

DETECCIÓN DE QTLs EN UN CRUCE F₂ DE CERDO IBERICO X LANDRACE: COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS Y SUS INDICES METABOLICOS EN EL TEJIDO ADIPOSO SUBCUTANEO DORSAL.

A. Clop¹, C. Ovilo², M. Pérez-Enciso³, A. Cercós¹, A. Tomàs¹, A. Fernandez², A. Coll¹, J. M. Folch¹, C. Barragán², I. Díaz⁴, M.A. Oliver⁴, L. Varona³, L. Silió², A. Sánchez¹, J. L. Noguera³.

¹Unitat de Genètica i Millora Animal, Fac. de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Barcelona. ²Àrea de Mejora Genética Animal y Biotecnología, CIT-INIA, 28040 Madrid. ³Àrea de Producció Animal, Centre UdL-IRTA, c25198 Lleida.

⁴IRTA Centre de Tecnologia de la Carn, 17121 Monells, Girona.

INTRODUCCION

La composición en ácidos grasos de la dieta influye significativamente en el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares en la especie humana (Yu-Poth *et al.*, 1999). El ácido linoleico (C18:2 n-6) es el precursor de las prostaglandinas y los tromboxanos, muy relacionados con el equilibrio cardiovascular. La composición en ácidos grasos también afecta a la calidad tecnológica de la carne ya que un mayor contenido en ácidos poliinsaturados confiere una grasa más blanda y con mayor tendencia a padecer enranciamiento oxidativo. Además, la composición de ácidos grasos de la grasa de las canales del cerdo Ibérico es el criterio oficial para determinar su calidad (De Pedro, 1998).

Existen varios proyectos interesados en la detección de QTLs para caracteres de calidad de la canal y de la carne basados en un barrido total del genoma mediante marcadores moleculares tipo microsatélite en un cruce F₂ entre líneas divergentes. Andersson *et al.* (1994) publicaron el primer trabajo descrito en porcino, en el que encontraron asociación de un QTL en el cromosoma 4 con deposición de grasa, así como con longitud del intestino delgado, y que ha sido confirmado por otros autores (Marklund *et al.*, 1999; Wang *et al.*, 1998; Walling *et al.*, 1998; Pérez-Enciso *et al.*, 2000). Más recientemente otros QTLs, con efecto sobre el porcentaje de grasa intramuscular, posicionados en el cromosoma 6 han sido descritos De Koning *et al.* (1999) y Ovilo *et al.* (2000). En el presente trabajo se describe la existencia de QTLs para composición de ácidos grasos en el tejido adiposo subcutáneo dorsal en un cruce experimental F₂ de cerdo Ibérico x Landrace.

MATERIAL Y METODOS

Se realizó un cruce F₂ entre 3 machos Ibéricos de la estirpe Guadyerbas con 31 hembras Landrace procedentes de Nova Genética S.A. Evitando el cruce entre hermanos se obtuvieron 577 animales a partir de 7 machos y 73 hembras F₁. (IbMap Consortium, 1998). En este estudio se presentan los resultados del análisis de 321 F₂ pertenecientes a 58 familias.

Los caracteres analizados fueron el porcentaje en ácidos grasos, la longitud media de la cadena de carbonos de los ácidos grasos ($ACL = \sum(F_{ni} \times n_i)/100$, donde F_{ni} indica el porcentaje de ácidos grasos con una longitud media de cadena de n_i carbonos), el índice de dobles enlaces ($DBI = \sum(UF_{bi} \times b_i)/100$, donde UF_{bi} es el porcentaje de ácidos grasos insaturados con b_i dobles enlaces), el índice de insaturación ($UI = DBI/\text{porcentaje de ácidos grasos saturados}$) y el de peroxidabilidad ($PI = (0.025 \times \sum(UF_1) + \sum(UF_2) + \sum(UF_3))/100$).

Se utilizaron un total de 97 marcadores moleculares (95 microsatélites y 2 RFLPs) distribuidos uniformemente por todo el genoma. El análisis de los productos amplificados se realizó en un ABI PRISM 310 Genetic Analyzer y los genotipos obtenidos se almacenaron en la base de datos GEMMA (Iannucelli *et al.*, 1996). Los

polimorfismos RFLPs se localizan en el exón 2 del gen Dienoil Coenzima A Reductasa (DECR) y en el exon 2 del gen de la hormona del crecimiento (GH).

