

## 비육돈의 도체형질과 A-FABP Promoter 유전자형의 연관 분석

한상현 · 조인철 · 이종언 · 고문석 · 심필남<sup>1</sup> · 박범영<sup>1\*</sup>

농촌진흥청 난지농업연구소, <sup>1</sup>농촌진흥청 축산과학원

## The Association between A-FABP Promoter Genotype and Carcass Traits in Pigs

Sang-Hyun Han, In-Cheol Cho, Chong-Eon Lee, Moon-Suck Ko, Pil-Nam Seong<sup>1</sup>, and Beom-Young Park<sup>1\*</sup>

National Institute of Subtropical Agriculture, RDA, Jeju 690-150, Korea

<sup>1</sup>National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-350, Korea

### ABSTRACT

The association between the promoter region genotypes of the porcine *adipocyte fatty acid binding protein* (A-FABP) gene and carcass traits in commercial pigs was examined. Interestingly, only two different genotypes (-406T/T and T/C) for the A-FABP gene were detected using *Hinf*-RFLP for the substitution mutation T-406C in the A-FABP promoter in commercial pigs, and no -406C/C homozygotes were detected. The reason for the lack of the -406 C/C genotype is due to the breeding system in which only Duroc, which has a high frequency of -406C/- in this locus among the three breeds involved in commercial pig production, is typically used as a terminal sire. The pigs containing the genotype -406C/- were significantly associated with an increase in intramuscular fat content and carcass weight ( $p < 0.05$ ), but there was no association with the other carcass traits tested (fat composition, color score, texture score, moisture, and separation score between muscles). This study suggests that the -406C/- genotype of the porcine A-FABP gene may not only be a useful molecular marker for intramuscular fat, but may also contribute to the improvement of meat quality by the production of well-marbled pigs by breeding animals containing this genotype, especially Duroc, as a terminal sire for commercial pigs.

**Key words :** A-FABP, association, carcass trait, genotype, intramuscular fat

### 서론

최근 비육돈의 생산에 있어 육질(meat quality)을 향상시키기 위한 노력이 증가되고 있다. 돈육의 육질에 대한 주된 요인인 육색, 보수력, 근내 지방도, 연도, 조직감은 지방의 종류와 지방산의 조성 등과 연관이 있는 것으로 알려져 있으며(De Vol *et al.*, 1988), 또한 비육돈 생산에 이용되는 번식돈의 품종에 따라 육질 특성이 다르게 나타나는 것으로 알려져 있어, 우리나라에서는 육량과 육질이 우수한 것으로 알려진 Duroc 품종을 terminal sire로 사용하는 3원교잡체계를 권장하고 있다.

유전체에 대한 연구를 비롯한 다양한 학문분야에서 산출된 정보들을 토대로 다양한 종에서 질적 형질뿐만 아니

라, 집단 내에서 다양성이 연속적으로 출현하는 양적형질에 대한 유전양상 구명이 시도되고 있다. 돼지의 육질을 비롯한 경제형질과 관련된 유전자 좌위에 대한 추적은 돼지 품종간 교배와 세대진행과정에서 나타나는 염색체 재조합의 효과를 이용하여 양적 형질 좌위(quantitative traits loci, QTL) 탐색에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 야생멧돼지×Large White 교배를 통해 돼지의 성장과 지방대사에 관여하는 유전자들이 염색체 4(SSC4) 상에 존재한다고 보고된 이래, 등지방두께, 근내지방도, 등심단면적 연관 QTL이 Iberian 돼지×Landrace 교배에서는 SSC6, Meishan×Duroc 교배실험에서는 SSC7 상에 위치한다고 보고되었다(Andersson *et al.*, 1994; Ovilo *et al.*, 2002; Sato *et al.*, 2003).

전체 유전체를 대상으로 후보유전자군의 위치를 탐색하는 QTL 이외에도 단일유전자의 유전자형과 돼지 육질과의 상관관계를 찾는 노력들이 계속 진행되고 있다. Cho *et al.*(2005)은 돼지 Landrace 품종에서 *myostatin* 유전자의

\*Corresponding author : Beom-Young Park, National Institute of Animal Science, RDA, #564 Omokchun-dong, Kwonsungu, Suwon-si, Gyeonggi-do 441-350, Korea. Tel: 82-31-290-1751, Fax: 82-31-290-1598, E-mail: byp5252@rda.go.kr

