

품종이 Porcine Stress Syndrome 돼지 출현비율 및 육질에 미치는 영향

김동훈*김태현*이영창*이제룡**최진성*이무하***
축산기술연구소*, 경남첨단양돈연구소**, 서울대학교***

Influence of Genetic Background on Porcine Stress Syndrome Incidence and Pork Quality Attributes

D. H. Kim*, T. H. Kim*, Y. C. Lee*, J. R. Lee**, J. S. Choi* and M. Lee***

National Livestock Research Institute, Korea*

Gyeong Nam Province Advanced Swine Research Institute**

Department of Animal Science & Technology Seoul National University***

ABSTRACT

Landrace(L), Largewhite(Lw), Korean Native Pig(KNP) and commercial hybrid were experimented to determine halothane sensitivity, RYR gene mutation and quality profiles. In the results of halothane test, the incidence of halothane positive pigs was similar between L and Lw. But, the rate of dubious halothane positive type was higher in L than Lw. In hal-gene analysis, halothane-positive pigs(nn) were not found in any tested breed and heterotype(Nn) appeared only in one pig of L. Of the breed effect on the quality profiles, there were no differences in pH₁(pH at 1hr postslaughter), but pH₂(pH at 24hr postslaughter) was significantly higher in commercial hybrid and KNP than other breeds($t < 0.05$). Color assessed by National Pork Producers Council(NPPC) and CIE L* was significantly paler in L breed than other breeds($t < 0.05$). Significant differences were found in water holding capacity(WHC) and cooking loss in KNP($t < 0.05$).

(Key words : PSS, Swine breed, Quality, PSE)

I 서 론

PSS(Porcine Stress Syndrome) 양성돈은 음성돈에 비해 도축 전에 경험한 스트레스가 향후의 육질에 보다 더 큰 영향을 받는다(Briskey와 Lister, 1968). 이런 현상은 돼지의 유전적 배경에 따라 근육에 함유된 glycogen량이 다르고 돼지가 받는 스트레스에 대한 적응 반응이 격렬하여 근육의 glycogen 분해 속도가 훨씬 더 빨

라 PSE 돈육을 생산하기 쉽다(Sellier, 1987; Heinze와 Mitchell, 1991).

스트레스 감수성과 육질과의 관계는 대체로 PSS 양성돈이 음성돈에 비해 육질이 낮은 것으로 나타나고 있다. Rempel 등(1995)은 RYR1(Ryanodine Receptor Gene) 유전자 분석을 통하여 hal-양성돈과 음성돈의 육질을 비교한 결과 양성돈이 음성돈에 비해 육질이 떨어졌다고 하였으며, Oliver 등(1993)과 Klont 등(1993)도 스

Corresponding author : D.H. Kim, Division of Livestock Utilization, National Livestock Research Institute, Suweon 441-744, Korea.

트레스 감수성은 육질과 역상관관계를 갖는 중요한 요인으로 지적한 바 있다.

그러나 Pommier와 Houde(1993)는 돼지 등심근에서 PSE 판정을 한 후 시료를 채취하여 hal-gene을 분석한 결과 음성돈에서도 53.7 %의 PSE 발생률을 보여 hal-gene이 불량돈육 발생에 중요한 요인으로 작용하나, hal-유전자를 제거한다 하더라도 PSE문제를 완전히 해결할 수 없다고 하였다. 국내의 경우, 박 등(1998)이 PSS 유전형에 따른 경제적 형질에 대한 연구를 수행한 바 있으나 육질관련 특성을 연구한 결과는 없다.

이 연구는 국내에서 주로 사육하고 있는 돼지 품종을 대상으로 halothane 검정 및 hal-gene 테스트에 의한 PSS돈 출현율과 육질특성을 구명하고자 실시하였다.

II 재료 및 방법

1. 공시축

축산기술연구소에서 사육된 Large white, Landrace, 재래종, 교잡종 등 751두를 공시하여 조사하였다.

