

규산염 광물질로 정수된 급이수 및 사료내 규산염광물질 첨가제의 급여가 돼지의 성장능력 및 돈육의 품질에 미치는 영향

공창수 · 주원석 · 길동용 · 임종선 · 윤민성 · 김유용

서울대학교 농업생명과학대학 농생명공학부

Effect of Silicate Mineral Filtered Water and Silicate Mineral Additive on Growth Performance and Pork Quality

C. S. Kong, W. S. Ju, D. Y. Kil, J. S. Lim, M. S. Yun and Y. Y. Kim

School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University

ABSTRACT

This experiment was conducted to investigate the effect of filtered water with silicate minerals on growth performance and pork quality. A total of 64 pigs were allotted at 37.95 kg body weight to 4 treatments in a randomized complete block(RCB) design. Each treatment had 4 replicates and treatments were 1) Con(basal diet), 2) Si-I(consumed silicate mineral filtered water and silicate mineral additive during 4 weeks before market weight), 3) Si-II(consumed silicate mineral filtered water and silicate mineral additive during 8 weeks before market weight) and 4) Si-III(consumed silicate mineral filtered water and silicate mineral additive during 12 weeks before market weight). Silicate complex was added at 0.8% to basal diet. All pigs were allowed to feed and water *ad libitum* for 12 weeks. During last 4 weeks, average daily gain(ADG) in Si-II and Si-III group was higher than that in Si-I group($P < 0.05$). However overall experimental period, there were no significant differences in growth performance among all treatments. Acceptability of cooked pork at 7th day after slaughter in Si-III group was higher than that in Con group($P < 0.05$). The value of pH of fresh pork at 6 hours after slaughter was lower in Si-III group than that in Con group($P < 0.05$). TBA values of fresh pork at 14th day after slaughter were lower in Si-II and Si-III groups than Con group($P < 0.05$). These results demonstrated that pork quality could be improved when pigs consumed both silicate mineral and silicate mineral filtered water. However, growth performance was not improved by the consumption of silicate mineral filtered water and silicate mineral.

(Key words : Silicate, Water, Pork quality, Growing-finishing pigs)

I 서 론

국내에서 사료관리법상 보조사료에 해당되는 규산염계로는 zeolite, kaolin, bentonite, illite 등이 있으며, 이 중 zeolite는 축산업에서 가장 많이 사용되고 있는 규산염 광물질이다. Zeolite는 광물학적으로 tectosilicate에 속하며 Na, K 등의

알칼리 금속과 Ca 등의 토류금속(土類金屬)을 함유하며 양이온을 쉽게 치환할 수 있는 특징, 즉 높은 흡습, 흡착성 및 염기치환용량(CEC)을 갖는 것으로 알려져 있다(Mumpton, 1999). Zeolite는 생산지에 따라 그 화학적 조성이 상이하지만 주성분은 조회분이고, 그 중에서도 SiO₂의 함량이 60% 내외인 것으로 알려져 있

Corresponding author : Y. Y. Kim, School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea. Tel : +82-2-880-4801, Fax : +82-2-878-5839. E-mail : yooykim@snu.ac.kr.

다(Kondo와 Wagai, 1968; 이, 1995; 한, 1995). 사료 내 zeolite의 첨가효과를 살펴보면 zeolite는 장내 과잉 수분을 흡수하여 연변을 방지하고 사료의 장내 통과시간을 지연시켜 소화율을 향상시키는 효과를 나타내었으며(Harms와 Damron, 1973), Mumpton과 Fishman(1977)은 자연산 zeolite가 이온교환성과 부착성을 가지고 있어서 사료의 영양소 이용율을 향상시키고 장질환의 감소, 분 중의 수분 및 암모니아를 감소시켰다고 보고하였다. 양돈사료에 있어서 zeolite의 첨가효과는 과거 많은 연구들에 의해서 보고되었는데, Kondo와 Wagai(1968)는 사료에 zeolite를 첨가하였을 때 육성 및 비육돈에서 사료효율이 각각 35 및 5% 개선되었다고 하였으며, Pond와 Mumpton(1978)은 조기이유자돈에서 zeolite 첨가구의 사료효율이 대조구와 항생제 첨가구보다 각각 5 및 4%씩 향상되었다고 보고함으로써 zeolite의 첨가가 어느 정도의 항생제 대체효과도 기대할 수 있다고 하였다. 질병발생과 그에 따른 폐사율에 관한 연구결과를 보면 대조구에서는 4.0%의 폐사율을 보인 반면 zeolite의 한 종류인 clinoptilolite를 6% 첨가한 실험구에서는 2.6%의 폐사율을 보였다(Torii, 1978). Zeolite의 첨가는 육질에도 영향을 미치는데 zeolite의 첨가가 돼지와 닭의 근육과 지방 특성에 유리한 영향을 준다고 하였으며(Pond 등, 1988; Hagedorn 등, 1990; Kovar 등, 1990), 최근에 와서 김 등(2000)은 황토성분을 비육돈 사료에 첨가하였을 때 돈육의 근내지방도와 다즙성이 대조구와 비교하여 우수하였다고 보고한 바 있다. 우리나라에서도 제주산 송이(scoria)를 양돈사료에 첨가하였을 때 성장능력이 향상되었고, 분내 암모니아 가스발생이 저하되었으며, 돈육의 품질이 향상되는 것으로 알려졌다(Yang 등, 2000a,b). 현재까지 수행된 규산염 광물질에 관한 연구는 zeolite 종류의 성분을 사료에 첨가함으로써 얻을 수 있는 효과들을 자돈기, 육성기 그리고 비육기에서 검증하였다. 하지만 물을 매개로 하여 규산염 광물질을 급여한 실험은 거의 없었다. 따라서 본 연구는 육성기부터 출하시까지 규산염으로 정수한 물을 급이하면서 규산염 광물질제제를

