

돼지 *H-FABP* 유전자의 다형성 및 경제 형질과의 연관성 구명

최봉환*,김태현*,이지웅*,조용민*,이혜영*,조병욱**,정일정*
농촌진흥청 축산기술연구소*, 밀양대학교 동물자원학과**

A study of Association of the *H-FABP* RFLP with Economic Traits of Pigs

B. H. Choi*, T. H. Kim*, J. W. Lee*, Y. M. Cho*, H. Y. Lee*, B. W. Cho** and I. C. Cheong*
National Livestock Research Institute, RDA*,
Department of Animal Science, Miryang National University**

ABSTRACT

The purpose of this study was to detect association between genetic variation and economic trait in the porcine heart type fatty acid-binding protein gene as a candidate gene for the traits related with growth and meat quality in pigs.

The *H-FABP* is a 15-kDa protein expressed in several tissues with high demand for fat metabolism such as cardiac and skeletal muscle and lactating mammary gland. *H-FABP* is small intracellular protein involved in fatty acid transport from the plasma membrane to the site of β -oxidation and/or triacylglycerol or phospholipid synthesis. In this study, *H-FABP* PCR-RFLP was performed in F₂ population composed of 214 individuals from an intercross between Korean Native Boars and Landrace sows. PCR products from two primer sets within *H-FABP* gene were amplified in 850bp and 700bp. Digestion of PCR products with the restriction digestion enzymes *Hae*III and *Hinf* I revealed fragment length polymorphisms(RFLPs). The genotype frequencies from *H-FABP/Hae*III was .29 for genotype *DD*, .53 for genotype *Dd*, and .15 for genotype *dd*, respectively. The genotype frequencies of *HH*, *Hh*, and *hh* from *H-FABP/Hinf* I was .38, .41 and .20, respectively, in the population. Relationships between their genotypes and economic traits were estimated. In *H-FABP/Hae*III locus, there were specific genotypes(*Dd* and *dd*) associated with economic traits such as body weights at 3, 5, 12, and 30 week of age ($t < .05$ to $.001$). The 'd' allele was associated with gaining of body weight. In *H-FABP/Hinf* I locus, Genotypes of *HH* and *Hh* associated with growth traits such as body weights at 5, 12, and 30 week of age ($t < .05$ or $t < .001$) and back fat thickness, body fat including abdominal and trimmed fat ($t < .001$) and intramuscular fat($t < .05$) The 'H' allele was positively associated with gaining of body weight and fatness deposition. In conclusion, a significant association of the *H-FABP* gene from its genetic variation was found on body weight, intramuscular fat and backfat thickness.

(Key words : *H-FABP*, PCR-RFLP, Fat Metabolism, Meat Quality, Korean Native Boar)

I 서 론

돼지고기의 소비가 증가되어짐과 동시에 소비자들은 양질의 돈육(pork)을 찾게 되었다. 특

히, 양돈관련 산업에 종사하는 생산자와 육종업자들은 돼지의 성장효율을 개선시키면서도 육질에 있어서 소비자의 선호도에 맞출 수 있는 방향을 모색하게 되었다.

Corresponding author : T. H. Kim, National Livestock Research Institute, R.D.A, Omockchun-dong Suwon 441-706, Korea Tel: 031-290-1603, E-mail : kth6160@rda.go.kr

최근 10여년동안, 돼지의 에너지 대사를 고려한 사양기술의 발달과 전통적인 육종방법을 이용하여 개량화된 돼지는 등지방 두께는 현저히 감소되면서 상대적으로 정육율을 향상시킬 수 있었으나 육종학적인 선발과정을 통하여 근내지방 함량(intramuscular fat)까지 함께 쉽게 감소되었다. 결국, 근내지방함량은 최적 수준인 2-3%(DeVol 등, 1988) 이하로 감소하게 되었다.

근내지방은 돈육에 있어서 주된 지방 저장소이고 육질과 양의 상관관계를 갖는다(Wood 등, 1988). 또한 근내지방은 등지방과는 다르게 Olein acid와 같은 불포화지방산이 많이 함유되어 있어 육의 풍미(flavor)를 좋게 하며 근주막 주위에 축적되어 고기의 강도(strength)를 약화시키고 살코기보다 밀도가 낮아 고기의 연도(tenderness)를 증가시키며, 가열 조리시 근내지방은 융점이 낮기 때문에 빨리 녹아 고기의 표면에 막을 형성하여 수분증발을 억제하는 동시에 육단백질 변성에 의한 수분 생성을 적게 하여 다즙성(juiciness)을 향상시킨다. 이처럼 근내지방은 고기의 품질(육질)을 결정하는 중요요소로 고기의 맛과 밀접한 관계가 있다. Dovol 등(1988)과 Cameron 등(1990)도 근내지방 함량이 고기의 연도, 수분량 그리고 풍미에 크게 영향을 미치는 것으로 보고함으로써 근내지방 함량이 육질의 중요한 요인임을 뒷받침하였다.

