

사료내 Zeolite 첨가가 비육돈의 생산성과 도체특성에 미치는 영향

김재황*, 김삼철**, 고영두**

한국응용미생물산업연구소*, 경상대학교 응용생명과학부**

Effect of Dietary Zeolite Treated on the Performance and Carcass Characteristics in Finishing Pigs

J. H. Kim*, S. C. Kim** and Y. D. Ko**

Korea Applied Microorganism Industrial Research*,
College of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University**

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of dietary supplementation of zeolite on growth performance, carcass characteristics and fecal ammonia gas release in the finishing pigs. A total of 120 crossbred finishing pigs (50.2 ± 1.4 kg, Landrace × Yorkshire × Duroc) were assigned to 4 treatments and randomly divided into 12 groups. They were divided between early finishing period (50 ~ 80 kg) and late finishing period (80 ~ 120 kg). Finishing pigs were fed on a basal diet supplemented with 0, 1, 2 and 4 % levels of zeolite. Average daily gain and feed conversion were significantly (P < 0.05) improved by the dietary supplementation of 4 % zeolite compared with other treatments during overall period. In the finishing periods, ammonia gas emission was reduced (P < 0.05) in 4% zeolite treatment more than that of the other treatments. Carcass weight and back fat thicknesses were not affected by zeolite treatments. But, the appearance of A grade pork was increased by the dietary supplementation of 4 % zeolite. Feed cost was linearly decreased by increasing the supplementation of zeolite. According to this study, 4 % supplement of zeolite is suitable for the improvement of carcass quality and feed conversion, the reduction of fecal ammonia gas emission and feed cost per body weight gain.

(Key words : Zeolite, Finishing pig, Performance, Carcass characteristic, Ammonia gas)

I. 서 론

양돈사료에 보편적으로 첨가되고 있는 규산염 광물질인 zeolite는 광물학적으로 분류하면 tectosilicate에 속하며 Ca, Na 및 K 등을 함유하고 있어 높은 흡습력, 흡착성 및 염기치환용량을 갖는 것으로 알려져 있다. 이외에도 illite, bentonite, kaolinite 등과 같이 주로 탈취제, 이온교환제 및 토성개량제 등으로 사용되고 있다.

특히 zeolite를 가축의 사료에 소량 첨가할 경우 장내 과잉수분을 흡수하여 연변을 방지하고 사료의 장내통과시간을 지연시켜 소화율을 향상시키며(Kurnick과 Reed, 1960; Harms와 Damron, 1973), 육성돈과 성돈사료에 각각 5%씩 첨가하면 체중이(25~29%) 증가하며, 사료효율은 육성돈의 경우 35%, 성돈의 경우에는 6%가 각각 개선되며, 정장작용, 건강상태의 개선, 연변 감소 및 질병 발생율과 폐사율 등이 현저하게 감

Corresponding author : S. C. Kim, Animal Science Major, Division of Animal Science and Technology, College of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University Jinju, 660-701, Korea.
Tel : 055-751-5512, E-mail : jh58kim@gaechuk.gsnu.ac.kr

소한다고 보고하였다(Mumpton과 Fishman, 1977; Torii, 1977). 한편 하 등(2001)은 육성 비육돈에 대하여 illite를 0.7%와 1.5%를 첨가 급여한 연구에서 illite를 1.5% 첨가 급여할 경우 일당증체량은 약 10% 증가하며 사료요구율은 약 6.5%가 개선되며, A등급 출현율은 약 16%가 증가될 뿐만 아니라 분내 암모니아 가스도 약 32%가 감소한다고 보고하였다.

Morita(1967)는 심한 하리증상을 치료하기 위해 자돈에게 3%의 zeolite를 급여한 결과 7일 후 하리증세가 치유되었으며 식욕과 건강도 회복되었다고 하였다. England(1975)도 zeolite를 육성돈 사료에 5% 첨가한 결과 증체효과는 적었으나 하리 발생은 현저하게 감소하였다고 보고하였다. 한 등(1975)은 육성돈 사료의 경우 zeolite를 밀기울의 6%, 또는 배합사료의 4%까지 대체 사용한 결과 단백질 소화율이 개선되었으며, 양 등(2000)은 비육돈 사료에 zeolite를 3% 첨가하면 일당증체량과 사료섭취량이 증가하지만, 영양소 소화율에는 차이가 없다고 하였다. 특히 축종은 다르지만 정 등(1978)과 장 등(1983)은 육계 사료에 3% 첨가하였을 때 증체량이 증가, 영양소 이용율의 개선 및 분중의 수분 함량이 감소한다고 하였다. 그러나 문과 백(1989)은 육계사료에 2% 첨가하였을 경우 증체량과 사료섭취량에는 유의차는 없었으나, 계분의 수분 함량은 zeolite를 첨가함으로써 현저히 감소하며, 특히 하절기에 그 효과가 있다고 하였다. 또한 전(1973)은 bentonite를 양계사료에 급여하였을 경우 연변 방지와 암모니아 가스의 제거에도 도움이 된다고 하였다.