다형성이 등심단면적의 증가와 상관이 있는 것으로 보고하였다. 특히, 근내지방의 축적과 관련된 후보유전자 중 지방산의 수송과 축적에 관련된 지방산결합단백질(fatty acid binding protein: FABP)의 유전자형과 표현형의 상관에 대한 분석 시도들이 다수 보고되었다(Gerbens *et al.*, 1998, 1999; Urban *et al.*, 2002; Kim *et al.*, 2005; Han *et al.*, 2006). 한국재래돼지×Landrace 교배에서 생산된 F<sub>2</sub> 집단에서 H-FABP promoter의 염기 다형성이 성장 초기의 체중, 도체 형질과 상관이 있음을 보고한 바 있으며(Kim *et al.*, 2005), A-FABP 유전자의 microsatellite 다형성은 Duroc의 체중과 근내지방에 유의적인 유전자형 효과를 나타내지만(Gerbens *et al.*, 1998, 1999), Pietrain, Large White, Landrace, Meishan 등의 품종에서는 유의적인 상관이 없다고 보고되기도 하였다(Nechtelberger *et al.*, 2001). 최근 A-FABP 유전자 promoter 영역에서 전사인자의 일종인 nuclear factor-1(NF-1) 결합부위 상의 염기다형이 Duroc의 후기 성장형질 및 등심 단면적의 증감과 매우 유의적인 관련이 있는 것으로 보고되었다(Han *et al.*, 2006).

본 연구는 돼지 육질 등급 판정의 기준인 근내지방 함량에 영향을 미칠 것으로 추정되고 있는 후보 유전자들 중 A-FABP promoter 상에서 NF-1 결합 부위에 대한 유전자형과 비육돈의 냉도체에서 얻어진 도체형질과의 상관관계를 구명하고자 시행하였다.

## 재료 및 방법

### 공시동물과 DNA 추출

본 연구에 이용된 시료는 제주도축산물등급판정소에서 도체 판정을 마친 비육출하돈을 대상으로 도축과정 중 채혈한 혈액 또는 냉도체 판정 후 등심을 채취하여 유전자 분석을 수행하고, 도체판정 성적에 대한 통계분석에 이용하였다. 농가에서 출하된 비육돈 집단을 임의로 선정하여 총 15회에 걸쳐 시료를 채취하였다. 비육돈 생산의 3원교잡에 이용되는 Landrace(112 두), Large White 품종(60 두)은 농촌진흥청 난지농업연구소와 제주도 H종돈장, Landrace와 Large White 품종 교배에서 생산된 F<sub>1</sub> 암컷(121 두)을 이용하였고, Duroc 품종의 자료는 본 연구진의 사전 보고 자료(Han *et al.*, 2006)를 인용하였다. 냉도체 판정은 도축 24시간 후 2인의 축산물등급판정사와 공동으로 조사하였다. 동일한 판정결과를 나타내지 않는 시료들은 분석에서 제외하였다. 유전자 분석을 위한 DNA 분리는 채혈한 혈액에서 백혈구만을 분리하거나, 등심을 액체질소를 이용하여 분쇄한 후 sucrose-proteinase K 방법으로 추출하였고, PCR 증폭을 위한 주형으로 이용하였다.

### 유전자 증폭과 유전자형 결정

돼지 A-FABP 유전자 promoter에 대한 PCR 증폭은 Han

*et al.*(2006)의 방법에 따랐다. PCR 증폭은 10×반응완충액, 20 mM dNTP, 각각 200 mM primer, 1.5 units Taq DNA polymerase(TaKaRa, Japan)와 100 ng genomic DNA 용액에 멸균한 탈이온수를 첨가하여 PTC-200(MJ Research, USA)을 이용하여 증폭하였다. PCR 증폭 산물은 agarose gel 상에서 전기영동 후 Agarose Gel DNA Extraction Kit (Roche, Germany)로 정제하여 single-stranded conformation polymorphism(SSCP), restriction fragment length polymorphism (RFLP), DNA sequencing을 위한 cloning 등에 이용하였다. A-FABP promoter 영역에서 T-406C 다형성은 *Hinf*I 제한효소로 절단하여 결정하였다. 제한효소의 처리는 공급자의 manual에 따랐으며, 최저온도에서 overnight 반응하였고, 절편 양상의 확인은 10-15% PAGE 전기영동 후 EtBr 염색법으로 확인하였다.

