

Microsatellite Marker를 이용한 육질 우수 버크셔 계통 조성에 관한 연구

이용화¹ · 권슬기¹ · 박다혜¹ · 권은정¹ · 조은석¹ · 방우영¹ · 박화춘² · 박범영³ · 최종순⁴ · 김철욱^{1*}

¹경남과학기술대학교 양돈과학기술센터, ²다산중돈, ³농촌진흥청 국립축산과학원, ⁴한국기초과학지원연구원

Development of High Meat Quality Using Microsatellite Markers in Berkshire Pigs

Yong Hwa Lee¹, Seul Gi Kwon¹, Da Hye Park¹, Eun Jung Kwon¹, Eun Seok Cho¹, Woo Young Bang¹, Hwa Chun Park²,
Beom Young Park³, Jong-Soon Choi⁴ and Chul Wook Kim^{1*}

¹Swine Science and Technology Center, Gyeong Nam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea,

²Pig Breeding Company, Namwon 590-831, Korea, ³National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-350, Korea,

⁴Korea Basic Science Institute, Daejeon 305-333, Korea

ABSTRACT

In this study, the efficiency of microsatellite (MS) markers for pork quality was examined and further, their suitability to domestic pork industry also was verified, by measuring meat quality parameters of Berkshire breeds. A total of 323 pigs of Berkshire breeds were slaughtered and subjected to meat quality evaluation. In addition, the genomic DNAs from blood samples of slaughtered pigs were used for genotyping analysis of 50 MS markers. The results revealed that Berkshire breeds have excellent meat quality, compared with the popular domestic breeds such as Duroc, Yorkshire, and Landrace. Noticeably, the Berkshire breeds exhibited a significant post-mortem pH_{24hr} (5.88 ± 0.01) and fat content (2.878 ± 0.06). Through the linkage analysis between MS markers, 14 MS markers showed significant association with meat quality traits ($p < 0.05$). Maximum significant differences of 0.55 pH_{24hr} value and 2.04% fat content were observed between the highest and lowest allele populations. If these 14 MS markers are applied to the pork quality diagnosis kit, the synergistic effect can be expected in meat quality parameters such as meat color, fat content, pH 24 hr, cooking loss, drip loss and water-holding capacity.

(**Key words** : Meat quality, Berkshire, MS markers)

서 론

한국소비자들은 돼지고기의 지방함량이 높은 부위를 선호하는 경향이 있어 그 소비패턴을 보면 구이 및 수육 형태가 전체의 69%로 대단히 높게 차지하고 있다(한국육류수출입협회, 2006). 그러므로 돼지고기를 도축했을 때 소비자들이 선호하는 지방부위와 저지방부위와의 수급 불균형 현상이 나타나게 되는데 이러한 현상을 최소화 시키는 방안으로 지방함량이 높은 품종인 버크셔종을 이용하는 방법이 제시되고 있다. 육질이 부드럽고, 다즙하며, 근내지방도가 우수하고, 고소한 맛을 내는 돈육으로는 버크셔 종이 가장 적합하다고 보고된 바 있다(중돈개량, 2005). 품종별로 돼지의 등심 부위 육질 형질(Loin meat quality trait)에 대한 능력을 평가한 결과에서도 버크셔 종이 가장 우수한 것으로 나타나 국내에서 육종할 고품질 중돈으로서의 활용가치가 매우 높은 것 같다(김, 2005).

육질에 크게 영향을 미치는 요인으로는 육색, 육즙삼출, 조직감, 근내지방도 등이 있는데 이들 형질간에는 높은 상관관계가 존재하게 된다. 돈육의 육색은 특히 보수성과 관계가 있으며(Offer, 1991), pH는 육의 보존성(keepability), 가열감량 등 다른 많은 기술적인 특성에 영향을 미치기 때문에 가장 중요한 육질특성 중 하나이며(Girard 등, 1986), 육색, 육즙손실, 그리고 보수력도 상관관계가 알려져 있다(Huff-Lonergan 등, 2002).

육질에 영향을 미치는 형질들은 또한 유전력이 40~60%로 높아 유전자 분석에 따른 선발은 개량효과가 크게 나타날 수 있다. 특히 오랜 기간동안의 유전자 지도 작성 연구에 따른 노력의 결과로 경제형질과 연관된 QTL(quantitative trait loci)이 더욱 정확하게 밝혀지게 되었고(Bidanel과 Rothschild, 2002; Liu 등, 2007; Grisart 등, 2002; Winter 등, 2002; van Laere 등, 2003; Takeda 등, 2006), 유용한 후보유전자(candidate gene)에 대한 결

* Corresponding author : Professor C. W. Kim, Department of Animal Resources Technology, Gyeong Nam National University of Science and Technology, Chilamdong 150, Jinju, Gyeongnam 660-758, Korea, Tel: +82-55-751-3289, Fax: +82-55-759-1893, E-mail: cwkim@gntech.ac.kr

과도 많이 알려지고 있다. 후보유전자 분석은 어떤 유전자가 형질의 생리적인 기초에 의해 선발되었을 때 이용되어 형질의 능력에 영향을 미치는 것으로 추정된다(Rothschild와 Soller, 1997). 이러한 유전적 요인에 의한 개량의 효과는 경제형질 관련 유전자나 유전자군의 기능에 대한 이해가 증가함에 따라 더욱 높아지게 되었다(Rothschild, 2004).

현재까지 알려진 육질에 관련된 유전자들은 HAL 혹은 RYR1 유전자(Fujii 등, 1991) 그리고 RN-(LeRoy 등, 1990; Milan 등, 2000; Looft 등, 2000)를 포함한다. 현재까지 육질 관련 형질에 유의성 있는 영향을 미치는 염색체 부위로서는 1번, 5번, 6번, 7번, 8번, 12번, 15번, 17번 그리고 X에서 검정되었다(Bidanel와 Rothschild, 2002). 그 중 전체 게놈 QTL 분석을 통해 육질 형질 중 연도와 관련된 4번과 14번 염색체, 육색과 관련된 5번과 6번, 그리고 X 염색체, 그리고 conductivity에 대한 16번 염색체의 관련성을 보고하였다(Harmegnies 등, 2006). 또한 염색체 1번의 S0312~S0113 위치에서는 등심에서의 pH 값에 영향을 미치는 QTL로 확인되었으며, 이 위치는 또한 육색과 전도율에도 연관성이 있었다(Liu 등, 2007).

Hou 등(2003)은 microsatellite marker와 돼지 육질형질과의

연관성을 분석하였고, pH가 육즙손실(water lost rate)과 정의 상관관계가 있음을 확인하였다.