사료 중에 첨가하였을 때 육성·비육돈에서의 성장효과를 규명하고 더 나아가 육질에 미치는 영향도 조사하기 위하여 수행되었다.

II 재료 및 방법

1. 실험 동물 및 실험 설계

평균체중 $37.95 \pm 4.25\text{kg}$ 인 삼원교잡종[(Landrace × Yorkshire) × Large White] 64두를 공시하였으며, 서울대학교 부속 실험목장에서 12주 동안 사양실험을 수행하였다. 사양시험은 4처리, 4반복으로 돈방당 4두씩 성별과 체중에 따라 난괴법으로 배치하였으며 처리구는 규산염의 급여기간에 따라 1) Con: 규산염 무첨가 2) Si-I: 규산염으로 정수된 물 및 규산염 광물질 제제를 첨가한 사료를 출하전 4주간 급여 3) Si-II: 규산염으로 정수된 물 및 규산염 광물질 제제를 첨가한 사료를 출하전 8주간 급여 4) Si-III: 규산염으로 정수된 물 및 규산염 광물질 제제를 첨가한 사료를 출하전 12주간 급여하였다. 본 실험에 사용된 규산염 정수기는 Fig. 1에 나타내었고, 정수기에 의해 걸러진 물과 그렇지 않은 물의 광물질 조성은 Table 1에 제시되었다. 사료에 첨가된 규산염 광물질제제(HISIRAX-COMM[®])의 성분은 Table 2에 제시되었다.

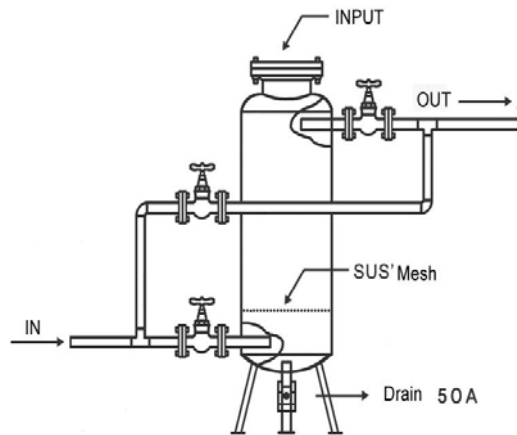


Fig. 1. Filtering equipment for silicate mineral filtered water.

Table 1. Mineral composition of experimental waters

Mineral composition ^a	Control	Silicate filtered water
Sodium ($\mu\text{g}/\text{m}\ell$)	6.619	30.812
Magnesium ($\mu\text{g}/\text{m}\ell$)	2.961	1.801
Phosphorus ($\mu\text{g}/\text{m}\ell$)	0.038	0.329
Potassium ($\mu\text{g}/\text{m}\ell$)	2.059	2.526
Calcium ($\mu\text{g}/\text{m}\ell$)	15.124	12.375

^a Analyzed value.

2. 실험사료 및 사양실험

옥수수 - 대두박 위주의 사료전체를 99.92%의 기초사료로 배합하여 규산염 첨가구는 0.08%의 규산염 광물질제제를, 대조구에는 0.08%의 옥수수를 첨가하여 전체가 100%가 되도록 배합하였다.

실험사료내 대사에너지는 육성기(실험 개시일 ~ 4주), 비육기 전기(5 ~ 8주) 및 비육기 후기(9 ~ 12주)에서 각각 3,265 kcal/kg였으며, 라이신 함량은 육성기, 비육기 전기 그리고 비육기 후기에 각각 0.96%, 0.79%, 0.63%였다. 비타민, 미량광물질 및 다른 영양소들은 NRC(1998)의 요구수준과 같거나 높게 배합하였다. 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 Table 2에 제시된 바와 같다. 실험돈은 육성기에는 플라스틱 슬러리 콘크리트 돈사(1.26 × 2.55m²/돈방)에서, 비육기에는 플라스틱 슬러리 콘크리트 돈사(1.6 × 3m²)에서 각각 돈방당 4두씩 사육되었다. 전체 시험기간 동안 물과 사료를 무제한 자유 채식시켰으며 체중, 사료섭취량 및 등지방 두께는 실험개시일과 실험사료 교체시기인 4, 8주 그리고 시험 종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율을 계산하였다.