### A-FABP promoter 염기서열 분석

유전자 증폭 산물에 대한 *Hinf*I 제한효소 다형성을 보이는 유형들을 5개체씩 선발하여 염기서열을 결정하였다. 정제된 PCR 산물은 TOPO TA Cloning Kit(Invitrogen, USA)으로 재조합 한 후 Wizard Plus Minipreps(Promega, USA)으로 plasmid DNA를 추출하여, plasmid DNA를 주형으로 dye-termination 반응을 수행하여 분석하였다. 염기서열 결정은 MegaBase500(Amersham Pharmacia, USA)을 이용하여 수행하였다.

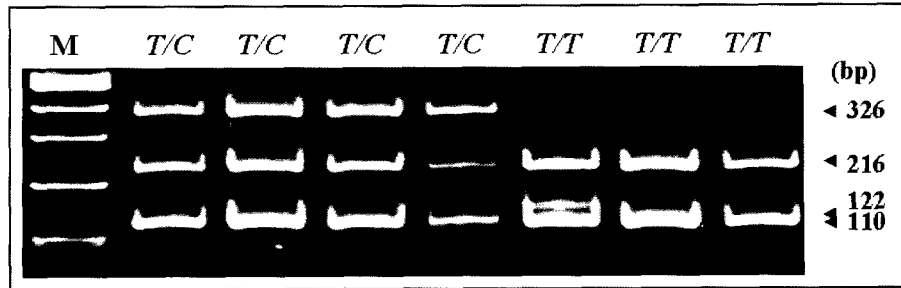
### 유전자 다형성과 도체형질 유의성분석

제주도 축산물등급판정소에서 등급판정을 마친 비육돈 냉도체에서 도체중, 조지방, 육색, 조지방, 수분삼출도, 근육분리도, 근내지방도 등의 성적을 이용하여 유의성 분석을 수행하였다(Table 2). 통계분석은 SAS(Statistical Analysis System, 1997)의 GLM procedure로 분석하였으며, 유전자형에 따른 도체형질의 평균간 유의성 검정( $p < 0.05$ )은 Duncan의 다중검정방법(multiple range test)으로 차이를 비교하였다.

## 결과 및 고찰

제주도내 양돈농가에서 생산한 비육돈을 대상으로 근내지방과 연관이 있는 것으로 알려진 A-FABP 유전자의 다형성과 도체형질과의 연관관계를 분석하였다. 제한효소 인지부위의 차이를 이용하여 A-FABP 유전자의 전사조절 부위인 promoter 상의 T-406C 돌연변이에 대한 유전자형을 결정하였다.

Han 등(2006)에 의해 Duroc에서 성장형질과 연관이 보고된 A-FABP promoter 돌연변이를 비육 출하돈에서 결정한 결과 유전자형은 두 가지 유전자형(-406T/T와 T/C)만이 출현하고 C/C 동형접합은 검출되지 않았다(Fig. 1). 제



**Fig. 1. Promoter genotypes for T-406C of *A-FABP* gene detected in commercial pigs.** Amplified products were digested into two distinct genotypes heterozygote *T/C*(33, 110, 122, 216, and 326-bp) and homozygote *T/T*(33, 110, 122, and 216-bp) by *HinfI* restriction enzyme, respectively, however 33-bp fragments were not shown on the gels. M is DNA size marker GeneRuler 100-bp DNA ladder.

한효소 *HinfI*에 의해 절단된 PCR 증폭산물을 전기영동으로 확인했을 때, *T* 유전자형은 33, 110, 122, 216-bp의 절편으로 분리되었고, *C*인 경우 *T*에서 절단되었던 110-bp와 216-bp 절편들이 절단되지 않아 326-bp의 절편을 형성하였다. 전사조절 부위인 promoter의 유전자형이 *C*인 경우 전사인자 NF-1 결합부위가 형성되며, 근육과 지방조직에서 NF-1에 의한 유전자의 전사 활성화는 포도당 대사 및 지방산 합성과 관련된 세포의 분화와 사멸을 유도한다고 보고되었다(Graves *et al.*, 1991; Cooke and Lane, 1999; Scheepers *et al.*, 2001).