본 연구에서는 국내 양돈산업에 가장 적합한 버크셔종의 육질 관련 형질에 대한 특성을 분석하고, MS marker와의 연관성을 분석하여 이를 활용한 육질 우수 개체 선발의 적합성과 효율성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물 및 시료 채취

실험동물은 다산중돈(대표 박화춘)에서 동일한 환경에서 사육된 버크셔 323두를 수원 신원도축장에서 10차에 걸쳐 도축하여 이용하였다. 육질 분석을 위해 도축된 돼지는 24시간 동안 냉동실에 보관한 후, 등심 조직을 절단하였다. 동일개체의 도축시 10cc 정도의 혈액을 EDTA가 함유된 튜브에 채취하여 genomic DNA를 분리하고(Wizard genomic DNA Purification Kit, Promega, USA), 적정 농도로 희석하여 실험에 이용하였다.

Table 1. List of used microsatellite markers

Primer	Chr.	R.P (cM)	Min/Max	Primer	Chr.	R.P (cM)	Min/Max
S0312	1	59.1	102/118	SW1856	7	61.5	180/200
SW2185	1	67.6	145/175	S0102	7	70.1	123/143
SW2166	1	70.2	150/182	SW1614	7	85.2	160/184
S0113	1	80.5	180/198	SW2040	7	90	166/180
SW962	1	80.5	130/160	SW1816	7	151.3	92/120
SW970	1	83.7	227/375	S0019	9	86.4	192/212
SWR982	1	86.2	189/211	SW1349	9	142.5	127/161
SW373	1	119.5	152/170	SW497	10	39.3	93/116
SW256	2	19.2	92/118	SW1632	11	16.6	176/215
SW942	2	59.5	136/144	SW864	13	43.1	168/183
S0091	2	64.3	148/168	SW1027	14	21.5	133/161
SW487	3	46	148/188	SW104	14	45.2	219/237
SW2047	3	75.3	168/184	SW210	14	46.3	218/242
SW752	4	51.2	108/124	SWR925	14	56.9	123/148
SW839	4	62.3	144/166	S0355	15	13.8	244/271
SW841	4	71.2	158/188	SW919	15	25.7	87/138
SW818	4	105	126/179	SW1865	15	73.1	113/123
SW1710	4	105.8	137/197	SW1945	15	76	95/111
SW310	5	111.1	109/135	SW2083	15	81.1	141/155
SW1329	6	18.6	88/128	KS154	15	81.1	160/170
SW2406	6	21.4	220/258	KS158	15	81.1	107/129
SW1353	6	29.2	154/170	SW936	15	88.5	92/112
SW1841	6	41.5	175/236	KS155	15	90	109/125
RYR1	6	75.3	270/350	SW769	17	117.5	106/139
SW353	6	102.5	144/164	SW2588	X	128.4	101/124

Chr; chromosome, R.P; Relative position, Min/Max; minimum/maximum allele size

2. 육질 형질 분석

등심의 일반성분 분석은 Anderson 등(2007)의 방법에 따라 단백질, 지방, 수분, 그리고 콜라겐의 함량을 각각 측정하였다. 드립감량(drip loss), 가열감량(Cooking loss), 그리고 전단력 분석은 각각 일반적인 분석 방법으로 측정하였다. 보수력(Water holding capacity; WHC)은 Laakkonen 등(1970)의 방법을 약간 변형한 Park 등(2001)의 방법에 의하여 측정하였다. 육색은 등심을 절개하여 30분 노출시킨 후 Chroma meter(Minolta Co. CR 300, Japan)로 CIE(Commision Internationale de Leclairage) L*, a*, b* 값을 9 반복으로 측정하였고, 이때의 표준편은 $Y = 92.40, x = 0.3136, y = 0.3196$ 의 백색 타일을 사용하였다. 시료의 pH 측정은 도축 후 45분(pH45)과 24시간(pH24)에 도체 pH meter(pH*K21, NWK-Binär GmbH Co., Germany)로 측정하였다.

3. Microsatellite (MS) marker와 유전자형 분석

돼지의 MS marker 50개를 선발하여 primer pair의 forward 쪽에 fluorescent dye로 부착하여 합성하였다(6-Fam, Ned, Vic, 혹은 Pet, Applied Biosystems, USA)(Table 1). 그리고 MS marker 각각에 대해서 형광 색상과 대립유전자의 크기를 고려하여 multiplex PCR 분석을 실시하였다. 반응액은 1X Taq polymerase buffer, 1.5 mM MgCl₂, 2mM dNTP(Promega, USA), 5pmol primer pair, 그리고 1 unit Gold Taq polymerase (Applied Biosystems, USA)를 15 μ l로 혼합하였고, 95 $^{\circ}$ C에서 15분 heating한 후, 94 $^{\circ}$ C 40초, 55~62 $^{\circ}$ C 40초, 72 $^{\circ}$ C 1분으로 35 cycle을 반복하여 증폭한 다음 72 $^{\circ}$ C에서 1시간 동안 충분히

extension시켰다(9700, Applied Biosystems, USA). PCR 분석 결과는 500HD Liz size standard marker와 Formaldehyde (Applied Biosystems)를 혼합하여 ABI3130XL Genetic analyzer에서 확인하고(Applied Biosystems, USA). Genemapper program (Version 4.1, USA)에서 정확한 유전자형을 분석하였다.

4. 통계분석

본 실험에서 이용된 323두 개체의 도체성적 및 육질 분석 결과와 MS marker의 대립유전자와의 연관성을 확인하기 위해 SAS program version 9.1 (2002)을 이용하여 분산분석을 실시하였고, 상호간의 차이는 Duncan 다중검정법에 의해 95% 유의수준으로 확인하였다.

결과 및 고찰

1. 버크셔종의 육질 특성

323두의 버크셔종에 대한 육질 형질의 특성을 분석한 결과는 Table 2에 나타낸 바와 같았다.