2. Halothane 검정 및 hal-gene 분석

Halothane 검정은 생후 7~ 주령의 자돈에 5 % Fluothane 가스를 3 분간 흡입시킨 후 후지의 강직 정도에 따라 양성돈, 의양성 및 음성으로 분류하였다. Hal-gene 분석은 Sambrook 등 (1989)의 방법을 이용하여 genomic DNA를 추출하였다.

돼지 genomic DNA의 PCR(Polymerase Chain Reaction) 증폭은 1쌍의 primer 즉 senser : 5'-GTGCTGGATGTCCTGTTCCCT-3', antisenser : 5'-CTGGTGACATAGTTGATGAGGTTTG-3'를 (주)바이오니아에 의뢰하여 합성하였다. PCR (Polymerase Chain Reaction) 반응액은 돼지 genomic DNA 100 ng, 10× amplification buffer 5 μ l 1.25 mM의 dNTPs 8 μ l MgCl₂의 최종 농도를 1.5 mM이 되게 하고 20 pmol 농도의 primers를

각각 2 μ l 그리고, Taq polymerase(AmpliTaq Gold: Perkin Elmer) 1.25 unit를 PCR tube에 넣고 멸균 증류수로 50 μ l 되도록 채웠다. PCR 기기는 GeneAmp PCR system 9600(Perkin Elmer Co.)를 사용하였으며, PCR 증폭은 95°C 30초간 변성, 64°C 30초간, 그리고 72°C 서 10분간 하였다. 반응이 끝난 후 agarose gel 전기영동으로 PCR 산물을 확인하고 제한 효소 처리에 이용하였다. PCR 산물의 제한 효소 처리 및 전기영동은 PCR 산물 15 μ l | 10× restriction buffer 2 μ l μ l : 넣고 증류수로 20 μ l | 되게 채워 잘 혼합한 후 37°C 수조에서 3시간 배양하였다. 처리가 끝난 반응액은 3 % NuSieveGTG Agarose(FMC) gel에서 4 volt/cm 로 전기영동을 실시하고 사진을 촬영하여 유전자형을 분석하였다.

3. 도축 및 육질 분석

100 kg 내외의 체중에 도달한 공시축을 축산기술연구소 도축장에서 관행의 방법으로 도축하여 조사하였다.

pH는 도축 60 분 후에 제 5~ 늑골 사이의 등심에서 측정된 값을 pH₁으로 하였고 도축 24 시간 후에 같은 부위의 pH값을 PH₂로 하였으며 측정기기는 pH메타(pH* K21, NWK Co.)를 사용하였다. 전기전도도는 도축 후 45~) 분 측정된 값은 C₁, 도축 24 시간 후의 측정값은 C₂로 하였으며 전도도 측정기(LT* K21, NWK Co.)를 사용하여 측정하였다. 육색은 도축 24 시간 후에 Chromameter (Minolta Co. CR301)로 CIE L*, a*, b*값을 측정하였고 육안측정에 의한 육색은 미국 NPPC 색도판을 이용, 색깔 및 근육조직 상태에 따라 5단계(No.1~ 0.5)로 조사하였다.

보수성은 여지압착 방식을 이용하였다. 플렉시 유리판에 여과지를 놓고 그 위에 0.5 g의 시료를 놓은 후 압착기를 이용하여 50 kg/cm²의 압력으로 2분간 압착하여 여과지 상의 시료면적과 분리육즙면적을 측정하여 시료면적 대비 육즙분리면적 백분율로 하였으며 시료 당 3 반복 측정하였다.

가열감량은 제 5늑골 직상부의 배최장근을 두께 3 cm로 절단하여 microwave oven에서 시료의 심부온도가 70°C 이룰 때까지 가열 후 가열 전 중량 대비 백분율로 하였다. 전단력은 가열감량 측정 후의 시료를 0.5 inch 코아를 이용, 근섬유방향으로 시료를 조제하여 Warner Bratzler Shear Meter로 측정하였다.

4. 통계 분석

SAS General Linear Model을 이용하여 Duncan 다중검정 하였다.