그러나 zeolite의 사료내 첨가는 동물의 생산성 향상 뿐만 아니라 축사내 악취 저감효과는 인정되고 있으나 황토의 주성분인 zeolite에 관한 연구는 아직까지 미비한 상태에서 황토에 대한 관심이 증가되면서 일부 농가에서는 단순히 동물에 급여하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 zeolite의 급여효과에 대한 학술적인 구명이 절실한 상황에서 비육돈 사료에 zeolite를 첨가-급여하였을 경우

일당증체량, 사료요구율, 도체특성, 악취제거 및 경제성에 미치는 효과를 구명하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험기간, 장소 및 시험동물

사양시험은 2003년 9월부터 경남 의령군 소재 농장에서 실시하였으며, 공시동물은 생후 93일령, 평균체중 50.2 ± 1.4 kg의 삼원교잡종(Landrace \times Yorkshire \times Duroc)을 4개구로 나누어 돈방당 10두(암 5두, 수 5두), 3반복으로 총 120두를 본시험에 공시하여 70일간 실시하였다.

2. 시험사료

NRC(1994) 사양표준에 준하여 배합한 기초 사료에 zeolite를 첨가하지 않은 대조구와 zeolite 1, 2 및 4%의 첨가구를 두었으며, 시험사료의 배합표와 영양성분과 첨가된 zeolite의 화학적 성분은 Table 1과 Table 2에 나타낸 바와 같다.

3. 사양관리

공시동물은 천장에 환기 fan이 설치된 slurry형 무창돈사(4 \times 7 m)에서 각 구 10두씩 수용하였으며, 사료와 물은 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였고, 시험기간 중 돈사 내 소독 및 기타 사양관리는 농장 관행에 준하였다. 2주간의 예비기간을 설정하여 환경 및 시험사료에 적응시킨 다음 생후 93일령의 비육돈을 본 시험에 공시하였다.

4. 조사항목

(1) 일반성분

일반성분은 시료를 65 $^{\circ}$ C 건조기에서 3일간 건조시킨 후 hammer mill로 1 mm screen을 통과

Table 1. Formula and chemical compositions of the basal diets for finisher pigs

Ingredients	Early	Late
	finishing (60 ~ 80 kg)	finishing (80 ~ 110 kg)
Yellow corn, grain	45.70	57.80
Wheat, grain	10.00	10.00
Rice polishings	2.00	3.00
Soybean-dehull	30.80	19.00
Meat and bone meal— 50 %	1.00	1.00
Tallow	5.25	3.50
Cane molasses	3.00	3.00
Salt-dehydrated	0.30	0.30
Limestone	0.55	0.55
Vitamin premix ¹⁾	0.18	0.15
Mineral premix ²⁾	0.30	0.25
Liquid lysine-HCl	0.45	0.75
DL-Methionine-99 %	0.10	0.10
L-Threonine	0.05	0.05
Others	0.32	0.55
Total	100	100
Chemical composition (DM basis)		
Crude protein	15.39	13.18
Crude fat	7.57	6.50
Crude ash	5.79	4.77
Ca	0.89	0.70
Total-P	0.68	0.58
ME (kcal / kg)	3,275.00	3,245.00

¹⁾ Premix contains: Vit. A 2,750,000 IU; Vit. D₃ 350,000 IU; Vit. E 10,000 IU; Vit. K₃ 900 mg; Vit. B₁ 550 mg; Vit B₂ 2,500 mg; Vit B₆ 900 mg; Vit B₁₂ 10 mg; Pantothenic acid 6,500 mg; Niacin 15,000 mg; Biotin 230 mg; Folic acid 250 mg.

²⁾ Premix contains: FeSO₄ 40,000 mg; CoSO₄ 155 mg; CuSO₄ 67,000 mg; MnSO₄ 20,800 mg; ZnSO₄ 40,000 mg; Se(Na) 100 mg.

한 시료를 분석용으로 사용하였다. 시험사료와 분의 일반성분은 AOAC법(1990), 조단백질은 조단백질 소화장치와 자동분석기(Kjeldahl Unit, Germany), 조지방은 soxhlet 추출법으로 분석하였다.