우리나라의 종돈 개량은 육량적으로는 많은 증가추세를 보이고 있어 최근 주요 요인별 조사결과를 보았을 때(서, 2009), 도체중은 듀록, 랜드레이스, 요크셔 각각 71.84, 75.25, 73.26 kg으로 랜드레이스가 가장 높게 나타나는 것을 알 수 있었다. 본 연구의 버크셔종의 도체중은 85.06 kg으로 앞의 세 품종보다 높은 값을 확인할 수 있다. 등지방두께에서도 듀록, 랜드레이스, 요크셔 각각 11.46, 11.06, 11.23 mm으로 나타나 버크셔가 듀록보다도 더 두꺼운

Table 2. Character of meat quality traits in Berkshire

Traits	Means \pm SE	Min	Max
CW (kg)	85.068 \pm 0.32	71.00	105.00
BFT (mm)	24.408 \pm 0.26	12.00	37.00
pH45	5.992 \pm 0.01	5.34	6.90
pH24	5.882 \pm 0.01	5.40	6.72
CIE			
-L*	48.355 \pm 0.16	38.01	57.68
-a*	6.19 \pm 0.06	3.40	9.86
-b*	2.767 \pm 0.05	0.78	6.15
WHC (%)	58.056 \pm 0.13	52.85	64.97
Chemical composition (%)			
Collagen	0.893 \pm 0.00	0.53	1.27
Fat	2.878 \pm 0.06	0.67	10.15
Moisture	75.498 \pm 0.04	70.44	77.57
Protein	23.74 \pm 0.03	21.46	25.44
Drip Loss (%)	4.329 \pm 0.10	0.75	14.38
Cooking loss (%)	28.198 \pm 0.17	15.22	39.02
Shear Force (kg)	2.784 \pm 0.03	1.47	4.83

CW; carcass weight, BFT; backfat thickness, pH45 and pH24; pH at 45min and 24hr after post-mortem, CIE-L*, a*, and b*; meat color lightness, redness, and yellowness, WHC; water holding capacity.

Table 3. Means ± SE value of meat quality traits among alleles of markers

Marker	N	pH24hr	CIE-L*	CIE-a*	CIE-b*	WHC	Fat	DL	CL	SF
<i>S0312</i>										
101	34	5.89±0.3	48.46±0.63 ^{ab}	6.09±0.14	2.63±0.18	8.47±0.47	2.46±0.15 ^b	4.67±0.30	27.45±0.50	2.75±0.10 ^B
105	58	5.82±0.03	48.76±0.33 ^{ab}	6.09±0.14	2.81±0.11	58.18±0.26	2.56±0.13 ^b	4.62±0.21	29.00±0.38	3.00±0.09 ^A
107	21	5.89±0.06	49.59±0.85 ^a	5.92±0.30	3.00±0.29	57.83±0.59	3.36±0.36 ^a	4.15±0.43	28.35±0.75	2.53±0.11 ^B
109	250	5.88±0.01	48.19±0.19 ^b	6.23±0.07	2.73±0.06	58.15±0.16	2.85±0.07 ^b	4.41±0.13	28.03±0.20	2.73±0.04 ^B
111	185	5.88±0.01	48.60±0.22 ^{ab}	6.10±0.08	2.80±0.08	58.08±0.17	2.88±0.09 ^b	4.32±0.13	28.25±0.22	2.79±0.04 ^{AB}
<i>SW962</i>										
129	359	5.89±0.01	48.49±0.16	6.15±0.06 ^C	2.78±0.05 ^{BC}	58.26±0.13	2.88±0.06 ^{BC}	4.28±0.09	28.30±0.17	2.79±0.03 ^{ab}
146	24	5.87±0.05	47.67±0.63	6.96±0.27 ^A	3.35±0.21 ^A	57.94±0.31	3.49±0.38 ^{AB}	4.15±0.31	28.79±0.81	3.02±0.13 ^a
152	43	5.88±0.03	48.23±0.41	6.15±0.1 ^C	2.56±0.13 ^C	57.81±0.34	2.55±0.14 ^C	4.20±0.29	27.08±0.4	2.66±0.08 ^{ab}
158	178	5.87±0.02	48.15±0.21	6.07±0.09 ^C	2.57±0.07 ^C	57.49±0.17	2.72±0.10 ^{BC}	4.50±0.14	28.16±0.23	2.79±0.04 ^{ab}
160	15	5.87±0.07	49.3±0.71	6.31±0.25 ^{BC}	2.97±0.24 ^{BC}	58.09±0.63	3.4±0.27 ^{ABC}	4.79±0.83	28.16±0.68	2.49±0.14 ^b
<i>S0113</i>										
180	398	5.88±0.01	48.58±0.15	6.10±0.05 ^b	2.78±0.05	28.13±0.01	2.87±0.06	4.29±0.09	28.34±0.15	2.77±0.03
182	10	5.94±0.05	47.06±0.96	6.62±0.45 ^a	2.88±0.23	58.42±0.61	2.95±0.28	4.02±0.52	26.72±0.63	2.95±0.21
186	218	5.88±0.01	47.95±0.20	6.34±0.08 ^{ab}	2.75±0.07	57.88±0.15	2.88±0.09	4.37±0.12	28.12±0.23	2.80±0.04
188	18	5.90±0.05	48.73±0.88	6.08±0.31 ^b	2.73±0.26	58.37±0.60	3.10±0.35	4.70±0.49	27.16±0.89	2.79±0.13
<i>SWR982</i>										
204	236	5.85±0.01 ^{ab}	48.67±0.20	6.47±0.08	3±0.07	58±0.15	3.03±0.09	4.56±0.13 ^{AB}	28.48±0.2	2.77±0.04