따라서 등지방과 근내지방은 돼지의 개량목적에 있어서 달리 연구되어야 할 필요성이 대두되었다. Hovenier 등(1992)도 근내지방의 감소가 등지방두께의 감소와 완전히 양의 상관관계(약 37%)를 갖는 것은 아니라고 보고하였다. 이것은 등지방의 침착(deposition)이나 근내지방의 침착에 영향을 미치는 유전자가 각각 다르게 존재할 수 있음을 추측하게 한다. 특히, Fatty acid-binding proteins(FABPs)은 세포질막내 지방산의 운송과 관련되는 유전자로서 β -oxidation 및 triacylglycerol과 phospholipid 합성에 관여한다(Veerkamp와 Maatman, 1995). 또한 FABPs는 세포간 지방산의 농도를 조절하고 부분적으로 지질대사에 관여한다(Veerkamp 등, 1993). Heart type FABP(*H-FABP*)은 15-kDa의

단백질로서 심근(cardiac muscle), 골격근(skeletal muscle) 또는 비유종인 유선조직에서와 같이 지방산 이동이 활발한 조직에 존재한다. 실제로 *H-FABP*(heart fatty acid-binding protein ; *FABP3*)와 *A-FABP*(adipocyte fatty acid-binding protein ; *FABP4*)의 유전적 다양성은 돼지의 근내지방 함량, 등지방두께 및 성장률과 연관성이 있다고 보고되었다(Gerbens 등, 1998과 1999). 분자육종학적인 차원에서 근내지방의 축적과 관련되어지는 유전자나 마커개발을 위해 후보유전자들에 대한 접근이 필요한데, 현재 *H-FABP*은 돼지에서 경제형질로 작용하는 지방축적을 설명할 수 있는 후보 유전자로 관심이 모아지고 있다.

따라서 본 연구는 한국재래돼지와 랜드레이스 간 F_2 교잡종들의 *H-FABP* 유전자(*FABP3*) (Gerbens 등, 1997) 부위의 PCR-RFLP 유전자형의 다형성을 조사하고 돼지의 성장형질, 도체형질, 육질형질들과 유전자형간의 연관성을 구명코자 실시하였다.

II 재료 및 방법

1. 공시동물

농촌진흥청 축산기술연구소 순종 재래돼지(grand sire) 5마리와 Landrace(grand dam) 9마리를 임의적으로 선발하여 자연교배시켜, 이로부터 생산된 F_1 세대의 동복 내 수컷(boar) 1두와 암컷(gilt) 2두 이상을 전형매 교배시켜 얻은 F_2 241두를 본 실험에 이용하였다.

2. Genomic DNA 분리 및 농도 측정

Genomic DNA는 F_2 241두의 기준집단으로부터 0.5M EDTA(pH 8.0)가 1ml 첨가된 tube에 전혈 10ml를 채취한 후 Wizard genomic DNA purification kit(Promega Co. USA)를 이용하여 추출하였다. 채취된 전혈 10ml에 30ml의 Cell lysis Solution을 첨가한 후 실온에서 10분간 적혈구를 용혈시킨다. $2000 \times g$ 에서 10분간 원심분리하여 백혈구만을 모은 후 pellet을 잘 현탁시

킨 후, 10mL의 Nuclei lysis Solution에 용해시킨다. 15분간 37°C 진탕배양기에서 RNase A(20µg/mL) 처리를 한 뒤, 3.3mL의 Protein Precipitation Solution을 첨가하고 20초간 강하게 현탁시킨다. 2000×g에서 10분간 원심분리하여 정제하고 isopropanol로 DNA를 침전시킨 다음 70% ethanol로 세척 후, 건조시킨 다음 약 50ul의 TE buffer(pH 8.0)에 녹여 PCR에 이용하였다.