III 결과 및 고찰

1. PSS돈 출현율

Table 1과 2는 3개 품종의 종돈에 대하여 halothane 검정 및 hal-gene을 분석, 품종별 PSS 돈 출현비율을 나타낸 것이다. Halothane 검정을 의한 L(Landrace) 및 Lw(Large White) 품종의 halothane 양성돈의 출현율은 각각 5.8, 6.6 %로 두 품종간에 큰 차이가 없었다. halothane 가스에 대하여 음성과 양성돈의 중간 반응을 나타내는 의양성돈은 18.1 %의 출현율을 보인 L품종이 Lw의 13.2 %에 비해 높았으나 음성돈 출현율은 L 및 Lw중이 각각 76.1, 80.1 %로 Lw가 높았다.

hal-gene을 분석한 결과는 L품종만이 hetero형이 출현하였을 뿐 전 조사 품종에서 halothane 양성돈은 발견할 수 없었다. Hal 양성돈과 음성돈의 halothane 가스에 대한 반응은 반드시 두 유전형간에 분명한 차이가 있는 것은 아니어서 중간반응을 나타내는 개체도 있으며 PSS 유전자는 약리학적으로는 열성 유전자이나 육질 면에서는 부가적으로 유전되어 의양성의 육질은 hal 양성돈과 음성돈의 중간적인 육질을 보이는 것으로 보고되고 있다(Webb 등, 1986).

따라서 halothane 의양성 및 hetero형 hal-gene의 비율이 높은 L품종이 Lw나 KNP(Korean Native Pig)에 비해 스트레스에 취약하며 품질이 낮은 돈육을 생산할 확률이 높다. 이와 같

은 사실은 Webb 등(1982) 및 Oliver 등(1993)의 연구결과에서도 확인된 바 있다.

Table 1. Effect of swine breeds on the halothane sensitivity

	HP ¹⁾		HD ²⁾		HN ³⁾	
	N	%	N	%	N	%
Landrace	13	5.8	41	18.1	172	76.1
Large white	20	6.6	40	13.2	242	80.1
Total	33	6.2	81	15.6	414	78.1

¹⁾ HP : Halothane positive.

²⁾ HD : Halothane dubious.

³⁾ HN : Halothane negative.

Table 2. Hal gene distribution among swine breeds by RYR₁ mutation

	HN ¹⁾		H hetero		HP ²⁾	
	N	%	N	%	N	%
Landrace	31	91.2	3	8.8	-	-
Large white	59	100	-	-	-	-
KNP ³⁾	21	100	-	-	-	-
Total	111	100	3	8.8	-	-

¹⁾ HN : Halothane negative.

²⁾ HP : Halothane positive.

³⁾ KNP : Korean native pig.

2. pH, 전기전도도 및 육색 특성

현재 국내에서 비육돈 교잡모돈으로 널리 이용되고 있는 Lw, L 순종과 교잡 비육돈(H) 및 최근에 관심의 대상이 되고 있는 한국 재래돼지(KNP)를 공시하여 pH, 전기전도도(C) 및 육색을 측정된 결과는 Table 3과 같다.

pH₁ 값은 KNP 품종이 6.17로 타 품종에 비해 약간 높은 경향을 보였으나 품종간에 통계적 유의성은 없었다. 도축 24시간 후 pH₁과 동일한 부위에서 측정된 pH₂는 KNP와 교잡종(H)이 Lw 및 L품종에 비해 통계적으로 유의하게 높았으며($t < 0.05$), KNP와 H품종 사이에는 통계적 유의차가 없었다. 따라서 PSE 돈육의 pH₂가 특징적으로 정상육 비해 낮다는 보고(Bendall과 Lawrie, 1964; Joo 등, 1995; Warner,