El mapa de ligamiento de todos los cromosomas se obtuvo con la opción "build" del programa CRI-MAP versión 2.4 (Green *et al.*, 1990). El método de análisis de detección de QTLs que se utilizó fue el descrito por Haley *et al.* (1994), en el modelo lineal de regresión: $Y = \text{sexo} + \text{familia} + \text{covariable} + c_a + c_d + e$. Las covariables fueron, o el peso de la canal, o el espesor de tocino dorsal, separadamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se detalla el porcentaje de los ácidos grasos analizados en la F_2 . El ácido graso más abundante fue el oleico, seguido del palmítico, el linoleico y el esteárico.

Tabla 1. Valores fenotípicos para los ácidos grasos en el tocino dorsal en los animales F_2 analizados.

Carácter	N	Media	d.t.
% Mirístico (C14:0)	321	1,5	0,17
% Palmítico (C16:0)	321	21,8	1,46
% Palmitoleico (C16:1)	321	2,47	0,37
% Esteárico (C18:0)	321	10,88	0,91
% Oleico (C18:1n-9)	321	44,12	1,67
% Vaccénico (C18:1n-7)	321	2,94	0,28
% Linoleico (C18:2)	321	14,43	1,45

Carácter	N	Media	d.t.
% Linolénico (C18:3)	321	1,08	0,18
% Gadoleico (C20:1)	321	0,86	0,21
%Eicosadienoico (C20:2)	321	0,63	0,17
ACL	321	17,5	0,04
DBI	321	0,84	0,03
UI	321	2,52	0,23
PI	321	18,49	1,6

Se detectó asociación con la composición de ácidos grasos en 5 cromosomas (Tabla 2). El efecto en el cromosoma 4 reduce el contenido en ácido linoleico cuando el alelo Ibérico está presente, por lo que DBI y PI se ven disminuidos. En la misma región también se ha encontrado asociación con deposición de grasa y longitud de la canal. Efectos equivalentes han sido detectados en esta región por Andersson *et al.* (1994), Wang *et al.* (1998), Walling *et al.* (1998) y Bink *et al.* (2000), por lo que es razonable pensar que se trate del mismo QTL. Es probable que estos efectos sean debidos a un solo QTL con efectos pleiotrópicos debido a que el alelo ibérico aumenta el espesor de tocino dorsal y reduce a la vez el porcentaje de ácido linoleico. Este ácido graso es esencial, por lo cual no aumenta su depósito en el tejido adiposo en animales con mayor capacidad de síntesis de ácidos grasos.

El intervalo de confianza para la posición del QTL detectado en el cromosoma 6 cubre casi todo el cromosoma. Este cromosoma también presenta asociación con grasa intramuscular y espesor de tocino dorsal (Ovilo *et al.*, 2000). De Koning *et al.* (1999) sugirieron la presencia de un QTL en la misma región con efecto sobre el porcentaje de grasa intramuscular.

En los cromosomas 8 y 10, Rohrer *et al.* (1998) detectaron un efecto sobre deposición de grasa, pero solo en el caso del cromosoma 10, su localización coincide con la del QTL de ácidos grasos.

Los resultados encontrados en el cromosoma 12 se muestran en la dirección esperada, ya que los ácidos grasos poliinsaturados, linolénico y gadoleico, disminuyen en Ibérico, mientras que el ácido graso monoinsaturado, vaccénico, aumenta cuando el alelo ibérico está presente. De acuerdo con estos resultados, ACL y PI tienen el efecto esperado. Otros trabajos han encontrado asociación del gen de la hormona de crecimiento (GH) con caracteres de deposición de grasa (Knorr *et al.*, 1997). Este gen se localiza en una posición cercana al QTL de ácidos grasos en el cromosoma 12.

Para las regiones descritas se está procediendo a la obtención de mapas de mayor resolución con marcadores adecuados, que permitirán el estudio sobre genes candidatos por fisiología y posición. Para esta aproximación, el uso de mapas comparativos ratón/humano resultará de gran utilidad.

Tabla 2. Valores máximos de F significativos, indicando su posición cromosómica, el efecto aditivo y el dominante. Nivel de significación genómico del 5% F=8,53 (*) y 1% F=10,39 (**) y 0,1% F=13,07 (***).^a nivel de significación cromosómico del 5%, ^b nivel de significación cromosómico del 1%.