Table 2. Chemical composition of zeolite (DM basis)

Items	Chemical composition (%)
Moisture	8.87
Crude ash	84.67
SiO ₂	58.92
Al ₂ O ₃	13.95
Fe	1.08
Ca	1.60
Mg	0.74
Na	0.63

(2) 증체량과 사료섭취량

증체량은 시험개시(평균 50.2 kg), 시험개시 35일령 및 시험 종료시로 나누어 측정된 후 계산하였다. 사료섭취량은 7일 간격으로 남은 사료의 잔량을 측정하여 계산하였다.

(3) 유해가스 발생량

비육돈 전기(시험개시 35일령)와 비육돈 후기(시험 종료시)에 분반이용 비닐을 깔고, 배설된 분을 시험구당 3반복으로 NH₃ 가스 발생량을 조사하기 위하여 총 18개의 Sample을 각 200 g 씩 정량하고, 진공포장용 폴리비닐에 따로 담아 가스 유출되지 않도록 sealing한 후 돈 사내에서 24시간 발효시킨 다음, 가스포집기(Gastec GV-100S, Japan)로 각각 1분간 흡인한 후 검지관에 나타난 수치를 조사하였다.

(4) 도체등급판정과 도체율

도체중(kg)은 도축 직후의 온도체 중량으로 측정하였고, 등지방 두께(mm)는 좌반도체 11 ~ 12번째 늑골사이 및 최종 늑골 바로 위쪽을 척추면과 수직되게 측정하여 평균으로 하였다. 도체율은 생체중 대한 온도체 중량을 백분율(%)로 나타내었다.

(5) 육의 pH와 육색

육의 pH는 시료를 적당한 크기로 절단하여 3 mm plate로 chopping 한 후 50ml 튜브에 시

료 3 g과 증류수 27 ml를 넣어 polytron homogenizer (IKAT 25 basic, MALAYSIA)로 13,500 rpm에서 10초간 균질하여 pH-meter로 측정하였다. 육색(color)은 도축 4시간 후 제 5~6 늑골 사이의 배최장근을 절개하여 30분간 방치한 후 chroma meter (Model CR-210, Minolta Co., LTD., Japan)로 명도(L*), 적색도(a*) 및 황색도(b*)를 CIE(Commission internationale de L'Eclairage) 값으로 측정하였고, 동일한 시료로 3회 반복 측정하였으며 이때 표준색판은 CIE L* = 89.2, CIE a* = 0.921, CIE b* = 0.783로 설정하였다.

5. 통계처리

본 시험에서 얻어진 시험 성적들은 SAS Package (1990)를 활용하여 정리·분석하였으며,

처리구간의 유의성 검정은 Duncan's Multiple Range Test(1955)을 이용하여 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

Zeolite를 비육돈 사료내에 첨가 수준(0, 1, 2 및 4%) 별로 급여하여 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율을 조사한 결과는 Table 3과 같다.

비육돈 전기 35일 동안의 일당 증체량은 zeolite 4% 첨가구는 1.00 kg으로서 대조구의 0.8 kg에 비하여 높게 나타났다(P < 0.05). 그러나, zeolite 1%와 2% 첨가구에서는 각각 0.92 kg과 0.96 kg으로서 유의한 차이는 나타나지 않았다. 비육돈 후기 35일 동안의 일당 증체량은 대조구(0.78 kg)

Table 3. Effects of the dietary supplementation of zeolite on the growth performance in finishing pigs