3. 일반 성분 분석 및 광물질 함량 측정

사료의 일반성분 분석은 AOAC(1995) 방법에 따라 실시하였고, 사료, 혈액, 급이수 및 근육

Table 2. Chemical composition of experimental basal diets

Items	0 - 4 week	5 - 8 week	9 - 12 week
Corn	67.61	75.48	82.27
SBM	29.03	22.20	15.98
Tallow	1.00	0.40	0.01
Limestone	1.00	0.32	0.91
TCP	0.76	1.00	0.23
Vitamin Mix ^a	0.10	0.10	0.10
Mineral Mix ^b	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30
Antibiotic ^c	0.10	0.10	0.10
HISIRAX-COMM ^{® d,e}	-	-	-
Total	100.00	100.00	100.00

Chemical composition^f

ME, kcal/kg	3,265.00	3,265.00	3,265.00
CP (%)	18.00	15.50	13.20
Lysine (%)	0.96	0.79	0.63
Ca (%)	0.68	0.55	0.45
Total P (%)	0.55	0.45	0.40

^a Supplied per kg diet: vitamin A, 10,000 IU; vitamin D₃, 1,500 IU; vitamin E, 35 IU; vitamin K₃, 3 mg; riboflavin, 4 mg; pantothenic acid, 10 mg; niacin, 20 mg; vitamin B₆, 3 mg; vitamin B₁₂, 15 mg.

^b Supplied per kg diet: Cu, 60 mg; Fe, 80 mg; I, 0.6 mg; Mn, 30 mg; Se, 0.1 mg; Zn, 28 mg; Co, 0.35 mg.

^c Supplied 100mg chlortetracycline per kg diet.

^d Chemical composition(%) of the silicate complex : SiO₂, 70.2; Al₂O₃, 9.72; FeO₂, 4.95; Ca, 0.13; Na₂O, 4.98.

^e Silicate complex was added to the treatment diets at the expense of 0.08% corn.

^f Calculated value.

내 광물질 함량은 HNO₃와 HCl로 시료를 전처리한 후 유도결합 플라즈마 발광 광도기(Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer(ICPS-1000IV, Shimazu, Japan))를 이용하여 분석하였다.

4. 돈육의 이화학적 특성 변화(TBA, color, pH)

시료의 저장 중 지방 산패 정도를 조사하기

위하여 4일 간격으로 Witte(1970)의 방법에 의해 TBA가를 측정하였다. 육색은 Chromameter (Minolta CM-508i, Japan)를 이용하여 Hunter system의 L, a, b 값을 측정하였다. 돈육의 pH는 등심의 늑골 마지막 부위 일정한 부분을 채취하여 도축 후 2, 6, 24시간 및 7일째에 pH meter(Model 720, Thermo Orion, U.S.A)를 이용하여 측정하였다.

5. 관능검사

관능검사는 8~10명의 관능검사 요원에 의해서 척도묘사분석법(descriptive analysis with scaling)으로 조리한 돈육(심부온도 -70℃)을 대상으로 실시하였으며(김광옥 등, 1995), 이 방법에 따라 조리육에서의 풍미, 다즙성, 연도 및 기호성 등을 조사하였다.

6. 지방산 분석

돈육의 등심내 지방산 조성 분석을 위해 시료를 0.5g 채취한 후 Park과 Coins(1994)의 방법에 의해서 methylation 하였다. 시료에 methanol:benzen(4:1, v/v) 2 ml과 acetyl chloride 200 µl를 가한 후 100℃ heating block에서 1시간 동안 가열하였다. 이를 실온에 충분히 방치한 다음 hexane 1 ml와 6% potassium carbonate 5 ml를 가하고 3,000 rpm에서 15분간 원심 분리한 후 상층액 1 µl를 취하여 gas chromatography (5890II-series, Hewlett-Packard, USA)에 injection하여 분석 하였다. 분석조건은 column의 초기온도를 180℃에서 시작하여 3.0℃/min의 속도로 240℃까지 온도를 상승시켜 2분간 유지하였다. 이때 injector 및 detector(FID)의 온도는 각각 250℃, 260℃로 하였다. 시료 내 지방산 함량은 standard와의 백분율로 환산하였다.

7. 통계 분석

통계분석은 SAS(1985)의 일반선형모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정

을 실시하였으며, 돈방을 실험단위로 하여 최소 유의차(LSD) 다중검정법에 의해 처리 간 결과를 비교하였다.