3. PCR에 의한 DNA 증폭

Gerbens 등(1997)의 염기서열(Genbank Accession No., X98558)을 근거로 PCR-RFLP에 사용된 시발체(primer)와 제한효소는 Table 1과 같다. PCR 반응액 조성은 PCR reaction buffer(10mM Tris-HCl, pH8.3, 50mM KCl, 1.5mM MgCl₂)와 2.5mM dNTPs, 3pmol primer pairs, 10ng의 template DNA, 0.5U *Taq* DNA polymerase(TaKaRa Shuzo Co., Shiga, Japan)와 ddH₂O를 사용하여 총 반응액은 15µL로 하였다. PCR 반응에는 GeneAmp PCR System 9600(Perkin-Elmer Co., USA)를 사용하였고, PCR 조건은 두 가지 시발체 모두 94°C 서 5분간 pre-denaturation 한 후 94°C 서 30초(denaturation), 57°C 서 30초(annealing), 72°C 서 1분(extension)을 35cycles 수행한 후 마지막으로 72°C 서 10분간 최종 extension과정을 수행하였다(Table 1). PCR증폭 산물은 ethidium bromide가 포함된 2% agarose gel에 전기영동하고 UV상에서 관찰하였다.

4. 유전자형 분석

돼지의 H-FABP 유전자의 변이부위를 제한효

소로 각각의 allele를 결정하기 위하여 *Hae*III + *Hinf* I ¼ 사용하였다(Table 1). 증폭된 PCR 산물 10ul를 2U의 제한효소를 첨가하여 37°C 항온수조에서 4시간 처리한 후 ethidium bromide를 첨가한 2%의 agarose gel에서 5 volt/cm 로 전기영동을 실시한 후 각각의 제한효소에 의한 유전자형을 결정하였다.

5. 표현형적 특성 분석

기준집단의 표현형적 특성은 성장형질로써 생시체중, 3, 5, 12, 30주령 체중을 각각 측정하였고 도체형질은 등지방 두께, 도체지방을 조사하였다. 등지방 두께는 반도체의 10번째와 11번째 늑골에서 측정하였다. 도체지방은 정육을 거래정육으로 발골 정형하는 과정에서 분리된 피하지방과 복강내 신지방을 함께 채취하여 그 무게를 측정하였다. 육질형질은 근내지방 함량, 전단력 두 가지를 조사하였다. 전단력의 측정은 도축 24시간 후 12번째 늑골부위의 등심부위를 두께 3cm 정도의 스테이크 모양으로 절단한 후 70°C 온도에서 10분간 가열하여 직경 0.5 inch의 corer를 이용하여 근섬유 방향으로 시료를 채취한 다음 전단력 측정기(Warner-Bratzler shear force meter; G-R Elec. Mfg. Co., USA)로 측정하였다. 또한 AOAC 방법(1990)에 따라 등심의 근내지방함량에 대한 분석을 실시하였다.

6. 통계 분석

조사된 경제형질 측정치에 대한 유전자형의 효과를 추정하기 위해 SAS[®] 3.1 Package/PC를

Table 1. The PCR conditions for the PCR-RFLP detection assays

Primer name	Primer	T _{ann} ^a	Expected fragment size (bp)	RFLP
P1	5'ATTGCTTCGGTGTGTTTGAG 5'TCAGGAATGGGAGTTATTGG	57	850	Hae III
P2	5'GGACCCAAGATGCCTACGCCG 5'CTGCATCTTTGACCAAGAGG	57	700	Hinf I

^a Annealing temperature (°C)

이용하여 일반선형모형(GLM) 분석을 하였으며, 유전자형의 효과가 유의한 형질들에 대해 최소 유의차검정으로 평균간 차이에 대한 유의성을 조사하였다. 통계분석에 이용한 모형은 다음과 같습니다.

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + G_j + e_{ijk}$$

여기서, Y_{ijk} , μ , S_i , G_j , e_{ijk} 는 각각 형질의 측정치, 전체평균, 성별효과, 개체의 유전자형 효과, 임의오차를 나타내고 있다.

III 결과 및 고찰

1. PCR-RFLP에 의한 돼지 *H-FABP* 유전자형 분석

Gerbens 등(1997)이 보고한 자료를 근거로 2 쌍의 primers를 제작하여 F₂ 241두에 대하여 PCR 반응을 통해 P1과 P2에서 각각 850 bp와 700bp 크기의 산물을 확인하였다. 증폭된 PCR 산물 10ul를 2U의 제한효소를 첨가하여 37℃ 항온수조에서 4시간 처리하여 2%의 agarose gel에서 전기영동을 실시한 후 각각의 제한효소 처리(P1:*Hae*III & P2:*Hinf* I)에 대한 유전자형을 얻을 수 있었다(Fig. 1). F₂ 241두에서 *Hae*III로 이용한 PCR-RFLP 유전자형 빈도는 DD형, Dd형, dd형 각각 72두(29.9%), 131두(53.4%), 38두(15.8%)였고, *Hinf* I에 의한 유전자형 빈도는 HH형, Hh형, hh형 각각 92두(38.2%), 101두(41.9%), 49두(20.3%)였다. 한편, Gerbens 등(1997)의 연구에 의하면 *Hae*III 부위는 *H-FABP* 유전자의 두 번째 intron과 약 300bp 떨어진 곳에 위치하고 있고 *Hinf* I 부위는 5' stream 영역에 위치하고 있다고 하였다.