특이할만한 사항은 비육돈에서 *C/C* 동형접합자가 관찰되지 않았다는 점이다. 본 연구진의 사전 보고(Han *et al.*, 2006)에서 Duroc 품종의 경우 세 가지 유전자형을 모두 보유하고 있었다. 이에 제주지역 비육돈 생산에 있어 Duroc 외에 3원교잡에 이용되는 Landrace와 Large White, Landrace × Large White  $F_1$  암컷 집단에 대한 *A-FABP* promoter의 유전자형 분석을 수행하였다. 그 결과 Landrace에서 대립인자 *C*의 출현 빈도가 1.6%로 매우 낮은 수준이며, Large White에서는 *C/-* 유전자형을 보유한 돼지가 전혀 발견되지 않았고, Landrace × Large White의  $F_1$  암컷들에서도 *C/-*는 관찰되지 않았다. 이는 비육돈에서 발견되는 *A-FABP*-406C/-가, 비록 전부라고 단정할 수는 없으나, 대부분 최종 종모돈(terminal sire)으로 이용되고 있는 Duroc에 의해

전달되었다고 추정되었으며, 최종교잡단계에 부계에 의해서만 전달되기 때문에 비육돈에서 *C/C* 동형접합자가 관찰되지 않은 것으로 사료된다(Table 1).

조사된 전체 비육돈 냉도체에서 *A-FABP* promoter -406C의 빈도는 22.8%로 확인되었다. 발견된 각각의 유전자형에 따른 비육돈의 냉도체 형질 평가성적을 통계 분석한 결과, 조지방 함량, 육색, 조직감, 수분삼출도, 근육분리도의 성적은 유전자형에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다( $p>0.05$ ). 반면, 도체중과 근내지방도(marbling score; MS)의 성적은 유전자형에 따라 유의적인 차이를 나타내었다( $p<0.05$ ). *T/C* 유전자형인 도체의 도체중( $83.03 \pm 1.033$  kg)은 *T/T*( $80.27 \pm 0.520$  kg)보다 더 무거운 것으로 나타났으며, 근내지방도는 *T/C*가 *T/T*보다 0.5 이상 높게 나타났다(Table 2). Duroc 품종의 성장 형질에 있어 *A-FABP* promoter -406C/- 돼지들은 *T/T*에 비해 성장후기단계에서 일당증체가 좋고, 90 kg 도달일령도 빠르며, 등심단면적 등 여러 가지 성장 형질과의 유의적인 상관관계를 보고하였고(Han *et al.*, 2006), intron 상의 microsatellite 다형성은 역시 Duroc의 체중과 근내지방에 유의적인 유전자형 효과를 나타내는 것으로 보고되었다(Gerbens *et al.*, 1998, 1999). 비육돈의 냉도체 성적과 유전자형의 유의성 분석에서 *C/-*가 근내지방과 도체중을 증가시키지만( $p<0.05$ ), 조지방 함량에는 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다( $p>0.05$ ). 이

**Table 1. Genotype distribution and their frequencies of T-406C for the promoter region of *A-FABP* gene in pig breeds**

Genotype	Breed	Duroc <sup>1</sup>	Landrace	Large White	$F_1$ sow <sup>2</sup>	Commercial pigs
		(n = 188)	(n=112)	(n=60)	(n = 121)	(n = 368)
T/T	n	82	109	60	121	284
	f <sup>3</sup>	43.6	97.3	100	100	77.2
T/C	n	80	3	0	0	84
	f	42.6	2.70	0.00	0.00	22.8
C/C	n	26	0	0	0	0
	f	13.8	0.00	0.00	0.00	0.00

<sup>1</sup> Was referred from Han *et al.* (2006).

<sup>2</sup> Sows produced by intercross between Landrace and Large White.

<sup>3</sup> Percentage of animals found.

**Table 2. Least square analysis for carcass traits with the T-406C promoter genotype for A-FABP gene in commercial pigs**

Carcass Trait	Genotype	T-406C genotype		Significance
		T/T(n = 284)	T/C(n = 84)	
Weight (Kg)		80.27 <sup>b</sup> ± 0.520	83.03 <sup>a</sup> ± 1.033	*
Fat (%)		21.51 ± 0.351	21.10 ± 0.698	n.s.
Color score		3.31 ± 0.072	3.28 ± 0.142	n.s.
Texture score		1.79 ± 0.063	1.82 ± 0.124	n.s.
Moisture (%)		26.75 ± 2.370	19.87 ± 4.710	n.s.
Separation score between muscles		1.42 ± 0.055	1.33 ± 0.109	n.s.
Marbling score		2.02 <sup>b</sup> ± 0.090	2.53 <sup>a</sup> ± 0.178	*

\* Indicates means different as 5% significance thresholds and n.s. means non significance. LSMean±Standard error values in the same row with different letter are significantly different.