III 결과 및 고찰

1. 사양성적

규산염 광물질로 정수된 물과 규산염 광물질제제의 급이가 돼지의 성장능력에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었다. Table 3에서 보는 바와 같이 규산염에 의해 정제된 급이수와 규산염 광물질제제를 급이받을 때 모든 처리구(Si-I에서는 9~12주, Si-II에서는 5~8주, Si-III에서는 0~4주)에서 처음 4주 동안은 사양성적이 감소되는 것이 관찰되었다. 그러나 4주 이후에는 사양성적이 회복되어 대조구에 비하여 처리구에서 더 높은 경향을 보였다. 이같은 이유로 인하여 8주 이상을 정수된 물과 규산염 광물질제제를 급이받은 처리구(Si-II, Si-III)의 육성, 비육돈 사양성적이 대조구에 비하여 전체적으로 높은 경향을 보였다. 그러나 출하전 마지막 4주 동안 규산염 정제수와 규산염 제제를 급이한 처리구 Si-I에서는 대조구에 비하여 오히려 성장능력이 낮아졌는데, 짧은 기간동안 규산염에 의해 정수된 물과 규산염 광물질제제를 공급받은 돼지들은 생리적으로 사료의 형태로 유입되는 새로운 물질에 적응하기 위해 일정한 시간이 필요한 것으로 생각된다. 사료 섭취량은 초기에는 대조구에서 높은 경향을 보였지만, 규산염 처리구에서는 일당증체량과 마찬가지로 처리사료 급여 후 4주 이후부터 사료섭취량이 증가하는 경향을 보였다. 하지만 전체 시험기간 동안에는 규산염 처리에 의해 차이를 나타내지 않았다. 사료효율은 초기에는 대조구에 비해 처리구에서 조금 향상되는 경향을 보였지만, 전체 시험기간 12주동안에는 규산염 처리에 의해 차이를 나타내지 않았다.

일반적으로 규산염 광물질을 동물사료에 첨가하면 분내 암모니아의 발생량을 현저히 감소

Table 3. Effect of water filtrated with silicate minerals and dietary silicate complex on growth performance in growing pig¹

Criteria	Control	Treatment			SEM ²
		Si-I	Si-II	Si-III	
BW (kg)					
Initial	37.98	37.89	37.95	37.97	1.088
Final	114.03	109.02	114.58	115.33	2.708
ADG (g)					
0 - 4 weeks	813	796	831	762	19.50
5 - 8 weeks	932 ^A	852 ^B	890 ^B	946 ^A	11.34
9 - 12 weeks	893 ^{ab}	833 ^b	948 ^a	983 ^a	21.15
0 - 12 weeks	881	827	892	899	12.40
ADFI (g)					
0 - weeks	2,413	2,208	2,325	2,176	48.92
5 - 8 weeks	2,736 ^B	2,445 ^C	2,901 ^A	2,779 ^{AB}	50.02
9 - 12 weeks	3,081 ^c	3,150 ^{bc}	3,356 ^{ab}	3,500 ^a	56.03
0 - 12 weeks	2,811	2,622	2,829	2,843	42.69
Gain:feed ratio					
0 - 4 weeks	0.338	0.362	0.356	0.350	0.0066
5 - 8 weeks	0.341 ^a	0.348 ^a	0.308 ^b	0.341 ^a	0.0052
9 - 12 weeks	0.289	0.264	0.282	0.281	0.0038
0 - 12 weeks	0.314	0.316	0.316	0.317	0.0035

¹ Each treatment represents 16 pigs which weighed initial body weight: average 37.95 ± 4.25 kg and final body weight: average 113.09 ± 10.80 kg.

² Standard error of mean.

^{a,b,c} Means with different superscripts significantly differ ($P < 0.05$).

^{A,B,C} Means with different superscripts high-significantly differ ($P < 0.01$).

시킬 수 있다고 보고되었는데(Yang 등, 2000b), 본 실험에서는 이동식 가스 수집관을 사용하여 분내 가스농도의 측정을 시도하였지만 암모니아 가스농도가 측정기구의 측정범위 이하로 검출되어 측정된 가스농도를 수치로 표시하기 어려웠다.

2. 돈육내 TBA

규산염 광물질로 정수된 물과 규산염 광물질 제제의 급여에 의한 돈육의 저장 기간 중 TBA

의 변화를 Fig. 2에 나타내었는데, 대조구와 실험구간의 유의적인 차이는 도축 후 14일째 관찰 할 수 있었다($P < 0.05$). Sinnhuber와 Yu (1958)는 지방 함유식품의 산화 정도를 측정하기 위해 TBA를 사용할 것을 제안하였고, 산패도와 관능검사의 상호 관련성을 조사한 Tuner 등(1954)에 의하면 TBA가 0.46 이하까지는 가식권으로 인정되었으나, 1.2 이상일 때는 완전히 부패된 것으로 인정할 수 있다는 결과로 미루어 볼 때, 14일째 대조구와 Si-I은 0.46 이상의 TBA를 가져서 가식권에 들지 못하였지만

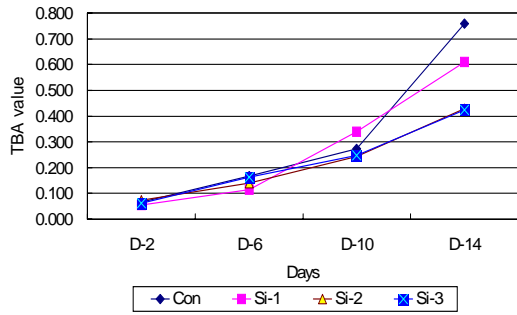


Fig. 2. Effect of consuming silicate mineral filtered water and silicate mineral additive on TBA values of fresh pork.