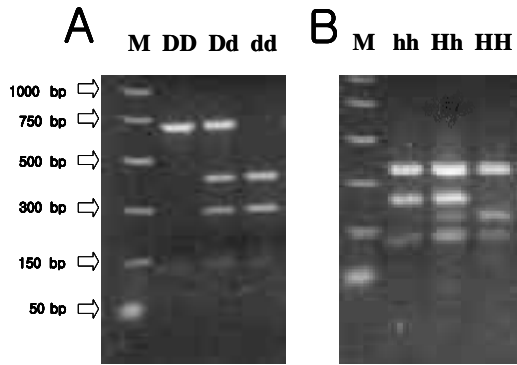


Fig. 1. PCR-RFLP of pig *H-FABP* gene digested with *Hae*III & *Hinf* I.

*Hae*III로 이용한 PCR-RFLP 유전자형은 DD형/700+150bp, Dd형/700+400+300+150bp 그리고 dd형/400+300+150bp의 DNA 단편을 보였으며, *Hinf*I에 의한 유전자형은 HH형은 350+180+130bp, Hh형은 350+220+180+130bp, hh형/350+220+130bp의 절단된 DNA 단편을 보였다.

2. 표현형 조사

Table 2는 재래돼지와 랜드레이스 두 품종간 교배를 통해 F₁을 생산하고 F₁간의 교배를 통해 얻어진 F₂ 241두의 표현형 측정치에 대한 일반능력 평균 및 표준편차이다.

각 형질들의 일반능력 평균값에 대한 표준편차가 다소 크게 추정되는 것은 유전적인 배경이 다른 재래돼지와 랜드레이스를 각각의 부계와 모계로 이용했기 때문이라 사료된다(이 등, 2002). 일반적으로 재래돼지는 증체능력이 다소 떨어지며 등지방층 두께, 도체지방 및 근내지방함량 수준이 높은 반면 랜드레이스 종은 다른 품종에 비해 산육능력이 좋고 등지방 두께, 도체지방 및 근내지방함량 수준이 낮은 것으로 알려져 있다.

Table 2. Means and standard deviations of traits measured on F₂ population

traits ¹⁾	BW0(kg)	BW3	BW5	BW12	BW30	BFT(cm)	CF(kg)	IMF(%)	SF(kg)
Mean ± SD	1.25 ± 0.18	4.91 ± 1.01	7.14 ± 1.61	23.86 ± 5.65	87.02 ± 16.31	21.30 ± 7.61	9.73 ± 4.67	2.28 ± 2.55	3.78 ± 1.25

¹⁾ BW0, BW3, BW5, BW12, BW30 : body weight at birth, 3, 5, 12 and 30 weeks of age, respectively (kg).
BFT : backfat thickness (mm), CF:carcass fat, IMF:intramuscular fat, SF:shear force.

30주령(210일령) 평균체중이 87.02kg으로 이는 일반 상업돈의 평균 170일령이면 도달이 가능한 체중인데, 이는 성장능력에 대한 재래돼지의 유전적인 능력이 랜드레이스 품종에 비해 낮은데서 기인한다. 11-12 척추부위를 측정할 등지방 두께는 국내산 수돼지 B등급의 경우 약 16.4mm 정도인데 반해 21.30mm로서 높은 등지방 두께를 가지고 있었다. 등심 내 근내지방함량의 경우 2.28%로서 국내산 3원교잡 돼지의 등심내 근내지방함량 평균값인 2.41% 수준을 미치지 못했다(이 등, 1997). 이는 재래돼지의 유전적 영향에서 기인된 것을 사료된다.

3. 유전자형과 표현형간 연관성 분석

H-FABP(heart fatty acid-binding protein ; *FABP3*)의 유전적 다양성은 돼지의 근내지방 함량, 등지방두께 및 성장률과 연관성이 있다고 보고되었다(Gerbens 등, 1998, 1999).

본 연구에서도 *Hae*III 및 *Hinj* I | 의해 결정된 유전자형과 경제형질간의 연관성을 분석한 결과에서 돼지의 성장형질과 지방대사 관련 형질에서 높은 유의성을 나타내었다 (Table 3 와 Table 4).