Items	Levels of zeolite (%)			
	Control	1	2	4
Live body weight(kg)				
Day 0	50.61 ± 1.06	50.14 ± 1.47	49.45 ± 1.52	50.66 ± 1.38
Day 35	78.45 ± 1.54 ^{bc}	82.49 ± 1.62 ^{ab}	83.20 ± 1.56 ^{ab}	85.47 ± 1.30 ^a
Day 70	105.64 ± 1.71 ^b	108.38 ± 1.54 ^b	111.28 ± 1.59 ^{ab}	114.57 ± 1.71 ^a
Daily body weight gain(kg)				
Days 0 ~ 35	0.80 ± 0.05 ^b	0.92 ± 0.05 ^{ab}	0.96 ± 0.05 ^{ab}	1.00 ± 0.06 ^a
Days 36 ~ 70	0.78 ± 0.05	0.74 ± 0.06	0.80 ± 0.07	0.83 ± 0.06
Days 0 ~ 70	0.79 ± 0.07	0.83 ± 0.12	0.88 ± 0.10	0.91 ± 0.09
Daily feed intake(kg)				
Days 0 ~ 35	2.53 ± 0.07	2.56 ± 0.05	2.59 ± 0.06	2.55 ± 0.06
Days 36 ~ 70	2.88 ± 0.07	2.82 ± 0.06	2.90 ± 0.05	2.90 ± 0.07
Days 0 ~ 70	2.71 ± 0.06	2.69 ± 0.05	2.75 ± 0.04	2.73 ± 0.06
Feed conversion(feed/gain)				
Days 0 ~ 35	3.16 ± 0.05 ^a	2.78 ± 0.04 ^b	2.70 ± 0.06 ^b	2.55 ± 0.07 ^c
Days 36 ~ 70	3.69 ± 0.10 ^{ab}	3.81 ± 0.07 ^a	3.63 ± 0.08 ^{ab}	3.49 ± 0.09 ^b
Days 0 ~ 70	3.43 ± 0.07 ^a	3.24 ± 0.06 ^b	3.13 ± 0.07 ^{bc}	3.00 ± 0.09 ^c

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

를 포함한 모든 처리구에서 0.74~0.83 kg으로서 유의한 차이는 없었으나, zeolite를 2% 이상 첨가시에는 약간 증가하는 경향이였다. 시험 전 기간(70일간)의 일당 증체량은 zeolite를 첨가함으로써 증가하는 경향이지만 대조구(0.79 kg)를 포함한 모든 처리구에서 0.79~0.91 kg으로서 유의한 차이는 없었다.

사료섭취량은 비육돈 전기에는 대조구를 포함한 모든 처리구에서 2.53~2.59 kg, 비육돈 후기에는 대조구를 포함한 모든 처리구에서 2.82~2.90 kg 및 시험 전기간에는 대조구를 포함한 모든 처리구에서 2.69~2.75 kg으로서 유의한 차이는 나타나지 않았다.

사료요구율은 비육돈 전기에는 zeolite를 첨가 수준을 증가시킴으로서 향상되는 경향이였다. 즉 대조구의 사료요구율은 3.16으로서 가장 높았으며, 그 다음은 zeolite 1% 구와 2%로서 각각 2.78과 2.70 이었으며 zeolite 3% 첨가구는 2.55로서 개선효과가 뚜렷이 나타났다($P < 0.05$). 비육돈 후기에는 zeolite 1% 첨가구가 3.81로서 가장 높았으며, zeolite 3% 첨가구는 3.49로서 가장 낮았다($P < 0.05$). 시험 전기간에는 대조구에서는 3.43으로서 가장 높았으며, 그 다음은 zeolite 1% 구와 2%로서 각각 3.24와 3.13 이었으며 zeolite 3% 첨가구는 3.00으로서 약 7.4%의 개선효과가 나타났다($P < 0.05$).

Kondo와 Wagai(1968)는 clinoptilolite 계통의 zeolite를 육성돈과 성돈사료에 각각 5%씩 첨가한 결과 증체량은 25~29% 증가하였으며 사료효율은 육성돈의 경우 35%, 성돈의 경우에

는 6%가 각각 개선되었으며 건강상태도 좋았다고 보고하였다. 또한 양 등(2000)은 비육돈에 zeolite를 3% 첨가할 경우 일당 증체량은 향상되지만 사료요구율에는 차이가 없다고 하였다. 이는 본 연구의 zeolite 급여 결과, 비육돈 전기에는 zeolite를 4% 첨가함으로써 증체량이 약 25% 향상되었으나, 시험 전기간에는 차이가 없었으며 사료요구율의 개선효과는 뚜렷이 나타났다. 이러한 연구 결과들 사이의 차이는 Mumpton과 Fishman (1977)의 보고에서 제시한 바와 같이 첨가수준, 또는 zeolite의 품질에 따라 생산성에 미치는 효과가 달라질 수 있음을 암시하고 있다. 그러나 zeolite의 첨가수준을 4% 까지 높일 경우 발생될 수도 있는 뇨결석 등의 문제에 대해서는 급여기간을 비롯한 보다 체계화된 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 사료된다.

2. 암모니아 가스 발생량

Zeolite를 비육돈 사료내에 첨가 수준(0, 1, 2 및 4%) 별로 급여하여 분 중 NH_3 가스발생량을 발효시간에 따라 조사한 결과는 Table 4와 같다.