Si-II와 Si-III 처리구에서는 0.46 이하로 가식권에 들었다. 일반적으로 우리나라에서는 돼지가 도축되어 소비시장에서 유통되는 시간을 고려할 때 돈육은 10일 이상의 보관기간이 필요한 실정이다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 대조구의 돈육에서는 TBA값이 10일이 지나면 급격히 상승하면서 돈육내 지방의 산패가 빠르게 진행되지만, 규산염 광물질에 의해 정수된 물과 규산염 광물질 제제를 2개월 이상 급여한 처리구(Si-II, Si-III)의 돈육은 10일이 지나도 TBA값이 완만히 상승되는 것으로 보아 돈육의 산패가 서서히 진행되는 것을 알 수 있었다. 따라서 규산염 광물질로 정수한 물과 규산염 광물질 제제의 공급은 돈육의 산패를 지연시키는 효과가 있으므로 결과적으로 유통 중 돈육의 저장성을 높일 수 있다고 사료된다.

3. 돈육의 pH

돈육 저장 중의 pH의 변화는 Table 4에 나타내었는데 대조구와 실험구간의 큰 차이는 나타나지 않았다. James(1972)는 pH가 8.0 이상 일 때 부패단계에 접어들었다고 보고하였지만 본 실험에서는 돈육을 냉장보관 하였으므로 전체적으로 돈육의 pH는 5.7 이하를 나타내었다. 돈육의 pH는 도축 후 6시간이 지나면서 부터 유의적인 차이를 보였으며, 대조구의 pH가 가장 높게 나타났고 규산염 광물질로 정수된 물과 규산염 광물질 제제를 급여한 기간이 짧을수록 pH는 더 빠르게 감소되는 경향을 보였다(P < 0.05).

4. 돈육의 육색

규산염 광물질로 정수된 물과 규산염 광물질 제제의 급여에 의한 돈육의 저장기간 중 육색의 변화는 Table 5에 나타내었다. Hunter value L값과 b값은 대조구에 비해 규산염 처리구에서 저장기간 전체에 걸쳐 높게 나타났고, L값은 도축 2, 6시간 후, b값의 경우는 도축 후 2시간 후에 유의적인 차이를 보였다(P < 0.05). 그러나 규산염 처리기간이 가장 짧은 Si-I 처리구에서는 다른 규산염 처리구나 대조구에 비해 L값이 유의적으로 높게 나왔는데(P < 0.05), 이같은 결과는 규산염을 처음 급여할 때 돼지의 성장능

Table 4. Effect of water filtrated with silicate minerals and dietary silicate complex on pH values of fresh pork¹

Criteria	Control	Treatment			SEM ²
		Si-I	Si-II	Si-III	
pH values					
2 hours	5.984 ± 0.128	5.832 ± 0.179	6.005 ± 0.082	5.998 ± 0.259	0.043
6 hours	5.832 ± 0.089 ^a	5.682 ± 0.137 ^{ab}	5.707 ± 0.063 ^{ab}	5.584 ± 0.109 ^b	0.032
24 hours	5.591 ± 0.101	5.476 ± 0.119	5.542 ± 0.030	5.582 ± 0.084	0.023
7 days	5.604 ± 0.070	5.499 ± 0.071	5.577 ± 0.081	5.620 ± 0.096	0.022

¹ Each treatment represents 4 pigs which weighed final body weight average 107.63 ± 2.03 kg.

² Standard error of mean.

^{a,b} Means with different superscripts in the same row significantly differ(P < 0.05).

Table 5. Effect of water filtrated with silicate minerals and dietary silicate complex on hunter values of fresh pork¹