*H-FABP/Hae*III 유전자형 중에서 12주령 체중은 *DD*형에 비해 *Dd*와 *dd*형에서 유의적으로 높은 값을 보였으며($q < 0.001$), 3주령 체중($q < 0.01$)과 5주령, 30주령 체중($q < 0.05$)에 경우도 *Dd*와 *dd*형에서 유의적으로 높게 관찰되었다 (Table 3). 그러나 도체지방, 등지방 두께, 근내지방 함량 및 전단력에서는 유의성을 보이지 않았다($p > .05$). *H-FABP/Hae*III 유전자형 중 'd' 대립유전자가 체중과 연관성이 있음이 관찰되었는데 이는 Gerbens 등(1997과 1998)과 거의 일치하였다.

H-FABP/Hinj I | 유전자형과 표현형질의 연관성을 보면 생시체중, 3주령 체중 및 전단력에 대해서는 유의성이 없는 것으로 추정되었다 (Table 4). 그러나 12주령, 30주령 체중 및 도체지방 과 등지방 두께에서는 *hh*형에 비해 *HH*와 *Hh*형에서 유의적으로 높게 나타났으며($q < 0.001$), 5주령 체중과 근내지방 함량에서도 *HH*형에서 유의적으로 높게 관찰되었다($q < 0.05$). *H-FABP/Hinj* I 유전자형 중 'H' 대립유전자가 체중과 도체지방, 등지방 두께 및 근내지방 함량과 연관성이 있음이 관찰되었는데 이는 다른 품종을 이용한 Gerbens 등(1997과 1998)과 Nechtelberger 등(2001)과 거의 같은 결과를 보였다.

Table 3. Least Square Means and standard errors of growth traits measured on F₂ population

Traits ¹⁾	<i>H-FABP/Hae</i> III			<i>p</i> -value
	<i>DD</i>	<i>Dd</i>	<i>dd</i>	
BW0	1.23 ± 0.02	1.24 ± 0.02	1.31 ± 0.03	0.0891
BW3	4.59 ± 0.12 ^a	5.06 ± 0.09 ^b	5.02 ± 0.17 ^b	0.0076**
BW5	6.72 ± 0.19 ^a	7.29 ± 0.14 ^b	7.43 ± 0.26 ^b	0.0319*
BW12	21.58 ± 0.65 ^a	24.92 ± 0.65 ^b	24.96 ± 0.48 ^b	0.0002***
BW30	83.03 ± 1.92 ^a	88.70 ± 1.42 ^b	88.97 ± 2.63 ^{ab}	0.0455*
CF(kg)	8.95 ± 0.52	10.18 ± 0.39	10.12 ± 0.72	0.1519
BFT(cm)	19.64 ± 0.88	22.01 ± 0.65	22.42 ± 1.20	0.0605
IMF(%)	2.07 ± 0.18	2.05 ± 0.13	2.11 ± 0.24	0.9754
SF(kg)	3.36 ± 0.15	3.74 ± 0.11	4.16 ± 0.20	0.1042

¹⁾ BW0, BW3, BW5, BW12, BW30 : body weight at birth, 3, 5, 12 and 30 weeks of age, respectively (kg).

BFT : backfat thickness (mm), CF:carcass fat, IMF:intramuscular fat, SF:shear force

^{a-c} Values in same row with different letters are significantly different ($I < 0.05$).

* $I < 0.05$, ** $I < 0.01$, *** $I < 0.001$.

Table 4. Least Square Means and standard errors of growth traits measured on F₂ population

Traits ¹⁾	<i>H-FABP/Hinf I</i>			<i>P-value</i>
	<i>HH</i>	<i>Hh</i>	<i>hh</i>	
BW0	1.28 ± 0.02	1.24 ± 0.02	1.22 ± 0.03	0.1531
BW3	4.95 ± 0.11	4.95 ± 0.10	4.76 ± 0.16	0.5909
BW5	7.42 ± 0.17 ^b	7.15 ± 0.16 ^b	6.57 ± 0.24 ^a	0.0145*
BW12	25.50 ± 0.58 ^c	23.60 ± 0.55 ^b	21.40 ± 0.79 ^a	0.0002***
BW30	92.22 ± 1.63 ^c	87.37 ± 1.54 ^b	76.73 ± 2.22 ^a	<.0001***
CF(kg)	10.96 ± 0.45 ^b	9.77 ± 0.43 ^b	7.69 ± 0.62 ^a	0.0002***
BFT(cm)	22.99 ± 0.75 ^b	22.08 ± 0.71 ^b	16.85 ± 1.02 ^a	<.0001***
IMF(%)	2.30 ± 0.15 ^b	2.05 ± 0.14 ^{ab}	1.62 ± 0.22 ^a	0.0386*
SF(kg)	4.03 ± 0.13	3.62 ± 0.12	3.63 ± 0.18	0.0588

¹⁾ BW0, BW3, BW5, BW12, BW30 : body weight at birth, 3, 5, 12 and 30 weeks of age, respectively (kg).