Table 3. Breed differences in pH, conductance and color characteristics

	Largwhite			Landrace			KNP ¹⁾			Hybrid		
	Means	SE	N	Means	SE	N	Means	SE	N	Means	SE	N
pH												
pH _I ³⁾	6.13	0.03	67	6.06	0.03	76	6.17	0.04	27	6.07	0.04	53
pH _u	5.64 ^b	0.03	67	5.62 ^b	0.02	76	5.73 ^a	0.04	27	5.69 ^{ab}	0.03	53
Conductance(ms/cm)												
C _I	1.16 ^a	0.04	41	1.00 ^b	0.03	37	0.98 ^b	0.08	18	-	-	-
C _u	5.35 ^a	0.12	54	5.00 ^a	0.14	45	4.39 ^b	0.21	18	5.24 ^a	0.17	20
Color												
NPPC ²⁾	2.58 ^a	0.12	67	2.22 ^b	0.11	76	2.78 ^a	0.10	27	2.45 ^{ab}	0.11	60
CIE L	45.85 ^b	0.63	67	47.63 ^a	0.51	76	44.33 ^b	0.62	27	46.42 ^b	0.65	60
a	10.62 ^b	0.28	67	9.23 ^c	0.21	76	11.43 ^a	0.36	27	10.18 ^b	0.40	60
b	4.85	0.18	67	4.81	0.19	76	4.60	0.24	27	4.88	0.20	60

¹⁾ KNP ; Korean native pig.

²⁾ NPPC ; National pork producer's council color score.

³⁾ Subscripts means postmortem time.

^{a)b)c)} Differences between means within rows having a different superscript are significantly different($p < 0.05$).

1997)에 비추어 볼 때 KNP 품종이 개량종에 비해 PSE 돈육을 생산할 확률이 낮음을 알 수 있었다.

전기전도도 측정치 중 C_I는 Lw 품종이 타 품종에 비해 유의($t < 0.05$)하게 높았고 C_u는 KNP 품종이 타 품종에 비해 유의적($t < 0.05$)으로 낮았다. 근육의 전기적 특성과 육질과의 관계는 대체로 전기전도도가 높은 근육은 근육 내 수분이동이 심하여 육즙손실이 크다.

NPPC 기준에 의한 육색은 L 품종이 Lw 및 KNP 품종에 비해 유의적($t < 0.05$)으로 낮았고 H 품종과는 유의차가 없어 Lw 및 KNP가 육색 면에서 더 바람직한 것으로 나타났다. CIE L* 값 또한 NPPC 색도판 측정치와 같은 경향을 보여 L 품종이 다른 품종보다 명도가 높았다. 반면에 a* 값은 KNP, Lw, H 및 L 순으로 높아 KNP의 육색이 타 품종에 비해 적색도가 높음을 알 수 있었다. 육색은 PSE 돈육을 특징 지우는 요인들과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있어(Briskey, 1964; Swatland, 1987; van Laak 등 1994) PSE 돈육의 주요한 특징 중의 하나인 육색과 관련하여 Lw 또는 KNP에서 생산된 정

육의 육색이 더 진한 것으로 나타났다.

위의 결과로 보아 재래종이 개량종 보다, 개량종 내에서는 Lw 및 교잡종이 L 품종보다 육질이 우수한 것으로 나타났다.

3. 보수성, 가열감량, 전단력 및 관능 특성

Table 4는 품종별 보수성, 가열감량, 전단력 및 관능평가 결과를 나타낸 것이다. 보수성은 KNP가 hybrid에 비해 유의적으로($t < 0.05$) 높았으며 개량종인 Lw, L 및 hybrid간에는 유의적인 차이가 없었다. 가열감량은 대체로 보수성과 반대의 경향을 보여 KNP와 H가 L 품종에 비해 낮았고 Lw는 타 품종과 유의차가 없었다. 전단력은 재래종인 KNP가 개량종인 L이나 H에 비해 낮은 특이한 현상을 보였다. 이와 같은 품종간의 육질 차이는 품종이 갖는 고유의 육질 특성과 품종별 스트레스 감수성이 다른 것도 그 한 요인으로 추정된다. Webb 등(1982) 및 Kallweit(1985)의 보고에 의하면 L 품종의 스트레스 감수성 출현율은 0~ %이고 L 품종의 경우는 2~ 5 %로 Lw 품종에 비해 스트레