상의 결과들에서 A-FABP -406C/-가 등지방 증가와는 무관하게 근내지방의 증가시켜 근내지방도를 향상시키고, 생육후기단계에서의 빠른 일당증체에 의한 후기체중 증가가 도체중을 증가로 이어지는 것으로 사료된다.

이상의 결과들을 종합해보면, A-FABP -406C/-가 비육돈에서 주요 경제형질인 근내지방도와 도체중을 향상시키는 것으로 확인되어 농가소득 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 유전자형의 다형성이 비육돈 생산에 적용함에 있어 F<sub>1</sub> 모든 생산에 주로 이용되는 Landrace나 Large White는 A-FABP 유전자 promoter의 -406C/-가 매우 낮거나 발견되지 않아 유전자형에 근거한 선발(marker-assisted selection; MAS)에 적용하기 곤란한 점이 있으나, Duroc에서는 상대적으로 높은 대립인자 빈도(35.1%)를 나타내고 있어(Han *et al.*, 2006), 비육돈 전체에 대한 유전자형 분석이 아닌 최종 종모돈인 Duroc 품종 선발단계에서 A-FABP promoter T-406C에 대한 MAS 프로그램을 적용한다면 전체 축군의 육질 개선을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

## 요 약

본 연구는 비육돈에서 지방세포지방산결합단백질(A-FABP) 유전자의 유전자형과 도체형질의 상관관계를 조사하였다. 유전자 A-FABP의 프로모터 영역에 대해 *Hinf*I-RFLP를 이용하여 유전자형을 조사한 결과 두 가지 유전자형(-406T/T, T/C)들이 발견되었고 C/C는 발견되지 않았다. 유전자형 중 -406C/C 동형접합자가 발견되지 않는 이유는 비육돈 생산에 관여하는 돼지 품종들 중에서 Duroc 품종만이 이 유전자에 대한 고도의 다형성을 나타내기 때문으로 추정되었다. 유전자형 -406C/-를 나타내는 돼지들은 근내지방과 도체중이 통계적으로 유의적인 증가함을 나타내었으나 ( $p < 0.05$ ), 그 외의 도체형질들(조지방, 육색, 조직감, 수분삼출도, 근육분리도)은 유의한 차이를 나타내지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 본 연구를 통해 돼지 A-FABP 유전자의 -406C/-

유전자형이 근내지방에 대한 유용한 분자 마커가 될 수 있을 뿐만 아니라 다형성이 비육돈의 근내지방에 대한 유용한 분자 마커가 될 수 있으며, 특히 Duroc 품종을 최종 종모돈으로 이용할 경우 이 유전자형을 보유한 돼지를 이용하는 분자육종체계에서 marbling이 잘 된 돼지의 생산을 통한 육질 개선에 기여할 것으로 사료된다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 국책연구과제 수행결과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Andersson, L., Haley, C. S., Ellergren, H., Knott, S. A., Johansson, M., Andersson, K., Andersson-Eklund, L., Edfor-Lilja, I., Fredholm, M., Hansson, I., Hakansson, J., and Lundstrom, K. (1994) Genetic mapping of quantitative loci for growth and fatness in pigs. *Science* **263**, 1771-1774.
- Cooke, D. W. and Lane, M. D. (1999) Transcription factor NF1 mediates repression of the *GLUT4* promoter by cyclic-AMP. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **260**, 600-604.
- Cho, I. C., Choi, Y. L., Ko, M. S., Kim, H. S., Lee, J. G., Jeon, J. T., and Han, S. H. (2005) Association between MSTN gene polymorphism and growth traits in Landrace pigs. *J. Anim. Sci. Technol.* **47**, 159-166.
- De Vol, D. L. E., McKeith, F. K., Bechtel, P. J., Novakofski, J., Shanks, R. D., and Carr, T. R. (1988) Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses. *J. Anim. Sci.* **66**, 385-395.
- Gerbens, F., de Koning, D. J., Harders, F. L., Meuwissen, T. H., Janss, L. L., Groenen, M. A., Veerkamp, J. H., van Arendonk, J. A., and te Pas, M. F. (2000) The effect of adipocyte and heart fatty acid-binding protein genes on intramuscular fat and backfat content in Meishan crossbred pigs. *J. Anim. Sci.* **78**, 552-559.
- Gerbens, F., Jansen, A., van Erp, A. J., Harders, F., Meuwis-