BFT : backfat thickness (mm), CF:carcass fat, IMF:intramuscular fat, SF:shear force

^{a-c} Values in same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

본 연구의 Table 2 와 3에서 *H-FABP/HaeIII* 와 *H-FABP/Hinf I* 유전자형이 지방관련 형질에 미치는 유의성 정도가 다르게 나타났다. Janss 등(1994)이 염색체상의 위치는 알 수 없지만 돼지의 근내지방 침착과 관련한 주 유전자의 존재 가능성을 시사한 이후, 현재 *H-FABP* 유전자가 돼지에서 지방대사 관련 주 유전자라는 것이 밝혀진 상태에서 *H-FABP/Hinf I* 비교하여 *H-FABP/HaeIII* 유전자형들은 지방침착에 연관성을 보이지 못하였다. 그러나 Gerbern 등(1999)은 버크셔(Berkshire)종에서 *H-FABP/HaeIII* 의한 *Dd* 유전자형이 유의적으로 근내지방 함량과 등지방 두께의 높은 값과 연관이 있음을 밝혀내었다. 이와 관련하여 Gerbens 등(1997)은 돼지 7품종에 대한 *H-FABP* PCR-RFLP 연구에서 지금까지의 각 품종의 선발육종 계획에 의해 특정 대립유전자 빈도가 변할 수 있음을 시사하였다. 그들의 연구에서 듀록(Duroc) 품종내 *Hinf I* 의한 H 대립유전자 빈도가 다른 제한효소에 의한 유전자형에 비해 상대적으로 높다고 하였다. 듀록은 대형 요크셔(Great Yorkshire)나 랜드레이스(Landrace)보다 더 높은 근내지방 함량을 갖지만 더 낮은 성장률을 보이는데(Hovenier 등, 1992), 이와 관련하여 *H-FABP* RFLP의 *Msp I*

에 의한 'A' 대립유전자의 빈도가 성장률이 좋은 두 품종에 비해 낮게 관찰되었다. 이는 돼지육종을 위한 선발과정에 의해 특정 유전자 영역내의 유전자형 빈도가 품종에 따라 변할 수 있음을 설명하고 있다. 따라서 본 연구에 이용된 재래돼지와 랜드레이스 간의 F₂ 교잡종의 유전적 특성에 의해 나타날 수 있는 결과임을 배제할 수 없고 차후 재래돼지와 랜드레이스의 순종들만을 이용하여 연구해 보면 그 이유를 밝힐 수 있을 것이라 사료되어진다.

한편, *H-FABP/Hinf I* RFLP 결과에서 등지방 두께가 근내지방 함량에 비하여 고도의 유의성을 보였는데, 다른 연구자들에 의한면 *H-FABP* 유전자는 근내지방 함량외에 등지방 두께 및 체중과도 연관성이 크다고 보고하였다(Gerbens 등, 1998과 1999). 또한 다른 유전자의 영향도 배제할 수는 없는데, *H-FABP*는 정확한 염색체상 위치는 알 수 없지만 염색체 6번에 위치하면서(Gerbens 등, 1997), 비교유전자 지도를 통해 알 수 있듯이 주위의 육질관련 유전자와 인접하고 있다는 것이 밝혀졌다. Phosphogluconate dehydrogenase(*PGD*; 6q22-q25) 유전자가 듀록집단 내에서 조직감(firmness)과 일당증체량 및 사료효율과 연관성이 있다(Clamp 등, 1992; Tagliaro 등, 1995). 그리고 glucose phosphate isomerase

(*GPI*; 6q12) 유전자도 듀록의 일당증체량과 연관성이 있고(Clamp 등, 1992), 랜드레이스의 일당증체량과도 연관성이 있다고 보고되었다(Vogeli 등, 1984). Skeletal muscle ryanodine receptor 1(*RYR-1* or *CRC*; 6q11-q12)(Ellegren 등, 1993)과 leptin receptor(*LEPR*; 6q33-q35)는 돼지 육질과 큰 연관성을 갖는 유전자(Emnett 등, 2000)로서 특히 *LEPR*는 지방축적의 후보유전자로 평가되고 있다.