Table 4. Effect of breed on pork quality characteristics

	Largwhite			Landrace			KNP ¹⁾			Hybrid		
	Means	SE	N	Means	SE	N	Means	SE	N	Means	SE	N
Meat quality												
WHC ²⁾ (%)	43.23 ^a	1.30	36	43.91 ^{ab}	1.02	73	46.98 ^a	0.96	27	42.77 ^b	1.30	31
CL ³⁾ (%)	39.67 ^{ab}	0.78	40	41.69 ^a	0.54	73	39.33 ^b	0.76	27	39.41 ^b	0.73	31
SV ⁴⁾ (kg/0.7cm ²)	4.61 ^{bc}	0.21	40	4.76 ^b	0.13	73	4.13 ^c	0.18	27	5.54 ^a	0.25	32
Panel score												
Juiciness	3.78 ^b	0.08	29	3.37 ^c	0.06	50	4.22 ^a	0.09	27	3.65 ^b	0.07	32
Tenderness	3.90 ^a	0.09	29	3.56 ^b	0.06	50	3.96 ^a	0.11	27	3.65 ^b	0.07	32
Flavor	3.99	0.06	29	4.06	0.05	50	4.14	0.11	27	4.07	0.05	22

¹⁾ KNP ; Korean native pig, ²⁾ WHC ; Water holding capacity, ³⁾ CL ; Cooking loss.

^{a)bc)} Differences between means within rows having a different superscript are significantly different(p<0.05).

스에 취약하여 육질이 나쁜 돈육을 생산 할 가능성이 높다고 하였다. KNP가 개량종인 Lw, L 및 H품종에 비해 육질 특성이 전반적으로 우수한 것으로 나타났다. 관능검사 결과 역시 KNP가 타 개량 품종에 비해 높은 것으로 나타나 육질분석 결과와 일치하는 경향을 보였다.

이상의 결과로 보아 보수성, 가열감량 및 관능특성 중 다즙성은 돼지의 유전적 배경 즉 품종과 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 품종별로는 재래종이 개량종에 비해 우수한 결과를 보였다.

IV 요약

Halothane 검정에 의한 L(Landrace) 및 Lw (Largewhite)의 halothane 양성돈 출현율은 각각 5.8, 6.6 %로 두 품종간에 큰 차이가 없었으며 음성과 양성돈의 중간반응을 나타내는 의양성돈은 20.5 %의 출현율을 보인 L과 Lw의 13.2 %에 비해 높았으나 음성돈 출현율은 L 및 Lw가 각각 76.1, 80.1 %로 Lw가 약간 높았다. hal-gene 분석결과는 L품종만이 hetero형이 출현하였을 뿐 전 조사 품종에서 halothane 양성돈은 나타나지 않았다. 품종별 pH₁은 KNP (Korean Native Pig)가 L, Lw 및 H(Hybrid)에 비해 약간 높았으나 통계적 유의성은 없었다. pH_u는 KNP와 H가 Lw 및 L에 비해 유의 (t <

0.05)하게 높았으나 KNP와 H품종사이에는 유의적인 차이가 없었다. NPPC 기준 육색은 L이 Lw 및 KNP에 비해 유의적(t <0.05)으로 낮았고 H와는 유의차가 없었으며 CIE L*값 또한 같은 경향을 보여 L품종이 다른 품종보다 색깔이 창백한 고기를 생산할 가능성이 큰 것으로 사료되었다. 보수성은 재래종인 KNP가 H에 비해 유의적으로(t <0.05)으로 높았으며 개량종인 Lw, L 및 H에서는 유의적인 차이가 없었다.