- sen, T. H., Rettenberger, G., Veerkamp, J. H., and te Pas, M. F. (1998) The adipocyte fatty acid-binding protein locus: characterization and association with intramuscular fat content in pigs. *Mamm. Genome* **9**, 1022-1026.
7. Gerbens, F., van Erp, A. J., Harders, F. L., Verburg, F. J., Meuwissen, T. H., Veerkamp, J. H., and te Pas, M. F. (1999) Effect of genetic variants of the *heart fatty acid-binding protein* gene on intramuscular fat and performance traits in pigs. *J. Anim. Sci.* **77**, 846-852.
8. Gerbens, F., Verburg, F. J., van Moerkerk, H. T., Engel, B., Buist, W., Veerkamp, J. H., and te Pas, M. F. (2001) Associations of heart and adipocyte fatty acid-binding protein gene expression with intramuscular fat content in pigs. *J. Anim. Sci.* **79**, 347-354.
9. Graves, R. A., Tontonoz, P., Ross, S. R., and Spiegelman, B. M. 1991. Identification of a potent adipocyte-specific enhancer: involvement of an NF-1-like factor. *Genes Dev.* **5**, 428-437.
10. Han, S. H., Cho, I. C., Lee, C. E., Kim, H. S., Lee, J. G., Jeon, J. T., Oh, M. Y., and Ko, M. S. (2006) Association between the polymorphism in the promoter region of porcine *A-FABP* gene and growth traits in Duroc pigs. *J. Anim. Sci. Technol.* **48**, 21-28.
11. Jones, K. A., Kadonaga, J. T., Rosenfeld, P. J., Kelly, T. J., and Tjian, R. (1987) A cellular DNA-binding protein that activates eukaryotic transcription and DNA replication. *Cell* **48**, 79-89.
12. Kim J. H., Park, E. W., Park, J. J., Choi, B. W., Kim, T. H., Seo, B. Y., Cheong, I. C., Lim, H. T., Oh, S. J., Lee, J. G., and Jeon, J. T. (2005) Detection of novel mutations in the *FABP3* promoter region and association analysis with intramuscular fat content in pigs. *J. Anim. Sci. Technol.* **47**, 1-10.
13. Marklund, L., Nystrom, P., Stern, S., Andersson-Eklund, L., and Andersson, L. (1999) Confirmed quantitative trait loci for fatness and growth on pig chromosome 4. *Heredity* **82**, 134-141.
14. Miura, S., Tsunoda, N., Ikeda, S., Kai, Y., Cooke, D. W., Lane, M. D., and Ezaki, O. (2004) Nuclear factor 1 regulates adipose tissue-specific expression in the mouse *GLUT4* gene. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **325**, 812-818.
15. Nechtelberger, D., Pires, V., Soolknet, J., Stur, I., Brem, G., Mueller, M., and Mueller, S. (2001) Intramuscular fat content and genetic variants at fatty acid-binding protein loci in Austrian pigs. *J. Anim. Sci.* **79**, 2798-2804.
16. Ovilo, C., Oliver, A., Noguera, J. L., Clop, A., Barrangan, C., Varona, L., Rodriguez, C., Toro, M., Sanchez, A., Perez-Enciso, M., and Silio, L. (2002) Test for positional candidate genes for body composition on pig chromosome 6. *Genet. Sel. Evol.* **34**, 465-479.
17. SAS (1997) SAS/STAT Software for PC. User's Guide, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
18. Sato, S., Oyamada, Y., Atsugi, K., Nade, T., Sato, S-I., Kobayashi, E., Mistubishi, T., Nirasawa, K., Komatsuda, A., Saito, Y., Terai, S., Hayashi, T., and Sugimoto, Y. (2003) Quantitative trait loci analysis for growth and carcass traits in a Meishan×Duroc F<sub>2</sub> resource population. *J. Anim. Sci.* **81**, 2938-2949.
19. Scheepers, A., Doege, H., Joost, H. G., and Schurmann, A. (2001) Mouse *GLUT8*: genomic organization and regulation of expression in 3T3-L1 adipocytes by glucose. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **288**, 969-974.
20. Singh, M. V. and Ntambi, J. M. (1998) Nuclear factor 1 is essential for the expression of *stearyl-CoA desaturase 1* gene during preadipocyte differentiation. *Biochim. Biophys. Acta* **1398**, 148-156.
21. Urban, T., Mikolasova, R., Kuciel, J., Ernst, M., and Ingr, I. (2002) A study of associations of the *H-FABP* genotypes with fat and meat production of pigs. *J. Appl. Genet.* **43**, 505-509.

(2006. 12. 5. 접수/2007. 8. 10. 채택)