그러나 본 연구에서 나타난 결과는 대체적으로 *H-FABP* 유전자 자체에서 기인한 것으로 판단되어진다. 공시동물로 이용된 돼지들은 각각 순수혈통의 재래돼지와 랜드레이스로부터 얻어진 F_2 이고 염색체상 *H-FABP/HaeIII* & *H-FABP/Hinf I* 유전적 거리가 가까워 재조합율이 0일 것으로 사료되어짐으로 Table 3과 4의 결과에서처럼 도체지방과 등지방 두께가 *H-FABP*가 아닌 다른 유전자의 영향을 받았다면 *H-FABP/HaeIII*에서 나타나지 않은 유의성이 *H-FABP/Hinf I*에서 상대적으로 높은 유의성($t < .0001$)을 보이는 것은 힘들다고 판단되어진다. 따라서 Table 4의 결과에서 *H-FABP/Hinf I*의 'H' 대립유전자는 돼지의 등지방 축적과 연관성이 크며, 근내지방 함량 및 체중에도 영향을 주는 것으로 사료되어진다.

결론적으로 재래돼지와 랜드레이스간 F_2 집단내 *H-FABP/HaeIII*는 3주, 5주 및 12주령 체중과 연관성이 있었으며 특히 'd' 대립유전자가 유의적으로 높은 수치를 보였다. *H-FABP/Hinf I*는 5주, 12주 및 30주령 체중과 도체지방, 등지방 두께와 근내지방 함량에서 유의성을 가졌으며 'H' 대립유전자가 유의적 높은 수치를 보였다. 특히, 30주령 체중, 도체지방, 등지방 두께에서 고도의 유의성을 보였다($t < 0.001$). 따라서 *H-FABP* PCR-RFLP(*HaeIII* & *Hinf I*)에서 기인한 유전자형 다양성과 돼지성장 및 지방축적과 연관성이 존재하며 이를 분자생물학적 marker로 사용하여 품종개량차원에서 돼지의 선발에 이용 가능할 것으로 사료된다.

IV 요약

본 연구는 재래돼지와 랜드레이스를 기초축

으로 이용한 F_2 241두에 대해 Heart Fatty Acid-Binding Protein 유전자와 연관되어 있는 PCR-RFLP를 이용하여 그 다형성을 조사하고 돼지의 성장형질, 도체형질, 육질형질과 그 유전자형간의 연관성을 구명코자 실시하였다. *H-FABP* PCR-RFLP는 두 쌍의 primer에 의한 850bp와 700bp의 증폭산물을 *HaeIII* & *Hinf I* 제한효소를 사용하여 실시되었다. *HaeIII*를 이용한 PCR-RFLP 유전자형은 *DD*형/700+150bp, *Dd*형/700+400+300+150bp 그리고 *dd*형/400+300+150bp의 DNA 단편을 보였으며, *Hinf I*에 의한 유전자형은 *HH*형은 350+180+130bp, *Hh*형은 350+220+180+130bp, *hh*형/350+220+130bp의 절단된 DNA 단편을 보였다. *H-FABP/HaeIII* 유전자형 중에서 12주령 체중은 *DD*형에 비해 *Dd*와 *dd*형에서 유의적으로 높은 값을 보였으며($t < 0.001$), 3주령 체중 ($t < 0.01$)과 5주령, 30주령 체중 ($t < 0.05$)에 경우도 *Dd*와 *dd*형에서 유의적으로 높게 관찰되었고 (Table 3), 특히 'd' 대립유전자가 체중과 연관성이 있음이 관찰되었다. *H-FABP/Hinf I* 유전자형과 표현형질의 연관성을 보면 12주령, 30주령 체중 및 도체지방과 등지방 두께에서는 *hh*형에 비해 *HH*와 *Hh*형에서 유의적으로 높게 나타났으며($t < 0.001$), 5주령 체중과 근내지방 함량에서도 *HH*형에서 유의적으로 높게 관찰되었고($t < 0.05$), 특히 'H' 대립유전자가 체중과 도체지방, 등지방 두께 및 근내지방 함량과 연관성이 있음이 관찰되었다. 따라서 돼지성장 및 지방축적과 관련한 선발력을 높이기 위해 *H-FABP* PCR-RFLP(*HaeIII* & *Hinf I*)를 분자생물학적 marker로 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

V 사 사

본 연구는 1998년부터 2003년까지 농림부의 첨단기술개발사업 연구로 수행된 연구결과의 일부이며 연구비 지원에 감사드립니다.