비육돈 전기(시험개시 35일령, 약 80 kg)의 분을 12시간 발효시켜 NH_3 함량을 분석한 결과 대조구와 zeolite 1% 첨가구는 각각 11.5 ppm과 10.6 ppm 이었으나, zeolite 2% 구와 4% 구는 각각 7.6 ppm과 5.3 ppm으로서 대조구에 비하여 약 33.9~53.9%의 개선효과가 나타났다($P < 0.05$).

Table 4. Effects of the dietary supplementation of zeolite on the ammonia gas emission (ppm) in finishing pigs

Item	Fermentation period (h)	Levels of zeolite (%)			
		Control	1	2	4
Early finisher (80 kg)	12	11.5 ± 1.25 ^a	10.6 ± 0.95 ^a	7.6 ± 1.00 ^b	5.3 ± 1.05 ^b
	24	19.1 ± 1.20 ^a	15.3 ± 1.14 ^b	11.5 ± 1.25 ^c	9.7 ± 1.03 ^c
Late finisher (110 kg)	12	15.3 ± 1.96 ^a	12.8 ± 1.58 ^{ab}	9.7 ± 1.71 ^b	8.8 ± 1.29 ^b
	24	23.3 ± 2.05 ^a	19.0 ± 1.65 ^a	15.7 ± 1.63 ^{ab}	14.7 ± 1.20 ^b

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

24시간 발효시에는 대조구는 19.1 ppm 이었으나, zeolite를 첨가함으로써 개선되었으며 특히 zeolite 2%와 4% 첨가구에서는 각각 11.5 ppm과 9.7 ppm으로서 대조구에 비하여 약 39.8~49.2%가 개선되었다. 비육돈 후기(시험 종료시, 약 110 kg)에도 zeolite를 첨가함으로써 전체적으로 개선되어 비육돈 전기와 비슷한 경향을 나타내고 있다. 그러나 24시간 발효시에는 대조구는 23.3 ppm 이었으나, zeolite 4% 구에서만 14.7 ppm으로서 대조구에 비하여 약 36.9%의 개선 효과가 나타났다($P < 0.05$).

Kondo와 Wagai(1968)는 육성돈과 성돈 사료에 zeolite를 각각 5%씩 첨가한 결과 연변 감소 및 질소 함량이 낮다고 보고하였다. England(1975)도 zeolite를 육성돈 사료에 5% 첨가한 결과 하리의 발생이 현저하게 감소한다고 하였으며, 하 등(2001)은 육성-비육돈에 illite를 0, 1.7 및 1.5% 첨가한 결과 NH₃ 가스 발생량은 illite 1.5% 첨가구에서 크게 개선되었다고 하였다. 본 연구에서도 zeolite를 4% 첨가한 결과 NH₃ 가스 발생량은 크게 개선되었는데, 이러한 결과는 zeolite의 강한 흡착성과 단백질 이용율의 증가로 인해 유해 가스 발생량이 감소된 결

과로 사료된다.

특히 NH₃ 가스는 자극성이 매우 강하기 때문에 5 ppm 이하의 낮은 수준에서도 검출되며, 6~20 ppm의 NH₃가 발생될 경우 사람의 눈에 자극을 주고 호흡에 문제가 나타나며, 가축의 경우에는 50 ppm일 때 생산능력이 감소되며 건강에 큰 피해를 유발시키는 동시에 계속적으로 노출될 경우 폐렴의 가능성이 증가된다고(Barker, 1975) 보고한 바, 규산염광물질인 zeolite의 첨가급여할 경우 NH₃ 가스 제거효과가 크게 인정되므로 환경친화적인 축산이 가능할 것으로 사료된다.

3. 도체특성

Zeolite를 비육돈 사료내에 첨가 수준(0, 1, 2 및 4%) 별로 급여하여 도체특성을 조사한 결과는 Table 5와 같다.

도체중은 대조구가 76.54 kg 이었으며, zeolite를 첨가함으로써 약간씩 증가하는 경향이었으나 전체적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 등지방 두께 역시 대조구(22.95 mm)에 비하여 zeolite 첨가구에서 다소 두꺼운 경향을 보였으나 유의적인 경향은 나타나지 않았다. 그러

Table 5. Effects of the dietary supplementation of zeolite on carcass characteristics in finishing pigs

