo B 112 kg + Dieta B ^b	5%	30%	65%	95%

^aDieta estándar – Lisina 0,91% alimentados de 80 kg a peso matadero

^bDieta con lisina reducida – Lisina 0,43% de 80 kg a peso matadero

Se necesitan hacer más estudios para valorar el impacto económico de esta prueba a gran escala. Además como el contenido en GIM media de las genéticas utilizadas puede influenciar la magnitud de la respuesta, es necesario llevar a cabo más estudios para evaluar la interacción genotipo x nutrición (Garnier et al., 2002).

6.- REFERENCIAS

- Aoki, Y.; Nakanishi, N.; Yamada, T.; Harashima, N.; Yamazaki, T. (1998) *Bulletin of the National Grassland Research Institute* 60:40-45.
- Baas, T.J.; Mabry, J.W. (1999) *The impact of genetics on pork quality. Pork Fact Sheet*. National Pork Producers Council, Des Moines, IA.
- Bejerholm, C.; Barton-Gade, P.A. (1986) *Proceedings of the 32nd European Meeting of Meat Research Workers*, pp. 389-391.
- Brewer, M.S.; Sosnicki, A.A.; Fields, B.; Hanks, R.; Ryan, R.K.; Zhu, L.G.; McKeith, F.K. (2004) *J. Food Sci.* 69(1):SNQ5-10.

- Brewer, M.S.; Jensen, J.; Sosnicki, A.A.; Fields, B.; Wilson, E.; McKeith, F.K. (2002) *Meat Sci.* 61:249-256.
- Brewer, M.S.; Zhu, L.G.; McKeith, F.K. (2001) *Meat Sci.* 59:153-163.
- Cameron, N.D.; Enser, M.B. (1991) *Meat Sci.* 29:295-307.
- Cannon, J.C.; Morgan, J.B.; Heavner, J.; McKeith, F.K.; Smith, G.C.; Meeker, D.L. (1995) *J. Muscle Foods* 6:369-402.
- Casteels, M.; Van Oeckel, M.J.; Boschaerts, L.; Spincemaille, G.; Boucque, C.V. (1994) *Meat Sci.* 36:253-269.
- Castell, A.G.; Cliplef, R.L.; Paste-Flyn, L.M.; Butler, G. (1994) *Canadian J. Anim. Sci.* 74:519-528.
- Ciobanu, D.C.; Lonergan, S.; Bastiaansen, J.; Woolard, J.R.; Malek, M.; Huff-Lonergan, E.; Plastow, G.S.; Rothschild, M.F. (2002) *Proceedings of the Plant & Animal Genome Conference*, San Diego, CA, pp. 74.
- D'Souza, D.N.; Pethick, D.W.; Dunshea, D.W.; Pluske, J.R.; Mullan, B.P. (2003) *Australian J. Agric. Res.* 54:745-749.
- D'Souza, D.N.; Dunshea, F.R.; Suster, D.; Pethick, D.W.; Pluske, J.R.; Mullen, B.P. (2002) Intermuscular fat deposition pattern in female finisher pigs in Western Australia. *Proceedings of the 48th ICoMST*, Rome, Italy, pp. 658-659.
- De Vol, D.L.; McKeith, F.K.; Bechtel, P.J.; Novakofski, J.; Shanks, R.D.; Carr, T.R. (1988) *J. Anim. Sci.* 66:385-395.
- De Vries, A.G.; Sosnicki, A.A.; Garnier, J.P.; Plastow, G.S. (1998) *Meat Sci.* 49(1): S245-S255.
- Eggert, J.M.; Farrand, E.J.; Mills, S.E.; Schinkel, A.P.; Forrest, J.C.; Grant, A.L.; Watkins B.A. (1998) Effects of feeding poultry fat and supplemental beef tallow on pork quality and carcass composition. *Purdue Swine Day Report*.
- Ellis, M.; McKeith, F. K. (1999) Non-ruminant nutrition and meat quality. *Reciprocal Meats Conference Proceedings* 52:15-23.
- Engel, J.J.; Smith, J.W.; Unruh, J.A.; Goodband, R.D.; O'Quinn, P.R.; Tokach, M.D.; Nelssen, J.L. (2001) *J. Anim. Sci.* 79:1491-1501.
- Essen-Gustavsson, B.; Karlson, A.; Lundstrom, K.; Enfalt, A.C. (1994) *Meat Sci.* 38:269-277.
- Fernandez, X.; Monin, G.; Talmant, A.; Mourot, J.; Lebret, B. (1999a) *Meat Sci.* 53:59-65.
- Fernandez, X.; Monin, G.; Talmant, A.; Mourot, J.; Lebret, B. (1999b) *Meat Sci.* 52:67-72.
- Garnier, J.P.; Jerez, M.; Fornos J.; Brovia, N.; Carrion, D. (2002) Variability of intramuscular fat in Duroc-crossed slaughter pigs: effect of slaughter weight, nutrition and boar. *Proceedings of the 48th ICoMST*, Rome, Italy, pp. 664-665.
- Gerbens, F.; Jansen, A.; Van Erp, A.J.M.; Harders, F.; Meuwissen, T.H.E.; Rettenberger, G.; Veerkamp, J.H.; Te Pas, M.F.W. (1998a) *Mammalian Genome* 9:1022-1026.
- Gerbens, F.; Van Erp, A.J.M.; Meuwissen, T.H.E.; Veerkamp, J.H.; Te Pas, M.F.W. (1998b) *Proceeding of the 6th World Conference on Genetics Applied to Livestock Production* 26:187-191.