206	364	5.91±0.0 ^a	48.14±0.16	6.03±0.05	2.67±0.05	58.16±0.12	2.84±0.06	4.13±0.09 ^B	27.99±0.17	2.82±0.03
208	30	5.79±0.12 ^b	48.65±0.49	6.32±0.18	2.59±0.14	57.45±0.4	2.60±0.22	4.83±0.33 ^A	28.44±0.49	2.74±0.11
<i>SW256</i>										
93	21	6.02±0.04 ^A	48.28±0.63	6.05±0.24	2.91±0.2 ^{abc}	58.55±0.51 ^{AB}	2.83±0.20 ^{AB}	4.06±0.43 ^{ab}	28.15±0.85	2.95±0.12
97	40	5.93±0.04 ^{AB}	48.48±0.50	6.35±0.19	3.29±0.16 ^a	59.56±0.36 ^A	3.64±0.22 ^A	3.75±0.23 ^b	28.38±0.57	2.63±0.08
99	187	5.86±0.02 ^{ABC}	48.43±0.21	6.21±0.08	2.77±0.07 ^{abc}	57.80±0.16 ^{ABC}	2.73±0.08 ^{AB}	4.55±0.14 ^a	28.40±0.24	2.90±0.05
103	90	5.87±0.02 ^{ABC}	48.77±0.32	6.07±0.12	2.64±0.10 ^{bc}	57.95±0.24 ^{ABC}	2.81±0.13 ^{AB}	4.62±0.19 ^a	28.30±0.31	2.68±0.06
105	175	5.87±0.02 ^{ABC}	48.37±0.22	6.22±0.08	2.78±0.07 ^{abc}	58.14±0.18 ^{ABC}	2.89±0.10 ^{AB}	4.24±0.14 ^{ab}	28.04±0.22	2.76±0.04
107	84	5.87±0.02 ^{ABC}	48.31±0.34	6.20±0.12	2.74±0.10 ^{bc}	57.77±0.24 ^{ABC}	2.94±0.15 ^{AB}	4.35±0.17 ^{ab}	27.84±0.32	2.73±0.06
119	19	5.72±0.03 ^C	48.84±0.6	6.25±0.18	2.27±0.18 ^c	56.24±0.27 ^C	2.3±0.18 ^B	4.89±0.43 ^a	28.42±0.57	2.69±0.12
<i>S0091</i>										
148	54	5.87±0.03 ^b	47.99±0.41	6.59±0.16 ^a	3.03±0.14	58.54±0.28 ^{AB}	3.13±0.21 ^{ab}	4.15±0.22	28.65±0.39	2.90±0.09
152	33	5.95±0.04 ^a	48.54±0.56	5.95±0.17 ^b	2.79±0.17	59.05±0.43 ^A	3.38±0.23 ^a	4.01±0.30	27.28±0.43	2.65±0.09
160	364	5.88±0.01 ^b	48.33±0.16	6.19±0.06 ^{ab}	2.67±0.05	57.78±0.12 ^B	2.75±0.06 ^b	4.47±0.10	28.18±0.17	2.80±0.03
163	55	5.92±0.03 ^{ab}	48.43±0.33	6.18±0.16 ^{ab}	2.96±0.13	58.54±0.33 ^{AB}	3.13±0.15 ^{ab}	3.93±0.22	28.43±0.47	2.78±0.08
167	93	5.83±0.02 ^b	48.74±0.31	6.18±0.1 ^{ab}	2.90±0.10	57.81±0.22 ^B	2.89±0.11 ^{ab}	4.46±0.21	28.26±0.33	2.8 ±0.06
169	35	5.91±0.04 ^{ab}	48.39±0.51	5.93±0.17 ^b	2.69±0.18	58.09±0.38 ^B	2.91±0.24 ^{ab}	3.98±0.32	28.3 ±0.52	2.61±0.07
<i>SW310</i>										
109	323	5.89±0.01	48.19±0.17	6.19±0.06	2.78±0.05 ^B	58.06±0.13 ^B	2.92±0.07	4.15±0.1	28.08±0.18 ^b	2.78±0.03 ^b
111	296	5.87±0.01	48.44±0.17	6.17±0.06	2.70±0.06 ^B	57.93±0.14 ^B	2.79±0.07	4.50±0.1	28.15±0.17 ^b	2.76±0.04 ^b
131	21	5.88±0.04	48.94±0.51	6.58±0.23	3.39±0.20 ^A	59.8±0.55 ^A	3.14±0.22	4.66±0.34	29.91±0.63 ^a	3.13±0.15 ^a
<i>SW353</i>										
142	61	5.92±0.03 ^b	47.98±0.30	6.17±0.13	2.69±0.13	58.25±0.32 ^B	2.8 ±0.14	4.17±0.21	28 ±0.39	2.8 ±0.09
147	242	5.85±0.01 ^b	48.51±0.19	6.29±0.07	2.77±0.06	57.87±0.15 ^B	2.87±0.08	4.42±0.12	28.39±0.2	2.8 ±0.04
149	55	5.84±0.03 ^b	48.44±0.4	6.15±0.15	2.92±0.12	58.35±0.3 ^B	2.73±0.19	4.62±0.28	28.70±0.44	2.79±0.07
151	98	5.91±0.02 ^b	48.30±0.33	6.29±0.12	3.02±0.09	58.51±0.21 ^B	3.21±0.11	4.17±0.17	28.04±0.34	2.83±0.07
153	115	5.88±0.02 ^b	48.17±0.26	5.98±0.09	2.44±0.08	57.55±0.22 ^B	2.81±0.14	4.09±0.16	27.93±0.27	2.62±0.05
157	34	6.03±0.04 ^a	47.78±0.56	5.95±0.20	3.01±0.2	59.41±0.29 ^A	2.99±0.18	3.75±0.29	27.30±0.64	2.76±0.1
159	30	5.82±0.04 ^b	49.02±0.48	6.12±0.17	2.66±0.18	57.45±0.49 ^B	2.46±0.21	5.16±0.37	29.01±0.46	2.98±0.11