Item	Levels of zeolite (%)			
	Control	1	2	4
Slauther wt. (kg)	105.64 ± 1.71 ^b	108.38 ± 1.54 ^b	111.28 ± 1.59 ^{ab}	114.57 ± 1.71 ^a
Carcass wt. (kg)	76.54 ± 1.44	80.26 ± 2.35	81.42 ± 1.98	83.23 ± 1.78
Carcass percent (%)	72.45 ± 1.39	74.05 ± 1.95	73.17 ± 1.87	72.65 ± 1.80
Back fat (mm)	22.95 ± 2.45	23.92 ± 3.26	26.26 ± 3.05	26.24 ± 2.78
Carcass grade (%)				
A	36.67	40.00	53.33	60.00
B	36.67	36.67	36.67	36.67
C	16.66	13.33	3.33	3.33
D	10.00	10.00	6.67	0.00

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

나 A 등급 출현율은 zeolite 첨가수준을 증가시 킬수록 향상되어 zeolite 4% 첨가구는 60.00% 로서 대조구의 36.67%에 비하여 약 60%가 증가되어 월등히 높은 분포를 보여줌으로써 육질 개선에 zeolite가 효과가 있음을 보여주었다. 이와 같은 결과는 zeolite의 급여수준을 증가시킴 으로서 등지방 두께는 차이가 없으면서 pH가 상승하고 육색의 명도를 나타내는 CIE L*값이 증가(Table 6) 됨으로서 보수력과 다즙성의 증 가로 육질이 개선되었기 때문으로 생각된다.

일반적으로 도체특성을 결정하는 주요 요인 의 50% 이상은 유전력에 의존하며(탁, 1990), 유전요인에 따라 glycogen 함량이 다르고 도축 전 스트레스 반응에 따라서도 육질이 달라질 수 있다(Sellier, 1987; Heinze와 Mitchell, 1991). 그러나 본 연구에서는 동일 품종과 동일한 사 양조건에서 실험을 수행한 결과로 미루어 볼 때 zeolite를 첨가급여할 경우 육질개선 효과 가 큰 것으로 사료된다.

4. pH, 육색 및 지방색

Zeolite를 비육돈 사료내에 첨가 수준(0, 1, 2 및 4%) 별로 급여하여 돈육의 pH, 육색 및 지 방색을 분석한 결과는 Table 6과 같다.

돈육의 pH는 zeolite 4% 첨가구가 5.82로서 대조구의 5.58에 비하여 유의적으로(P<0.05) 증가하였으며, zeolite 1% 구와 2% 구와는 차이 가 없었다.

육색의 CIE L* 값은 zeolite 4% 첨가구가 47.38로서 가장 낮았으며, 대조구는 51.31로서 가장 높았다(P<0.05). CIE a* 값과 b* 값은 대 조구를 포함한 모든 처리구에서 유의적인 차이 는 나타나지 않았다.

지방색의 CIE L* 값은 zeolite 2% 구와 4% 첨가구가 각각 68.52와 69.83으로서 높았으며, 대 조구는 62.23으로서 가장 낮았다(P<0.05). CIE a* 값과 b* 값은 대조구를 포함한 모든 처리구 에서 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

일반적으로 정상육인 RFN육(Red, Firm and Non-exudative)은 육색의 Hunter L* 값이 50 이 하이며, pH는 5.5~6.1 이다(박 등, 2004). 이러 한 결과에서 Hunter L* 값이 50 이상일 때는 단백질 변성의 원인 때문(Offer 등, 1989; Renner 와 Bonhomme, 1991; Hector 등, 1992)이라는 보 고로 미루어 볼 때, 본 연구에서 대조구는 육 색의 명도를 나타내는 CIE L* 값이 51.31 이었 으나 zeolite 첨가구는 47.38~48.81인 점을 고려 한다면 규산염광물질 사료 첨가에 의한 육색 개 선은 매우 중요한 요인으로 생각되며, 특히 가

Table 6. Effects of the dietary supplementation of zeolite on the pH, meat and fat color of selected tissues in finishing pigs

Items	Levels of zeolite (%)			
	Control	1	2	4
pH	5.58 ± 0.05 ^b	5.62 ± 0.04 ^{ab}	5.65 ± 0.08 ^{ab}	5.82 ± 0.06 ^a
CIE L*	51.31 ± 1.03 ^a	48.81 ± 1.98 ^{ab}	47.67 ± 1.00 ^{ab}	47.38 ± 1.05 ^b
Meat color				
CIE a**	9.21 ± 0.56	7.40 ± 0.75	7.38 ± 0.64	7.25 ± 0.49
CIE b***	6.12 ± 0.34	5.92 ± 0.67	5.67 ± 0.56	5.33 ± 0.36
CIE L*	62.25 ± 2.04 ^b	67.24 ± 2.24 ^{ab}	68.52 ± 2.12 ^a	69.83 ± 2.03 ^a
Fat color				
CIE a**	3.23 ± 0.24	3.44 ± 0.47	3.60 ± 0.34	3.98 ± 0.36
CIE b***	4.41 ± 0.40	4.38 ± 0.51	4.80 ± 0.49	4.73 ± 0.28

* , ** , *** Lightness, redness, and yellowness, respectively.