Criteria ²	Control	Treatment			SEM ³
		Si-I	Si-II	Si-III	
L					
2 hours	34.84 ± 1.45 ^b	40.00 ± 4.21 ^a	35.27 ± 1.60 ^b	36.71 ± 2.73 ^{ab}	0.755
6 hours	36.25 ± 1.35 ^b	41.38 ± 3.89 ^a	37.89 ± 1.89 ^b	38.79 ± 3.06 ^{ab}	0.657
24 hours	41.18 ± 3.39	44.74 ± 2.15	42.42 ± 1.54	42.47 ± 2.03	0.513
7 days	45.64 ± 2.34	47.62 ± 2.59	44.79 ± 1.93	45.76 ± 2.95	0.467
a					
2 hours	- 0.45 ± 0.78	- 0.06 ± 0.90	- 0.36 ± 0.65	- 0.03 ± 1.11	0.185
6 hours	0.34 ± 0.66	0.55 ± 0.57	0.41 ± 0.40	0.18 ± 0.75	0.109
24 hours	0.80 ± 1.09	1.12 ± 0.76	1.42 ± 1.07	1.24 ± 0.78	0.187
7 days	0.71 ± 0.47	2.87 ± 1.42	2.42 ± 1.94	2.12 ± 1.04	0.378
b					
2 hours	4.33 ± 0.54 ^b	6.02 ± 0.78 ^a	4.48 ± 0.76 ^b	4.77 ± 1.07 ^b	0.233
6 hours	5.56 ± 0.50	6.86 ± 0.78	5.86 ± 0.73	5.77 ± 1.13	0.198
24 hours	6.81 ± 1.07	7.63 ± 0.44	7.25 ± 0.83	6.94 ± 0.80	0.184
7 days	7.83 ± 0.64	9.88 ± 1.64	8.56 ± 1.41	8.24 ± 1.17	0.341

¹ Each treatment represents 4 pigs which weighed final body weight average 107.63 ± 2.03 kg.

² L: luminance or brightness(vary from black to white), a: red-green component(+ a = red, - a = green), b: yellow-blue component(+ b = yellow, - b = blue).

³ Standard error of mean.

^{ab} Means with different superscripts in the same row significantly differ(P <0.05).

력이 떨어질 뿐만 아니라 돈육의 색깔도 옅은 색을 보이는 것으로 결론지을 수 있었다. 돈육의 명도는 Si-I을 제외하고는 대조구와 규산염 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 돈육의 적색도 (a)와 황색도 (b)도 대조구에 비하여 규산염 처리구에서 모두 유의적인 차이는 없었지만 높은 경향을 보였다.

5. 관능검사

규산염 광물질로 정수된 물의 급이에 의한 조리육의 관능검사 분석결과를 Table 6에 나타내었다. 관능검사척도 중 풍미부분에서는 도축 후 7일째 Si-I 처리구를 제외하고는 전기간에 걸쳐 규산염 처리구가 유의적인 차이는 없지만 대조구보다 높은 성적을 얻었고, 소비자의 기호성을 나타내는 sensory affinity에서는 도축 후

0일째에 Si-II와 Si-III 처리구에서 대조구보다 유의적으로 높은 성적을 얻었는데(P <0.05), 이 같은 결과도 사양성적과 유사한 결과로 볼 수 있다.

6. 지방산

규산염 광물질로 정수된 물과 규산염 광물질 제제의 급이에 의한 급이에 의한 돈육의 지방산조성 분석결과를 Table 7에 나타내었다. 돈육 내 중요 지방산 조성은 처리구와 대조구간의 유의적인 차이가 없었다. 일반적으로 돈육에서 지방산 함량은 oleic acid가 가장 많은 것으로 보고되었는데(Kim 등, 1998), 본 연구에서도 oleic acid의 함량이 가장 많은 것으로 조사되었고 다른 지방산의 함량도 일반적인 돈육의 지방산 함량 조성 과 비슷한 결과를 보였다.

Table 6. Effect of water filtrated with silicate minerals and dietary silicate complex on sensory characteristics of cooked pork^{1,2}

Criteria	Control	Treatments			SEM ³
		Si-I	Si-II	Si-III	
Flavor					
0 day	4.08 ± 1.73	4.58 ± 1.56	5.08 ± 1.38	4.67 ± 1.78	0.209
3 days	4.73 ± 1.44	5.00 ± 1.56	5.13 ± 1.25	5.07 ± 1.10	0.103
7 days	3.90 ± 0.83	3.36 ± 1.29	4.01 ± 1.21	4.16 ± 1.29	0.166
Juiciness					
0 day	4.42 ± 1.51	4.67 ± 1.21	4.58 ± 1.24	4.25 ± 1.14	0.177
3 days	4.07 ± 1.33	4.00 ± 1.20	4.07 ± 1.28	4.20 ± 1.13	0.087
7 days	4.14 ± 1.08	4.61 ± 1.06	4.38 ± 1.08	4.30 ± 0.62	0.108
Tenderness					
0 day	5.08 ± 1.38	4.83 ± 1.19	5.08 ± 0.79	5.00 ± 1.76	0.190
3 days	4.60 ± 1.19	5.27 ± 1.16	5.80 ± 1.52	5.33 ± 1.29	0.176
7 days	4.31 ± 0.90 ^b	5.06 ± 1.14 ^a	5.22 ± 0.87 ^{ab}	5.58 ± 0.97 ^a	0.192
Sensory affinity					
0 day	4.90 ± 1.29 ^b	5.40 ± 0.70 ^{ab}	5.90 ± 0.99 ^{ab}	5.80 ± 1.32 ^a	0.160
3 days	5.08 ± 1.16	4.83 ± 1.11	5.33 ± 0.89	4.92 ± 1.00	0.153
7 days	4.66 ± 1.82	4.52 ± 1.50	4.17 ± 1.60	4.26 ± 1.78	0.093

¹ Sensory scores were assessed on 10 point hedonic scale where 1 = extremely bad or slight, 10 = extremely good or much.