Cromosoma	Carácter	Posición	F	a	d.t.	d	d.t.
4	% Linoleico	75	***	-0,652	0,112	-0,004	0,164
4	% Oleico	76	7,14 ^b	0,471	0,129	-0,166	0,191
4	DBI	73	*	-1,01	0,228	-0,257	0,329
4	PI	75	***	-0,74	0,13	-0,047	0,192
6	% Palmítico	44	7,858 ^b	0,284	0,095	0,352	0,132
6	% Esteárico	13	7,094 ^b	0,268	0,118	0,723	0,231
6	% Linoleico	107	6,6 ^a	-0,281	0,129	0,478	0,18
6	ACL	44	7 ^a	-0,74	0,276	-1,01	0,385
6	DBI	105	*	-0,826	0,264	0,995	0,383
6	UI	34	*	-0,06	0,021	-0,114	0,036
8	% Palmítico	86	*	0,407	0,098	-0,066	0,144
8	% Palmitoleico	86	**	0,136	0,028	-0,072	0,041
8	ACL	86	**	-1,41	0,284	0,425	0,416
10	% Mirístico	82	*	0,07	0,017	0,021	0,036
12	% Vaccénico	21	6,75 ^b	0,103	0,034	-0,138	0,06
12	% Linolénico	31	*	-0,03	0,016	0,094	0,024
12	% Gadoleico	25	8,42 ^b	-0,079	0,022	-0,057	0,036
12	ACL	16	7,8 ^b	-1,442	0,366	0,194	0,659
12	PI	24	6,4 ^a	-0,383	0,166	0,807	0,281

BIBLIOGRAFIA

- Andersson L., Haley C., Ellegren H., Knott S., Johansson M., Andersson K., Andersson-Eklund L., Edfors-Lilja I., Fredholm M., Hansson I., Hakansson J., Lungström K., 1994. Science 263: 1771-1774.
- Bink M., Te Pas M., Harders F., Janss L., 2000. Genet. Res. 75(1): 115-121.
- De Koning D., Janss L., Rattink A., Van Oers P., De Vries B., Groenen M., Van Der Poel J., De Groot P., Brascamp E., Van Arendonk J., 1999. Genetics 152: 1679-1690.
- De Pedro E., 1998. Sólo Cerdo Ibérico. 1:87-92.
- Green P., Falls K., Crooks S., 1990. <http://biobase.dk.embnetut/Crimap>.
- Haley C., Knott S., Elsen J., 1994. Genetics 136: 1195-1207.
- Iannucelli E., Woloszyn N., Arhainx J., Gellin J., Milan D., 1996. Proc. Intl. Soc. Anim. Genet. Conf., Tours, Francia pag. 98.
- IBMAP Consortium, 1998. Proc. 6th World Cong. Genet. Appl. Livest. Prod. Armidale, Australia 26: 316-319.
- Knorr C., Moser G., Müller E., Geldermann, H., 1997 Anim. Genet. 28: 124-128.
- Marklund L., Nyström P., Stern S., Andersson-Eklund L., Andersson L., 1999. Heredit 82: 134-141.
- Ovilo C., Pérez-Enciso M., Barragan C., Clop A., Rodríguez M., Oliver M., Toro M., Noguera J., 2000. Mamm. Genome 11: 344-346.
- Pérez-Enciso M., Clop A., Noguera J., Ovilo C., Coll A., Folch J., Babot D., Estany J., Oliver M., Díaz I., Sánchez A., 2000. J. Anim. Sci. 78: 2525-2531.
- Rohrer G., Keele J., 1998. J. Anim. Sci. 76: 2247-2254.
- Walling G., Archibald A., Cattermole J., Downing A., Finlayson H., Nicholson D., Visscher P., Walker C., Haley C., 1998. Anim. Genet. 29: 415-424.
- Wang L., Yu T., Tuggle C., Liu H., Rothschild M., 1998. J. Anim. Sci. 76: 2560-2567.
- Yu-Poth S., Zhao G., Etherton T., Naglak M., Jonnalagadda S., Enser M., 1999. Am. J. Cl. Nutr. 69: 632-646.

AGRADECIMIENTOS: Trabajo financiado por la CICYT (AGF96-2510)