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

Table 7. Effects of the dietary supplementation of zeolite on the economic efficacy in finishing pigs

Item	Levels of zeolite (%)			
	Control	1	2	4
Total Body weight gain (kg)	55.03	58.24	61.83	63.91
Feed intake (kg)				
Early fattening	88.4	89.7	90.6	88.9
Late fattening	100.8	98.8	101.6	101.3
Feed cost (Won/kg)				
Early fattening	292	297	302	312
Late fattening	280	285	290	300
Total feed cost (Won)	54,037	54,799	56,825	58,127
Feed cost per weight gain (Won/kg)	982	941	919	910
Index (%)	100	95.8	93.6	92.7

Zeolite : 1,000 won/kg.

축의 근육과 지방특성에 zeolite의 급여가 좋은 영향을 미친다는 보고(Pond 등, 1988; Hagedorn 등, 1990)가 있어 육색개선과 관련하여 zeolite의 이용 가능성에 대한 보다 정밀한 추가 연구가 수행되어야할 것으로 사료된다.

수준을 증가시킬수록 개선되는 것으로 나타났다. 즉 대조구에 비하여 zeolite 1, 2 및 4% 첨가구에서는 각각 4.2, 6.4 및 7.3%가 개선되어 돼지 사육시 zeolite를 4% 첨가급여할 경우 경제적인 면에서도 유리한 것으로 사료된다.

5. 경제성 분석

Zeolite를 비육돈 사료내에 첨가 수준(0, 1, 2 및 4%) 별로 급여하여 경제성을 분석한 결과는 Table 7과 같다.

비육돈 전기사료에 zeolite를 0, 1, 2 및 4% 수준으로 첨가하였을 때 kg당 사료가격은 각각 292, 297, 302 및 312원으로 증가하였으며, 비육돈 후기사료에서도 280, 285, 290 및 300원으로 증가하였다. 이러한 사료를 급여하여 출하시 총 사료비를 산정한 결과 대조구는 54,037원이었으며, zeolite 1, 2 및 4% 첨가구에서는 각각 54,799, 56,825 및 58,127원으로서 증가하였다. 그러나 증체 kg당 사료비는 대조구는 982원이었으며 zeolite 1, 2 및 4% 첨가구에서는 각각 941, 919 및 910원으로서 zeolite 첨가

IV. 요약

본 연구는 비육돈에 대한 황토의 주성분인 zeolite의 첨가효과를 구명하기 위하여 증체량, 사료요구율, 육질, 악취제거 및 경제성 등을 조사하였으며 생후 93일령의 비육돈 120두(4처리 × 3반복 × 10두)를 공시하여 출하시까지 70일간 사양시험을 실시하였다. 일당증체량은 비육돈 전기의 경우 zeolite 4% 첨가구가 1.00 kg으로서 대조구의 0.8 kg에 비하여 약 25%로 크게 향상되었다($P < 0.05$). 그러나 비육돈 후기의 일당 증체량은 대조구(0.78 kg)를 포함한 모든 처리구에서 0.74~0.83 kg으로서 유의한 차이는 없었다. 사료요구율은 시험 전기간 동안 대조구에서는 3.43으로서 가장 높았으며, 그 다음은 zeolite 1%구와 2%로서 각각 3.24와 3.13이었

으며 zeolite 3% 첨가구는 3.00으로서 약 7.4%의 개선효과가 나타났다($P < 0.05$). 시험 전기간 동안의 NH_3 가스 발생량은 zeolite 4% 첨가구가 대조구에 비하여 약 33.9~53.9%의 개선효과가 나타났다($P < 0.05$). 도체중과 등지방 두께는 대조구와 zeolite 첨가구 간에 차이가 없었으며, A등급 출현율은 zeolite 4% 첨가구가 60.00%로서 대조구의 36.67%에 비하여 높게 나타났다. 경제성 분석 결과, 증체 kg당 사료비는 zeolite 4% 첨가구는 910원, 2% 첨가구는 919원, 1% 첨가구는 941원 및 대조구는 982원으로서 zeolite를 4% 첨가함으로써 개선효과가 크게 나타났다.

이상의 결과, 비육돈에 대하여 zeolite를 4% 수준으로 첨가급여하면 사료요구율, 육질 A등급 출현율, 분내 암모니아가스 발생량 및 경제성면에서 효과적인 것으로 사료된다.