² Each treatment represents 4 pigs which weighed initial body weight: average 36.22 ± 2.95 kg and final body weight: average 107.63 ± 2.03 kg.

³ Standard error of mean.

^{a,b} Means with different superscripts significantly differ (P < 0.05).

Table 7. Effect of water filtrated with silicate minerals and dietary silicate complex on fatty acid composition of fresh pork¹

Criteria	Control	Treatment			SEM ²
		Si-I	Si-II	Si-III	
Fatty acid					
Myristic acid (14:0)	1.99 ± 0.08	2.10 ± 0.12	2.05 ± 0.09	2.07 ± 0.10	0.03
Palmitic acid (16:0)	20.15 ± 0.18	20.05 ± 0.85	20.30 ± 0.68	20.27 ± 0.68	0.16
Stearic acid (18:0)	10.61 ± 0.39	10.34 ± 0.58	10.48 ± 0.66	10.59 ± 0.34	0.13
Oleic acid (18:1)	42.85 ± 0.26	43.04 ± 0.71	42.31 ± 0.83	42.87 ± 0.59	0.18
Linoleic acid (18:2)	20.76 ± 1.03	20.62 ± 0.36	20.05 ± 0.55	21.12 ± 0.21	0.19
Linolenic acid (18:3)	0.54 ± 0.03	0.58 ± 0.05	0.55 ± 0.02	0.57 ± 0.02	0.01
Arachidic acid (20:1)	0.82 ± 0.03	0.85 ± 0.06	0.87 ± 0.09	0.87 ± 0.02	0.01
Arachidonic acid (20:4)	1.19 ± 0.02	1.21 ± 0.04	1.21 ± 0.03	1.18 ± 0.03	0.01

¹ Each treatment represents 4 pigs which weighed initial body weight: average 36.22 ± 2.95 kg and final body weight: average 107.63 ± 2.03 kg.

² Standard error of mean.

IV 요약

규산염 광물질로 정수된 물과 규산염 광물질 제제를 육성·비육돈에게 급여할 때 일당 증체량 및 사료효율은 향상되었으며, 특히 규산염 처리구의 기간이 증가할수록 효과가 뚜렷하였다. 규산염 광물질로 정수된 물과 규산염 광물질 제제를 돼지에게 급여하면 처음 4주동안 성장능력이 저하되는 현상을 보였지만 시간이 지나면 회복되는 현상을 관찰할 수 있었다. 새로운 물질을 동물이 처음 섭취하였을 때 생리적으로 적응이 되지 못한 일정기간동안 성장능력이 오히려 떨어지는 현상을 볼 수 있는데 본 실험에서 사용한 규산염 광물질에 의한 초기 성장저하의 원인도 일반적으로 알려진 명현현상의 일종이라고 생각된다. 시간의 경과에 따른 돈육의 지방산패도를 알아보기 위하여 TBA 값을 측정하였는데, 돈육의 저장기간이 10일을 지나면서 규산염 처리구에서 대조구에 비해 TBA값이 완만하게 상승하는 것을 볼 수 있었다. 이같은 결과는 규산염 광물질 처리에 의해 돈육의 저장성을 높일 수 있다는 것을 보여주는 중요한 결과라고 생각된다.

관능검사의 결과를 보면 대체적으로 돈육의 냄새, 다즙성, 연도 등이 대조구보다 규산염 처리구에서 높은 수치를 나타내어 규산염으로 정수된 물과 규산염 광물질 제제를 돼지에게 급여하였을 때 소비자들의 돈육에 대한 기호도를 높일 수 있는 가능성을 제시하였다. 본 실험의 결과를 종합적으로 고려할 때 돼지사료에 규산염 광물질 제제를 첨가하고 규산염 광물질로 정수된 물을 급여한다면 육성, 비육돈의 성장능력의 향상을 기대할 수 있고, 돈육의 산패가 억제되어 저장성을 높일 수 있었다. 이같은 경향은 조리된 돈육의 관능검사 결과에서도 비슷하게 나타났다. 그러나 돼지에게 규산염 광물질로 정수된 물과 규산염 광물질 제제를 급여하였을 경우 급여초기에 성장능력이 저하되는 현상이 나타나는 것으로 보아 본 제품을 실제로 일반 양돈장에서 사용할 경우 최소한 2개월 이상의 장기급여가 권장되어야 한다고 할 수 있다.