V 인용 문헌

1. Bendall, J. R. and Lawrie, R. A. 1964. Watery pork. Anim. Breed. Abst. 32:1-8.
2. Briskey, E. J. 1964. Etiological status and associated studies of pale soft exudative porcine musculature. Adv. Food Res. 13:89-178.
3. Briskey, E. J. and Lister, D. 1968. Influence of stress syndrome on chemical and physical characteristics of muscle post mortem. In: The pork industry: Problems and Progress. pp.177-186.
4. Heinze, P. H. and Mitchell, G. 1991. A comparison of some muscle metabolites in stress susceptible and resistant landrace gilts after halothane exposure or exercise stress. Meat Sci. 30:337.
5. Joo, S. T., Kauffman, R. G., Kim, B. C. and Kim, C. J. 1995. The relationship between color and water-holding capacity in post-rigor porcine longissimus muscle. J. Muscle Food. 6:211.

6. Kallweit, E. 1985. Selection for stress resistance in pigs in various West- European countries. In: *Stress Susceptibility and Meat Quality in Pigs*, ed. P.V.J. B. Ludvigsen, P.V.J.B.(ed), EaAAP Publication, No. 3:60-67.
 7. Klont, R. E., Lambooy, E. and van Logtestijn, J. G. 1993. Effect of preslaughter anesthesia on muscle metabolism and meat quality of pigs of different halothane genotypes. *J. Anim. Sci.* 71:1477.
 8. McLaren, D. G., Schultz, C. M. 1992. Genetic selection to improve the quality and composition of pigs. *J. Anim. Sci.* 66:385.
 9. Oliver, M. A., Gispert, M. M. and Diestre, A. 1993. The effects of breed and halothane sensitivity on pig meat quality. *Meat Sci.* 35:105.
 10. Pommier, S. A. and Houde, A. 1993. Effect of the genotype for malignant hyperthermia as determined by a restriction endonuclease assay on the quality characteristics of commercial pork loins. *J. Anim. Sci.* 71:420-425.
 11. Park, Y. I., Han, J. Y., Lee, S. C., Lee, I. J., Park, T. S., Lee, K. Y., Shin, Y. S., LEE, H. K., Kim, H. K., Oh, H. S. and Son, C. J. 1998. Effect of Porcine stress syndrome genotype on economic traits in swine. *Animal Genetics and Breeding* 2(1):21-26.
 12. Rempel, W. E., Lu, M., Kandelgy, D. E., Kennedy, C. F. H., Irvin, L. R., Mickelson, J. R. and Louis, D. F. 1995. The effect of skeletal muscle ryanodine receptor genotype on pig performance and carcass quality traits. *Animal Science* 60:249.
 13. Sambrook, F. and Maniatis. 1989. *Molecular cloning. A laboratory manual* second edition. pp.9.14-23.
 14. Sellier, P. 1987. Cross-breeding and meat quality in pigs. In *Evaluation and Control of Meat Quality in pigs*. Monin, Tarrant, eds. P. V., Eikelenboom, G., Monin, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp.329-342.
 15. Swatland, H. J. 1987. Remote monitoring of post-mortem metabolism in pork carcasses. in *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs*, eds. P. V. - Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin, Martinus Nijhoff, Dordrecht. pp.143-163.
 16. van Laack, R. L. J. M., Kauffman, R. G., Sybesma, W., Smulders, F. J. M., Eikeleboom, G. and Pinheiro, J. C. 1994. Is color brightness(L-value) a reliable indicator of water-holding capacity in porcine muscle?. *Meat Sci.* 38:193.
 17. Warner, R. D., Kauffman, R. G. and Greaser, M. L. 1997. Muscle protein changes post mortem in relation to Pork quality traits, *Meat Sci.* 45:339.
 18. Webb, A. J., Carden, A. E., Smith, C. and Imlah, P. 1982. Porcine stress syndrome in pig breeding. *Proc. 2nd World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Madrid*, 5:588-608.
 19. Webb, A. J., Imlah, P. and Carden, A. E. 1986. Succinylcholine and Halothane as a field test for heterozygote at the halothane locus in pigs. *Anim. Prod.* 42:274.
- (접수일자 : 2003. 5. 27. / 채택일자 : 2003. 7. 21.)