VI 인용 문헌

1. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th

- Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
2. Cameron, N. D. 1990. Comparison of Duroc and British Landrace pigs and the estimation of genetic and phenotypic parameters for growth and carcass traits. *Animal Production* 50:141.
 3. Clamp, P. A., Beever, J. E., Fernando, R. L., McLaren, D. G. and Schook, L. B. 1992. Detection and linkage between genetic markers and genes that affect growth and carcass traits in pigs. *J. Anim. Sci.* 70:2695-2706.
 4. DeVol, D. L., 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.
 5. Ellegren, H., Johansson, M., Chowdary, B. P., Marklund, S., Ruyter, D., Marklund, L., Nielsen, P. B., Edfors-Lilja, I., Gustavsson, I., Juneja, R. K. and Andersson, L. 1993. Assignment of 20 microsatellite markers to the porcine linkage map. *Genomics* 16:431-439.
 6. Emmett, R., Moeller, S., Irvin, K., Rothschild, M., Plastow, G. and Goodwin, R. 2000. An Investigation into the genetic controls of pork quality. *NSIF Proceedings*.
 7. Gerbens, F., Jansen, A., Van Erp, A. J. M., Harders, F., Meuwissen, T. H. E., Rettenberger, G., Veerkamp, J. H. and te Pas, M. F. W. 1998. The adipocyte fatty acid-binding protein locus; characterization and association with intramuscular fat content in pigs. *Mamm. Genome* 9:1022-1026.
 8. Gerbens, F., Rettenberger, G., Lenstra, J. A., Veerkamp, J. H., te Pas, M. F. W. 1997. Characterization, chromosomal localization, and genetic variation of the porcine heart fatty acid-binding protein gene. *Mammalian Genome* 8:328-322.
 9. Gerbens, F., Van Erp, A. J. M., Harders, F. L., Verburg, F. J., Meuwissen, T. H. E., Veerkamp, J. H. and te Pas, M. F. W. 1999. Effect of genetic variants of the *heart fatty acid-binding protein* gene on intramuscular fat and performance traits in pigs. *J. Anim. Sci.* 77:846-853.
 10. Hovenier, R., Kanis, E., Van Asseldonk T. H. and Westerink, N. G. 1992. Genetic parameters of pig meat quality traits in a halothane negative population. *Livest. Prod. Sci.* 32:309-321.
 11. Janss, L. L. G., Van Arendonk, J. A. M. and Brascamp, E. W. 1994. Identification of a single gene affecting intramuscular fat in Meishan crossbreds using Gibbs sampling. *World Congerence on genetics Applied to Livestock Production*, Guelph.
 12. Nechtelberger, D., Pires, V., Solknes, 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 pig. *J. Anim. Sci.* 79:2798-2804.
 13. SAS. 2000. *SAS/STAT User's guide*. SAS institute Inc., Cary, NC., USA.
 14. Tagliaro, C. H., Franco, M. H. L. P., Meincke, W. and Silva, G. 1995. Protein phenotypes and productive traits in landrace, large white and duroc swine. *Ciencia Rural* 25:61-65.
 15. Veerkamp, J. H., Van Kuppevelt, T. H. M. S. M., Maatman, R. G. H. J. and Prinsen, C. F. M. 1993. Structural and functional aspects of cytosolic fatty acid binding proteins. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 49:887-906.
 16. Veerkamp, J. H. and Maatman, R. G. H. J. 1995. Cytoplasmic fatty acid binding proteins: their structure and genes. *Progr. Lipid Res.* 34:17-52.
 17. Vogeli, P., Stranzinger, G., Schneebeli, H., Hagger, C., Kunzi, N. and Gerwig, C. 1984. Relationships between the H and A-O blood types, Phosphohexose isomerase and 6-phosphogluconate dehydrogenase red cell enzyme systems and halothane sensitivity, and economic traits in a superior and an inferior selection line of Swiss Landrace pigs. *J. Anim. Sci.* 59:1440-1450.
 18. Wood, J. D., Enser, M., Moncrieff, C. B. and Kempster, A. J. 1988. Effects of carcass fatness and sex on the composition and quality of pigmeat. *34th International Congress of Meat Science and Technology*. August 29-September 2, Brisbane, Australia, pp 562-564.
 19. 이종문, 박범영, 유영모, 김동훈, 채현석, 안중남, 정석근, 조낙현, 김용근, 조병림, 윤정철, 김홍원, 정종원, 조만용, 고경철, 이무화, 이인형. 1997. 소 돼지 도체수율 및 육질특성. p119.
 20. 이학교, 전광주. 2002. 돼지의 QTL 검색을 위한 유의적 임계수준(Threshold) 결정. *한국동물자원학회지*, 44(1):31-38.
- (접수일자 : 2003. 5. 22. / 채택일자 : 2003. 8. 18.)