- Gispert, M.; Valero, A.; Oliver, M.A.; Diestre, A. (1997) *Eurocarne* 61:27-32.
- Goerl, K.F; Eilert, S.J.; Mandingo, R.W.; Chen, H.Y.; Miller, P.S. (1995) *J. Anim. Sci.* 73:3621-3626.
- Goodwin, R.N. (2000) Genetics and pork quality. *Proceedings of Quality and Safety Summit*. July 11-12. National Pork Producers Council. Des Moines, IA.
- Hassen, A.; Wilson, D.E.; Amin, V.Z.; Rouse, G.H.; Hays, C.L. (2001) *J. Anim. Sci.* 79:11-18.
- Hovenier, R.; Kanis, E.; Van Asseldonk, T.; Weterink, N.G. (1992) *Livest. Prod. Sci.* 32:309-321.
- Huff-Lonergan, E.; Baas, T.J.; Malek, M.; Dekkers, J.C.M.; Prusa, K.; Rothschild, M.F. (2002) *J. Anim. Sci.* 80:617-627.
- Kerr, B.J; McKeith, F.K.; Easter, R.A. (1995) *J. Anim. Sci.* 73:433-440.
- Knap, P.W.; Sosnicki, A.A.; Klont, R.E.; Lacoste, A. (2002) Simultaneous improvement of meat quality and growth-and-carcass traits in pigs. *Proceedings of EAAP*, Dublin, Ireland.
- Knap, P.W.; William, A.; Solker, J. (1997) *Livest. Prod. Sci.* 52:69-73
- Lindhe, B.; Averdunk, G.; Brascamp, E.W.; Duniec, H.; Gajic, I.; Legault, C.; Steane, D.E. (1980) *Livest. Prod. Sci.* 7(3):260-282.
- Lundstrom, K.; Karlsson, A.; Lundeheim, N.; Rydhmer, L.; Vestergaard, T. (1989) *Proceeding of the 40th EAAP*, pp 3.1.
- Malek, M.; Dekkers, J.C.M.; Lee, H.K.; Baas, T.J.; Rothschild, M.F. (2001a) *Mammalian Genome* 12:630-636.
- Malek, M.; Dekkers, J.C.M.; Lee, H.K.; Baas, T.J.; Prusa, K.; Huff-Lonergan, E.; Rothschild, M.F. (2001b) *Mammalian Genome* 12:637-645.
- Miller, R.K.; Vonada, M.; Belk, K.; Moeller, S.; McKeith, F.; Fedler, C.; Prusa, K.; Conrriquiry, K.; Meisinger, D.; Goodwin, R.; Craves, J.; Lloyd, W.R.; Morton, J. (1999) *Final Report: Japanese perception and pork quality*. Illinois Soybean Program Operating Board.
- Moeller, S.J. (1999) Understanding what consumers want. *Pork Magazine*. June Issue.
- Murray, A.; Pommier, S.; Gibson, L.; Robertson, W.; Johns, M. (2004a) *Advances in Pork Production* Vol. 15, Abstract n° 16.
- Murray, A.; Pommier, S.; Robertson, W.; Johns, M. (2004b) *Advances in Pork Production*. Vol. 14, Abstract n° 17.
- National Pork Board (NPB) (2003) *Benchmarking value in the pork supply chain: final report*. Des Moines, IA.
- National Pork Producers Council (NPPC) (1995) *Genetic Evaluation: terminal line program results*. National Pork Producers Council publication. Des Moines, IA.
- Newcom, D.W.; Baas, T.J.; Stalder, K.J. (2003) Genetics of pork quality. *Proceedings of the National Swine Improvement Federation Meeting*. Des Moines, IA, pp.179-184.
- Newcom, D.W.; Baas, T.J.; Lampe, J.F. (2002) *J. Anim. Sci.* 80:3046-3052.
- Rothschild, M.F.; Plastow, G.S. (1999) *AgBiothechNet* 10:1-8.

- Rutten, M.J.M.; Bijma, P.; Woolliams, J.A.; van Arendonk, J.A.M. (2002) *The Journal of Heredity* 93:456-458.
- Sellier, P. (1998) *The Genetics of the Pig*. M.F. Rothschild y A. Ruvinsky (eds.). CAB, Wallingford, UK. pp. 463-510.
- Stahly, T.S. (1998) Fat as an alternative energy source. *Pork Conference Proceedings*, University of Illinois, USA. pp. 31-33.
- Stoier, S.; Olsen, E.V.; Magussen, C.C. (1998) Influence of crossbreeding combination and intramuscular fat content on eating quality of pork. *Proceedings of 44th ICoMST*. Barcelona, Spain.
- Suzuki, K.; Shibata, T.; Kadowaki, H.; Abe, H.; Toyoshima, T. (2003) *Meat Sci.* 64:34-42.
- Touraille, C.; Monin, G.; Legault, C. (1989) *Meat Sci.* 25:177-186.
- Van Laack, R.L.J.M.; Stevens, S.G.; Stalder, K.J. (2001) *J. Anim. Sci.* 79:392-397.
- Wilson, D.E.; Rouse, G.H.; Hassen, A. (2001) Ultrasound prediction model for % intramuscular fat in beef cattle. *Animal Science Leaflet R1756*. Iowa State University, Ames, IA.
- Wood, J.D.; Nute, G.R.; Richardson, R.I.; Whittington, F.M.; Southwood, O.; Plastow, G.; Mansbridge, R.; da Costa, N.; Chang, K.C. (2004) *Meat Sci.* 67:651-667.