Table 3. Continue

Marker	N	pH24hr	CIE-L*	CIE-a*	CIE-b*	WHC	Fat	DL	CL	SF
<i>S0102</i>										
126	104	5.89±0.02	48.02±0.28 ^b	6.16±0.09	2.62±0.09 ^{BC}	58.20±0.24 ^{ab}	2.67±0.1 ^{BC}	4.3 ±0.16	28.31±0.30	2.92±0.07 ^a
130	505	5.88±0.01	48.4 ±0.13 ^b	6.17±0.05	2.78±0.04 ^B	58.03±0.1 ^{ab}	2.91±0.06 ^B	4.31±0.08	28.16±0.14	2.74±0.03 ^b
132	6	5.79±0.07	47.96±0.53 ^b	6.09±0.72	2.06±0.21 ^C	56.40±0.45 ^b	2.02±0.23 ^C	5.51±1.03	28.51±1.8	2.74±0.15 ^b
136	20	5.88±0.05	47.72±0.80 ^a	6.60±0.3	3.31±0.25 ^A	59.02±0.36 ^a	3.48±0.36 ^A	4.07±0.36	27.66±0.66	3.07±0.15 ^a
<i>SW497</i>										
92	19	6.01±0.05 ^a	46.67±0.55 ^C	5.66±0.30 ^c	2.50±0.16 ^B	58.60±0.36	2.62±0.11	3.44±0.39 ^b	25.91±0.88 ^C	2.76±0.10
94	58	5.88±0.03 ^{abc}	48.73±0.36 ^{BC}	5.96±0.12 ^{bc}	2.59±0.12 ^B	58.25±0.30	2.68±0.15	4.56±0.21 ^{ab}	28.55±0.33 ^{BC}	2.81±0.09
100	386	5.89±0.01 ^{abc}	48.15±0.15 ^{BC}	6.19±0.06 ^{abc}	2.75±0.05 ^B	58.11±0.12	2.90±0.06	4.21±0.09 ^{ab}	28.14±0.16 ^{BC}	2.78±0.03
106	5	5.74±0.03 ^c	53.20±1.35 ^A	7.35±0.62 ^a	4.43±0.54 ^A	57.22±0.58	3.11±0.31	6.04±0.54 ^a	32.62±2.0 ^a	3.68±0.39
108	78	5.85±0.02 ^{abc}	48.80±0.34 ^{BC}	6.44±0.12 ^{abc}	2.92±0.1 ^B	57.56±0.24	2.87±0.13	4.66±0.23 ^{ab}	28.40±0.35 ^{BC}	2.77±0.07
110	95	5.88±0.02 ^{abc}	48.58±0.30 ^{BC}	6.18±0.11 ^{abc}	2.79±0.11 ^B	58.13±0.24	2.97±0.14	4.36±0.19 ^{ab}	28.21±0.31 ^{BC}	2.77±0.07
<i>SW210</i>										
219	7	5.83±0.04	49.42±0.83	6.53±0.31	3.62±0.24 ^a	60.53±0.73 ^A	4.23±0.39 ^A	3.74±0.22	30.10±0.4	2.62±0.06
229	68	5.89±0.03	48.29±0.39	6.16±0.14	2.91±0.14 ^b	58.15±0.27 ^B	3.09±0.19 ^B	4.16±0.24	27.79±0.37	2.71±0.06
236	110	5.90±0.02	48.16±0.26	6.10±0.11	2.77±0.09 ^b	58.32±0.22 ^B	2.88±0.10 ^B	4.14±0.15	28.07±0.31	2.91±0.06
238	239	5.88±0.01	48.45±0.19	6.26±0.07	2.78±0.06 ^b	57.91±0.15 ^B	2.85±0.08 ^B	4.50±0.13	28.25±0.2	2.75±0.04
240	75	5.89±0.02	48.37±0.40	6.19±0.13	2.85±0.12 ^b	58.43±0.28 ^B	2.87±0.12 ^B	4.26±0.23	28.25±0.40	2.68±0.07
242	125	5.87±0.02	48.26±0.25	6.13±0.10	2.56±0.08 ^b	57.60±0.21 ^B	2.74±0.11 ^B	4.30±0.15	28.31±0.27	2.85±0.06
244	18	5.87±0.05	48.56±0.76	6.10±0.19	2.57±0.22 ^b	58.18±0.47 ^B	2.67±0.16 ^B	4.71±0.43	27.64±0.75	2.81±0.12
<i>S0355</i>										
244	142	5.90±0.02 ^a	48.32±0.26	6.05±0.09	2.82±0.08 ^{AB}	58.90±0.19 ^A	2.84±0.09 ^a	4.20±0.14	27.66±0.25	2.86±0.06
246	86	5.87±0.03 ^a	48.90±0.25	6.33±0.11	3.07±0.1 ^A	58.16±0.26 ^A	3.19±0.16 ^a	4.27±0.22	28.90±0.33	2.73±0.07
248	207	5.90±0.01 ^a	48.18±0.22	6.19±0.08	2.65±0.07 ^{AB}	57.95±0.16 ^A	2.78±0.08 ^a	4.21±0.11	27.82±0.22	2.72±0.04
250	126	5.88±0.02 ^a	48.02±0.27	6.21±0.1	2.61±0.09 ^{AB}	57.35±0.18 ^A	2.82±0.1 ^a	4.47±0.18	28.46±0.29	2.78±0.05
252	3	5.65±0.06 ^b	48.67±1.28	6.02±0.37	2.17±0.27 ^B	55.36±0.18 ^B	1.50±0.34 ^b	5.69±0.74	29.98±1.10	2.77±0.23
259	80	5.83±0.02 ^a	48.82±0.34	6.28±0.13	2.92±0.11 ^{AB}	58.00±0.29 ^A	3.00±0.19 ^a	4.71±0.23	28.93±0.31	2.88±0.07
<i>SW936</i>										
92	8	5.88±0.06 ^b	47.57±0.74	6.34±0.33	2.21±0.37 ^c	57.86±1.28	2.56±0.45 ^c	3.58±0.46 ^c	27.89±1.13	2.72±0.26
96	74	5.93±0.03 ^a	48.48±0.39	6.08±0.13	2.79±0.12 ^{AB}	58.12±0.25	2.94±0.13 ^{AB}	4.16±0.23 ^{ab}	28.06±0.42	2.68±0.07
101	77	5.88±0.02 ^b	48.44±0.33	6.42±0.13	3.26±0.09 ^A	58.91±0.23	3.37±0.17 ^A	4.2 ±0.22 ^{ab}	28.61±0.37	2.92±0.07
103	59	5.92±0.03 ^a	48.02±0.37	6.37±0.16	2.96±0.13 ^{AB}	58.55±0.28	3.07±0.15 ^{AB}	4.03±0.23 ^{ab}	28.53±0.39	2.91±0.09
109	249	5.85±0.01 ^b	48.57±0.18	6.16±0.07	2.67±0.06 ^{BC}	57.70±0.15	2.71±0.08 ^B	4.65±0.12 ^a	28.27±0.19	2.77±0.04
111	179	5.91±0.02 ^a	48.11±0.23	6.12±0.08	2.64±0.08 ^{BC}	58.01±0.18	2.82±0.08 ^{AB}	4.14±0.13 ^{ab}	27.89±0.23	2.74±0.04
<i>SW2588</i>										
100	34	5.96±0.03 ^{ab}	48.48±0.58	6.08±0.19 ^a	3.07±0.16 ^A	60.48±0.43 ^A	3.45±0.22 ^A	3.58±0.30	28.87±0.51 ^A	2.69±0.10
108	117	5.96±0.02 ^{ab}	48.17±0.30	6.04±0.10 ^a	2.93±0.08 ^A	59.76±0.21 ^{AB}	3.22±0.11 ^A	3.97±0.17	27.27±0.27 ^A	2.74±0.06
114	7	6.00±0.04 ^a	46.87±0.44	5.13±0.26 ^b	2.38±0.18 ^{ABC}	29.73±0.59 ^{AB}	3.43±0.46 ^A	3.56±0.44	24.93±0.71 ^B	2.60±0.21
116	309	5.87±0.01 ^b	48.45±0.18	6.31±0.06 ^a	2.81±0.06 ^{AB}	57.61±0.12 ^{ABC}	2.92±0.07 ^A	4.43±0.11	28.21±0.19 ^A	2.79±0.04
118	175	5.82±0.01 ^b	48.33±0.18	6.17±0.09 ^a	2.56±0.07 ^{ABC}	57.21±0.14 ^{ABC}	2.46±0.07 ^B	4.59±0.12	28.59±0.20 ^A	2.84±0.04

¹⁾ traits CIE-L*, a*, and b*; lightness, redness, and yellowness of meat color, F; fat content, WHC; water holding capacity, CL; cooking loss, DL; drip loss, SF; shear force

The 'N' represents the appearing number of an allele in the population.

^{a-c} Means with the different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05).

^{A-C} Means with the different superscripts in the same column are significantly different (p<0.01).