V. 인 용 문 헌

1. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.
2. Barker, J. C. and Zublena, J. P. 1975. Livestock manure nutrient assesment in North Carolina. 7th. International Symposium on Agricultural and Food Processing Wastes. p. 98.
3. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics. 11:1.
4. England, D. C. 1975. Effect of zeolite on incidence and severity of scouring and level of performance of pigs during suckling and early postweaning. Rep. 447, Agr. Sta., Oregon State Univ. 30.
5. 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.).
6. Harms, R. H. and Damron, R. H. 1973. The influence of various dietary follers on the utilization of energy by poultry. Poult. Sci. 52:2034(abstr.).
7. Hector, D. A., Brew-Graves, C., Hassen, N. and Ledward, D. A. 1992. Relationship between myosin denaturation and the colour of low-voltage-electrically-stimulated beef. Meat Sci. 31:299-307.
8. Heinze, P. H. and Mitchell, G. 1991. A comparison of some muscle metabolities in stress susceptible and resistant landrace gilts after halothane exposure or exercise stress. Meat. Sci. 30:337.
9. Kondo, J. and Wagai, B. 1968. Experimental use of clinoptilolite-tuff as dietary supplements for pifs. Yotlnkai, May 1-4.
10. Kurnick, A. A. and Reed, B. L. 1960. Poultry nutrition studies with bentonite. Feedstuffs. 32:18.
11. Morita, I. 1967. Efficiency of zeolite-SS in under-developer pigs affected with diarrhea. Internal Rep. Gifu-city Animal Husbandry Center, p. 3.
12. Mumpton, F. A. and Fishman, P. H. 1977. The application of natural zeolite in animal sciences and aquaculture. J. Anim. Sci. 45:1188-1203.
13. Offer, G., Knigth, P., Jeacocke, R., Almond, R. and Cousins, T. 1989. The structural basis of the water holding, appearance and toughness of meat and meat products. Food Structure. 8:151-171.
14. 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.
15. Renerre, M. and Bonhomme, J. 1991. Effects of electrical stimulation boning-temperature and conditioning mode on display colour of beef meat. Meat Sci. 29:191-202.
16. SAS. 1990. SAS/STAT Software for PC. Release 6.11. SAS Institute. Cary. NC. USA.
17. Sellier, P. 1987. Cross-breeding and meat quality in pigs. In evaluation and control of meat quality in pigs. Tarrant, eds. P. V. Eikelenboom, G. Monin, Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht. The Netherlands. pp. 329-342.
18. Torii, K. 1977. Utilization of natural zeolites in Japan. IN L. B. Sand and F. A. Mumpton(Ed) Natural Zeolites; Occurrence, Properties, Use. Pergamon Press, Elmsford, NY.
19. 문윤영, 백인기. 1989. Zeolite의 첨가가 육계생산의 경제성에 미치는 영향. 한국가금학회지. 16(3):149.
20. 박구부 외 29명. 2004. 식육과학. 선진문화사. pp. 174-177.
21. 양창범, 김진동, 이지훈, 조원탁, 한인규. 2000. 돼지사료중 화산암 분말(Scoria)과 Zeolite가 산육능력에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42(4):477-488.
22. 장윤환, 이상진, 이규호. 1983. 한국산 Zeolite의 염기치환용량이 Broiler의 증체, 사료효율 및 영

- 양소이용율에 미치는 영향. 한국축산학회지. 25: 95.
23. 전익준. 1973. 여름철 연변을 어떻게 막을까(2). 양계경영. p. 62.
24. 정천용, 이규환, 최대용, 한인규. 1978. Zeolite의 염기치환 용량 및 입자도가 Broiler의 증체, 사료 효율 및 영양소이용율에 미치는 영향. 한국축산학회지. 20:622.
25. 탁태영. 1990. 양질 돈육 생산을 위한 사양기술 방안. 육류등급제도 조기 정착을 위한 기술전략 세미나 자료. p. 108.
26. 하홍민, 김재황, 김삼철, 김영민, 고영두. 2001. 육성-비육돈에 대한 Illite의 첨가급여 효과. 한국동물자원과학회지. 43(5):663-670.
27. 한인규, 하중규, 김춘수. 1975. Zeolite의 사료화에 관한 연구. 1. 육성돈에 대한 zeolite 급여효과에 관한 연구. 한국축산학회지. 17(5):595.
- (접수일자 : 2005. 5. 27. / 채택일자 : 2005. 6. 28.)