V 사 사

본 연구는 한국규산염광물질(주)의 지원으로 수행되었기에 한국규산염광물질(주)의 박중삼 회장님과 에스아이코리아(주) 전창호 사장님께 감사드립니다. 또한 본 연구에 사용된 공시동물의 구입에 여러가지 편의를 제공해 주신 선진사료 업체인 탐장과 발안대리점의 최창현 사장님께도 감사드립니다.

VI 인용 문헌

1. AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th Edition. Association of Official Analytical Chemist. Washingtons, D.C., U.S.A.
2. Chen, T. C. and Wailmaleongora-ek, C. 1981. Effect of pH on TBA values of ground raw poultry meat. J. Food Sci. 46:1946.
3. Hagedorn, T. K., Ingram, D. R., Kovar, S. J., Achee, V. N., Barnes, D. G. and Laurent, S. M. 1990. Influence of sodium zeolite-A on performance, bone condition and liver lipid content of white leghorn hens. Poult. Sci. 69(Suppl. 1):169(Abstr.).
4. Harms, R. H. and Darmron, R. H. 1973. The influence of various dietary follers on the utilization of energy by poultry. Poult. Sci. 52:2034.
5. James, M. J. 1972. Mechanism and detection of microbial spoilage in meat at low temperature. J. Milk Food Technol. 35:467.
6. Kim, I. S., Min, J. S. and Lee, M. 1998. Comparison of TBA, VBN, fatty acids composition and sensory characteristic of the imported and domestic Frozen pork bellies. Korean J. Anim. Sci. 40(5):507-516.
7. Kondo, N. and Wagai, B. 1968. Experimental use of clinoptilolite-tuff as dietary supplements for pigs. Yonokai, May. 1-4.
8. Kovar, S. J., Ingram, D. R., Hagedorn, T. K., Achee, V. N., Barnes, D. G. and Laurent, S. M. 1990. Broiler performance as influenced by sodium zeolite-A. Poult. Sci. 69(Suppl. 1):174(Abstr.).
9. Mumpton, F. A. and Fishman, P. H. 1977. The application of natural zeolites in animal sciences and aquaculture. J. Anim. Sci. 45:1188-1203.
10. Mumpton, F. A. 1999. La roca magica : Uses of natural zeolites in agriculture and industry. Proc. Natl. Acad. Sci. 96:3463-3470.
11. Park, P. W. and Goins, R. E. 1994. *In situ* preparation of fatty acid methyl ester for analysis

- of fatty acid composition in foods. *J. Food. Sci.* 59:1262.
12. Pond, W. G. and Mumpton, F. A. 1978. Effect of zeolite supplementation of early weaned pig diets on growth, feed utilization and diarrhea. *Cornell University. Anim. Sci. Swine Memo* 78-2.
 13. Pond, W. G., Yen, J. T. and Varel, V. H. 1988. Response of growing swine to dietary copper and clinoptilolite supplementation. *Nutr. Rep. Int.* 37: 795.
 14. SAS. 1985. *SAS User's Guide: Statistics*, SAS Inst, Inc., Cary, NC.
 15. Sinnhuber, R. O. and Yu, T. C. 1958. 2-Thiobarbituric acid method for the measurement of rancidity in fishery products. 2. The quantitative determination of malonaldehyde. *Food Technol.* 12:9.
 16. Torii, Kazuo. 1978. Utilization of natural zeolites in Japan. In : *Natural zeolite: Occurrence, properties, use*. Elmsford, NY. Pergamon Press.
 17. Turner, E. W., Paynter, W. D., Montie, E. J., Basserk, M. W., Struck, G. M. and Olson, F. C. 1954. Use of 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity of frozen pork. *Food Technol.* 8:326.
 18. Witte, V. C., Krause. G. F. and Bailey, M. E. 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J. Food Sci.* 35:582.
 19. Yang, C. B., Kim, J. D., Lee, J. H., Cho, W. T. and Han, In K. 2000. Effect of dietary scoria and zeolite on the performance of swine. *J. Anim. Sci. & Technol.(Kor.)* 42(4):477-488.
 20. Yang, C. B., Kim, J. D., Cho, W. T. and Han, In K. 2000. Effect of dietary Cheju Scoria meal on the performance of swine. *J. Anim. Sci. & Technol.(Kor.)* 42(4):467-476.
 21. 김광욱, 이영춘. 1995. *식품의 관능검사*. 학연사. 서울.
 22. 김천제, 이의수, 송민석, 조진국. 2000. 황토성분 (Illite) 첨가 급여가 비육돈의 육질에 미치는 영향. *한국축산식품학회지*. 20:152-158.
 23. 이무하. 1995. *식육품질의 이해*. 선진문화사. p. 27.
 24. 한인규. 1995. *Kemzyme*과 기능성물질의 사용이 단위동물의 성장 및 저공해성 사료개발에 관한 연구. 서울대학교.
- (접수일자 : 2004. 7. 5. / 채택일자 : 2004. 9. 3.)