12.95 mm로 나타났다. 육질관련 형질에 있어서도 본 연구에 이용하였던 버크셔종은 다른 종돈에 비해서 도축 45분 및 24시간 후의 pH 값이 (pH45 min과 pH24hr) 높고, 근내지방도가 높으며, 육색이 더욱 밝은 것으로 나타났다. 이 결과들은 서로 동일한 상황에서 실험된 것이 아니므로 비교하기가 어렵다는 점이 있으나, 다른 연구에서 품종별 육질 특성을 분석한 결과를 볼 때에도 버크셔종이 근내지방도가 우수하고 가열감량은 낮으며 연도와 다즙성 모두 가장 우수한 것을 확인할 수 있었다(종돈개량, 2005). 버크셔종과 듀록, 렌드레이스, 햄프셔, 요크셔 종과의 육질 비교 분석에서도 육질이 우수하다고 평가되는 결과를 얻는 바 있다(김, 2005).

이러한 결과로 버크셔종의 육질의 특성은 대단히 우수한 것으로 판단 되어지고, 국내 소비자의 돈육소비패턴을 볼 때 지방함량이 높고 pH가 높은 버크셔종이 매우 적합한 특성을 가지고 있는 것으로 판단된다.

2. MS marker와 육질 형질과의 연관성 분석

돼지의 50개 MS marker와 육질형질과의 연관성을 MS marker 확인한 결과 14개에서 각 육질 형질과 높은 연관성이 있는 것을 확인할 수 있었다. Table 3은 육질형질값에 대해 유의적 연관성이 있는 14개 MS marker에 대해 323두 버크셔종에서 출현한 대립유전자의 육질형질 값을 나타내고 있다.

육질 형질은 pH가 높게 나타나는 경우 가열감량이나 드립감량이 낮게 나타나는 상호 연관관계를 확인할 수 있었다. 일반적으로 알려진 바와 같이 지방함량은 전단력과 연관성이 나타났고, 보수성과 pH간에도 높은 상관관계를 보였다. pH는 연도, 다즙성, 향미, 육색, 근내지방도 및 육즙감량 등 육질에 영향을 미치는 많은 요인에 연관되어 있는 매우 중요한 요인으로 알려져 있다(서, 2009). 본 연구에서도 1개의 육질 형질과 연관성이 나타난 경우 상관관계가

있는 다른 형질에서도 연관성이 함께 나타나는 것을 알 수 있었다. Genome scan 분석으로 듀록과 피트레인 종을 이용한 육질 형질과의 연관 분석에서 1번 염색체의 S0312~S0113은 등심의 pH와 관련성이 매우 높은 것을 확인하였다(Liu 등, 2006). 이용한 품종이나 가계는 달랐으나 본 연구에서도 이 위치에서 pH24hr 뿐만 아니라 다른 육질 형질에도 연관성 있는 결과를 확인할 수 있었다. 2번 염색체에 존재하는 SW256과 S0091은 모두 pH24hr, 육색, 보수성, 그리고 지방함량과 높은 연관성을 확인할 수 있었는데, 이 유전자 좌위는 각각 드립감량과 등지방두께와의 연관성이 보고된 바 있다(Liu 등, 2007; de Koning 등, 2001). SW310의 위치는 Harmegnies 등(2006)과 Rohrer 등(2005)의 연구에서 육의 황색도와 연관성이 높다고 밝혔는데 본 연구에서도 육의 황색도 뿐만 아니라 (p<0.01), 보수성, 가열감량, 드립감량, 그리고 전단가와도 유의성이 나타났다. SW353은 pH24hr, 육색, 보수성, 그리고 드립감량과 연관성이 나타났다. 이와 같이 pH24hr와 연관성이 있는 경우에는 드립감량이나 가열감량에도 연관성 있는 결과가 나타나는 상호관계를 확인할 수 있었다. SW497은 지방함량과 전단가를 제외한 모든 육질 형질과 연관성이 있는 것을 확인할 수 있었다. 이 유전자 좌위는 육의 적색도에 대한 연관성을 보고한 바 있어(van Wijk 등, 2006) 더욱 신뢰성이 높은 결과로 판단되어진다. SW210은 de Koning 등(2001)의 연구에서와 마찬가지로 육의 황색도에서 유의적 연관성이 나타났고, 보수성과 지방함량과도 연관성을 확인할 수 있었다. S0355는 Malek 등(2001)에 의해 육의 pH와의 연관성이 밝혀진 바 있고, 본 연구에서도 allele type에 따라 육의 pH24hr, 황색도, 보수성, 지방 함량, 그리고 가열감량과 높은 연관성을 나타내었다. SW936은 RN 유전자가 위치하는 염색체 15번에 존재하는 마커로서 드립감량과의 연관성이 보고된 바 있는데(Bertram 등, 2000), 여기에서도 pH24hr, 황색도, 보수성, 지방함량, 드립감량과 관련이 있는 것으로 확인되었다. 육질 형질

Table 4. Post-mortem pH24hr values in loins according to high (H) and low (L) alleles of MS markers

Marker	H		L		D(HL)	F-value
	allele	pH24	allele	pH24		
SW256	93	6.02±0.06 ^a	119	5.72±0.12 ^c	0.30	2.79**
SW936	96	5.93±0.03 ^a	109	5.85±0.01 ^b	0.08	2.79*
SW353	157	6.03±0.04 ^a	159	5.82±0.04 ^b	0.21	4.37**
SW2588	114	6.00±0.04 ^b	118	5.82±0.01 ^b	0.18	7.90**
S0091	152	5.95±0.04 ^a	148	5.87±0.03 ^b	0.08	2.31*
SW210	236	5.90±0.02	219	5.83±0.04	0.07	0.39
SW962	129	5.89±0.01	129	5.87±0.02	0.02	0.63
S0113	182	5.94±0.05	186	5.88±0.01	0.06	0.29
SWR982	206	5.91±0.01 ^a	208	5.79±0.12 ^b	0.12	4.84**
SW497	92	6.01±0.05 ^{ab}	106	5.74±0.03 ^c	0.27	2.37*

All values are mean ± SE.

The H and L indicate the alleles representing the highest and lowest post-mortem pH24hr values, respectively, among the total appearing alleles of MS markers in Table 3.

^{a-c} Means with different superscripts in the same row are significantly different (* p<0.05, ** p<0.01).

Table 5. Fat content (%) in loins according to high (*H*) and low (*L*) alleles of MS markers

Marker	<i>H</i>		<i>L</i>		D (<i>HL</i>)	F-value
	allele	Fat content	allele	Fat content		
S0102	136	3.48±0.36 ^a	132	2.02±0.23 ^c	1.46	3.49**
SW256	97	3.64±0.22 ^a	119	2.3 ±0.18 ^b	1.34	2.95**
S0355	246	3.19±0.16 ^a	252	1.50±0.34 ^b	1.69	2.32*
SW936	101	3.26±0.09 ^a	92	2.21±0.37 ^b	1.05	3.96**
SW2588	100	3.45±0.22 ^a	118	2.46±0.07 ^b	0.99	6.78**
S0091	152	3.38±0.23 ^a	160	2.75±0.06 ^b	0.63	2.78*
SW210	219	4.23±0.39 ^a	244	2.67±0.16 ^b	1.56	2.97**
SW962	146	3.49±0.38 ^a	152	2.55±0.14 ^c	0.94	3.62**
SW487	156	3.22±0.41 ^a	158	2.5 ±0.34 ^b	0.72	2.42*
SWR925	120	3.12±0.13 ^a	134	2.05±0.40 ^b	1.07	2.22*

All values are mean ± SE.

The *H* and *L* indicate the alleles representing the highest and lowest fat contents, respectively, among the total appearing alleles of MS markers in Table 3.

^{a-c} Means with different superscripts in the same row are significantly different (* p<0.05, ** p<0.01).

과 연관성이 있는 것으로 알려진 X 염색체에 존재하는 SW2588은 육의 pH24hr, 적색도와 황색도, 보수성, 지방 함량, 드립감량, 가열감량에서 모두 유의적 연관성이 확인되었다.

이와 같이 본 연구에서 이용한 MS marker는 이전의 연구결과에서 밝힌 육질 형질과의 연관성과 비교해 볼 때, 유사한 연구결과를 나타내어 신뢰성 있는 결과를 확인할 수 있었다.

3. 우수 개체 선발의 효과

국내에서는 지방함량이 높은 돼지고기를 선호하는 경향에 따라 본 연구에서는 우선 버크셔 품종의 육질 특성을 확인하였고, 육질 형질과 MS marker와의 상관관계를 확인하였다. 육질 형질과 연관성이 있는 것으로 나타난 14개 MS marker는 버크셔종의 육질 우수 개체의 선발에 어떠한 효과를 볼 수 있는지 평가해 보았다.

Table 4와 5는 각 MS marker에서 출현한 전체 대립유전자 중에서 pH24hr와 지방함량의 형질값이 가장 높게 나타나는 대립유전자(*H* allele)와 가장 낮게 나타나는 대립유전자(*L* allele)의 평균값±SE값을 나타내고 있다. Table 4를 보면, *H*와 *L* 대립유전자 간의 pH24hr 값의 차이는 최대 0.32에서부터 최소 0.05의 차이가 나타났는데, 이러한 pH24hr의 큰 차이는 육의 보수성, 가열감량이나 드립감량에도 영향을 미치게 되는 것을 확인할 수 있다. 지방함량의 경우에도 *H*와 *L* 대립유전자를 가지는 두 집단의 차이를 보면 (Table 5), 최대 2.04%에서 최소 0.63%의 지방 함량 차이를 확인할 수 있었다. 이와 같은 지방함량의 큰 차이는 육의 조직감이나 연도와 같은 형질에도 크게 영향을 미치는 효과를 기대할 수 있을 것이다.

이와 같이 육질 형질값에 큰 차이가 나타나는 MS marker의 출현양상을 이용하여 개체군을 선발한다면 육질이 우수한 개체를 육종하는데 좋은 효과가 있을 것으로 추측된다.

요 약

본 연구는 버크셔종의 육질에 대한 특성을 분석하여 국내 돈육시장에서의 적합성을 확인하고, MS marker를 이용한 육질 우수 개체 선발의 효율성에 대해서 분석하였다. 버크셔 323두를 동일 사양조건에서 사육하고 도축하여 육질형질을 분석하고, 혈액으로부터 genomic DNA를 분리하여 50개의 MS marker에 대한 유전자형을 분석하였다. 버크셔종은 국내에서 가장 많이 이용되고 있는 듀록, 요크셔, 랜드레이스 종보다도 육질에 있어서 더욱 우수한 특성을 나타내었다. 특히 도축 24시간 후 pH 값은 평균 5.88±0.01로 대단히 높게 나타났고, 지방함량의 경우에도 2.878±0.06로 확인되었다. MS marker와의 연관성을 확인한 결과, 14개 MS marker가 육질형질과 연관성을 있는 것으로 나타났다(p<0.05). 특히 pH24hr와 지방함량에서는 가장 높은 값을 가지는 대립유전자집단이 가장 낮은 집단에 비해 최고 0.55, 2.04%가 높은 것을 확인할 수 있었다. 이러한 특성을 버크셔종의 육질 우수 개체 선발에 이용한다면 육색, 지방함량, pH24hr, 가열감량, 드립감량, 그리고 보수성에서 육질 형질값의 높은 개량효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

(주제어: 육질, 버크셔, 초위성체 마커)

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 바이오그린21사업(과제번호: 20080401034059)의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

인 용 문 헌

Anderson, S., Aldana, S., Beggs, M., Birkey, j., Conquest, A.,

- Conway, R., Hemminger, T., Herrick, j., Hurley, C., Ionita, C., Longbind, j., McMaignal, S., Milu, A., Mitchell, T., Nanke, K., Perez, A., Phelps, M., Reitz, J., Salazer, a., Shinkle, T. Strampe, M., Van Horn, K., Williams, J., Wipperfurth, C., Zelten, S. and Zerr, S. 2007. Determination of fat, moisture, and protein in meat and meat products by using the FOSS FoodScan™ Near-Infrared Spectrophotometer with FOSS artificial neural network calibration model and associated (4):1073-1082.
- Bertram, H. C., Petersen, J. S. and Andersen, H. J. 2000. Relationship between RN- genotype and drip loss in meat from Danish pigs. *Meat Science* 56:49-55.
- Bidanel, J. P. and Rothschild, M. F. 2002. Current status of quantitative trait locus mapping in pigs. *Pig News and Information* 23: 39N-53N.
- Girard, J. P., Goutefongea, R., Monin, G. and Touraille, C. 1986. In: *Le porc et son élevage*, (Perez, J. M., Mornet, P. and Rerat, A. (Eds)), Maloine, Paris. p.461.
- Grisart, B., Coppieters, W., Farnir, F., Karim, L., Ford, C., Berzi, P., Cambisano, N., Mni, M., Reid, S., Simon, P., Spelman, R., Georges, M. and Snell, R. 2002. Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: Identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition. *Genome Research* 12: 222-231.
- Harmegnies, N., Davin, F., De Smet, S., Buys, N., Georges, M. and Coppieters, W. 2006. Results of a whole-genome quantitative trait locus scan for growth, carcass composition and meat quality in a porcine four-way cross. *Animal Genetics* 37:543-553.
- Hou, J. G., Li, J. Q., Chen, Y. S. and Wang, C. 2003. Relationships between microsatellite DNA markers and pork quality traits. *Journal of south china agricultural university(Natural Science Edition)*, 24:63-66.
- Huff-Lonergan, E., Baas, T. J., Malek, M., Dekkers, J. C. M. and Pursa, K. 2002. Correlations among selected pork quality traits. *Journal of Animal Science* 80(3):617-627.
- de Koning, D. J., Harlizius, B., Rattink, A. P., Groenen, M. A., Brascamp, E. W. and van Arendonk, J. A. 2001. Detection and characterization of quantitative trait loci for meat quality traits in pigs. *Journal of Animal Science* 92:2812-2819.
- Laakkone, E., Wellington, G. H. and Skerbon, J. W. 1970. Low temperature longtime heating of bovine. I. Changes in tenderness, water binding capacity, pH and amount of water-soluble component. *J. Food. Sci.* 35:175-177.
- Le Roy, P., Naveau, J., Elsen, J. M. and Sellier, P. 1990. Evidence for a new major gene influencing meat quality in pigs. *Genetics Research* 55:33-40.
- Liu, G., Jennen, D. G. J., Tholen, E., Juengst, H., KleinWächter, T., Hölker, M., Tesfaye, D., Ün, G., Schreinemachers, H.-J., Murani, E., Ponsuksili, S., Kim, Schellander, K. and van Laere, A. S., Nguyen, M., Braunschweig, M., Nezer, C., Collette, C., Moreau, L., Archibald, A. L., Haley, C. S., Buys, N., Tally, M., Andersson, G., Georges, M. and Andersson, L. 2003. A regulatory mutation in IGF2 causes a major QTL effect on muscle growth in the pig. *Nature* 425: 832-836.
- Liu, G., Jennen, D. G. J., Tholen, E., Juengst, H., KleinWächter, T., Hölker, M., Tesfaye, D., Ün, G., Schreinemachers, H.-J., Murani, E., Ponsuksili, S., Kim, J.-J., Schellander, K. and Wimmers. K. 2006. A genome scan reveals QTL for growth, fatness, leanness and meat quality in a Duroc-Pietrain resource population. *Animal Genetics*. 37, 17-27.
- Liu, G., Jennen, D. G. J., Tholen, E., Juengst, H., KleinWächter, T., Hölker, M., Tesfaye, D., Ün, G., Schreinemachers, H.-J., Murani, E., Ponsuksili, S., Kim, J.-J., Schellander, K. and Wimmers. K. 2007. A genome scan reveals QTL for growth, fatness, leanness and meat quality in a Duroc-Pietrain resource population. *Animal Genetics*, 38, 241-252.
- Looft, C., Milan, D., Jeon, J. T., Paul, S., Reinsch, N., Gaillard, C. R., Rey, V., Amarger, V., Robic, A., Kalm, E., Chardon, P. and Andersson, L. 2000. A high-density linkage map of the RN region in pigs. *Genet. Sel. Evol.* 32:321-329.
- Malek, M., Dekkers, J. C., Lee, H. K., Baas, T. J., Prusa, K., Huff-Lonergan, E. and Rothschild, M. F. 2001. A molecular genome scan analysis to identify chromosomal regions influencing economic traits in the pig. II. Meat and muscle composition. *Mammalian Genome* 12:637-645.
- Milan, D., Jeon, J.-T., Looft, C., Amarger, V., Robic, A., Thelander, M., Claire, R. G., Pau, S., Iannuccelli, N., Rask, L., Ronne, H., Lundström, K., Reinsch, N., Gellin, J., Kalm, E., Le Roy, P., Chardon, P. and Andersson, L. 2000. A mutation in PRKAG3 associated with excess glycogen content in pig skeletal muscle. *Science* 288:1248-1251.
- Offer, G. 1991. Modeling of the formation pale, soft and exudative meat: Effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. *Meat Science* 30:157-184.
- Park, B. Y., Cho, S. H., Yoo, Y. M., Ko, J. J., Kim, J. H., Chae, H. S., Ahn, J. N., Lee, J. M., Kim, Y. K. and Yoon, S. K. 2001. Animal products and processing : Effect of carcass temperature at 3h post-mortem on pork quality. *J. Anim. Sci. Technol(Kor)*. 43:949-954.
- Rohrer, G. A., Thallman, R. M., Shackelford, S., Wheeler, T. and Koohmaraie, M. 2005. A genome scan for loci affecting pork quality in a Duroc-Landrace F2 population. *Animal Genetics* 37: 17-27.

- Rothschild, M. F. 2004. Porcine genomics delivers new tools and results: This little piggy did more than just go to market. *Genetical Research* 83:1-6.
- Rothschild, M. F. and Soller, M. 1997. Candidate gene analysis to detect genes controlling traits of economic importance in domestic livestock. *Probe* 8:13-20.
- SAS. 2002. SAS® User's Guide: Statistics. Version 9th, Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Sellier, P. 1998. Genetics of meat and carcass traits. In : Rothchild, M. F., Ruvinsky, A. (Eds.), *The genetics of the pig*. CAB International, 463-510.
- Takeda, H., Caiment, F., Smit, M., Hiard, S., Tordoir, X., Cockett, N., Georges, M. and Cardlier, C. 2006. The callipyge mutation enhances bidirectional long-range DLK1-GTL2 intergenic transcription in cis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103:8119-8124.
- van Wijk, H. J., Dibbitts, B., Baron, E. E., Brings, A. D., Harlizius, B., Groenen, M. A. M., Knol, E. F. and Bovenhuis, H. 2006. Identification of quantitative trait loci for carcass composition and pork quality traits in a commercial finishing cross. *J. Anim. Sci.* 84:789-799.
- Winter, A., Kramer, W., Werner, F. A., Kollers, S., Kata, S., Durstewitz, G., Buitkamp, J., Womack, J. E., Thaller, G. and Fries, R. 2002. Association of a lysine-232/alanine polymorphism in a bovine gene encoding acyl-CoA:diacylglycerol acyltransferase (DGAT1) with variation at a quantitative trait locus for milk fat content. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99:9300-9305.
- 김형주. 2005. 브랜드 돈육 생산을 위한 종돈의 선택과 활용, *종돈개량* p66-70.
- 서강석. 2009. 육질향상을 위한 돼지개량, *종돈개량* p53-57.
- 종돈개량. 2005. 품종별 육질 비교 평가, *Breeding & A. I. Technique*.
- 한국육류수출협회. 2006. 돼지고기 소비실태조사 (Received Oct. 27, 2010; Revised Mar. 24, 2011; Accepted Mar. 25, 2011)