

사료내 유기산제 및 항생제의 혼합첨가가 육성돈의 성장과 혈액성상에 미치는 영향

이철호* · 조익환** · 손중천* · 이성훈***

Effects of Dietary Supplementation of Organic Acid and Antibiotics Mixture on Growth Performances and Blood Metabolites in Growing Pigs

Lee, Cheol-Ho · Jo, Ik-Hwan · Shon, Joong-Cheon · Lee, Sung-Hoon

This study was carried out to evaluate the effect of replacing antibiotics by organic acid mixture on growth performances and blood metabolites in growing pigs. Twenty-five crossbred pigs (Large White×Landrace) at the age of 79 days were fed five different diets by supplementing organic acid mixture and chlortetracycline. The experimental diets were consisted of diets without antibiotics supplementation (control), diets added 100mg/kg of chlortetracycline to control diet (T1), diets added 100mg/kg of chlortetracycline and 0.1% of Acidomix[®](comprising formic acid 25%, sorbic acid 10%, fumaric acid 10%) to control diet (T2), diets added 0.1% of Acidomix[®] to control diet (T3), and diets added 0.3% of Acidomix[®] to control diet (T4). The changes in feed conversion ratio, average daily gain and blood metabolites were investigated. Twenty-five pigs were allotted to five treatments with five replications of each and the experiment was conducted on the basis of complete randomized design for 6 weeks. Average daily gain was significantly ($p<0.05$) different between T4 and control diets. All treatments including diets added Acidomix[®] and chlortetracycline were slightly higher than control diets. The feed intakes did not show a significant difference between the control and other treatments, and did not give change in feed intake by the addition of Acidomix[®]. No differences on feed conversion ratio among treatments were observed but T4 and T3 treatments showed lower value than other treatments. The concentrations of blood urea nitrogen, total cholesterol and triglyceride were significantly ($p<0.05$) different among treatments, but their values were within the

* 대구대학교 동물자원학과

** 교신저자, 대구대학교 동물자원학과(greunld@daegu.ac.kr)

*** 경상남도 축산진흥연구소 축산시험장

normal range representing that effects on blood profile by organic acid or antibiotics supplementation were not found. The results from this study indicated that adding chlortetracycline or organic acid mixtures to diets showed tendency to improve average daily gain and feed conversion ratio in growing pigs. These results showed that antibiotics could be replaced by organic acid mixture in growing pig diets, leading to stimulated growth and improved feed conversion ratio.

Key words : *organic acid, antibiotics, stimulated growth, blood metabolites, pigs*

I. 서 론

경제성장에 의한 축산물 소비의 증가는 식생활을 보다 풍요롭게 하였으나 영양의 과잉 섭취에 의한 성인병 증가, 축산물 내 잔존하는 항생물질 및 가축사료의 항생제 사용에 의한 세균의 내성 발현 등 많은 문제점도 함께 발생하고 있다. 이로 인하여 인류의 건강한 삶을 보장하기 위한 보다 안전한 축산 식품을 생산하여야 한다는 사회적 요구가 지속적으로 높아지고 있다.

Alexander Fleming이 1928년 처음 페니실린을 발견한 이래 항생제는 동물과 인류의 감염 치료를 위한 의약품으로 지대한 공헌을 하였고, 축산분야에서도 가축의 생산성 향상과 질병 치료에 널리 사용되고 있다. 또한, 1940년대 후반 비타민 B₁₂의 효능을 연구하기 위해 chlortetracycline이 잔류된 발효제품을 닭 사료에 첨가한 결과 성장촉진효과가 발견되어 그 후 항생제는 축산업에서 질병의 치료 및 억제 그리고 성장을 촉진하는 물질로서 매우 중요하게 인식되었다. 하지만 최근까지 과도한 항생제의 오남용에 의하여 항생제 내성 세균의 증가(Kemp와 Kiser, 1970), 치료 약제의 효력 감소, 의료비 증가 등 항생제 사용에 따른 부작용이 주요한 사회적 이슈로 대두되면서 전 세계적으로 항생제에 대한 사용 규제가 일반화되고 있는 추세이다. 이에 따라 항생제 사용중단에 따른 가축의 생산성 저하를 방지할 수 있는 항생제 대체제에 대한 관심이 고조되고 있다.

이들 항생제 대체제로 생균제, 효소제, 유기산 및 무기산제, 식물추출물, 비전분성 다당류, 올리고당, 뉴클레오타이드, 비타민, 광물질 등이 각광 받고 있다(김, 2005). 이들 중 유기산제는 EU에서 인증한 최초의 항생제 대체물질이자 가장 주목받고 있는 물질중의 하나이며, 사람의 식품에 식초를 이용함으로써 산성화에 의해 대장균, 살모넬라 및 곰팡이의 증식이 억제된다고 보고된 바 있다(Banwart, 1981).

어린시기의 자돈에 유기산을 공급하는 것이 발육에 효과적이라는 연구자료가 많고(Eckel 등 1992 ; Eidelburger 등, 1992 ; Baustad, 1993), 유기산제는 위내 pH를 감소시켜 단백질 소화율 개선, 병원성 세균의 유입 예방에 의한 성장능력을 향상시키는 것으로 알려져 있으며, Manners(1976)와 Scipioni 등(1978)도 fumaric 또는 citric acid 첨가시 위내 pH를 감소시켜 단

백질의 소화율을 증진시킨다고 보고하였다. 초유에 유기산을 첨가하면 초유내 미생물의 성장을 지연시켜 초유의 보존성이 높아진다는 연구 결과가 많은데(Muller 등, 1976; Otterby 등, 1980; Brindsig 등, 1977; Daniels 등, 1977), 유기산을 첨가한 초유를 이용한 사양시험에서도 우수한 결과를 보여 주었다(Polzin 등, 1977).

한편 유기산제의 항균작용 기전에 대하여, Roe(1998) 등은 유기산이 pH에 민감한 세균(*Salmonella*, *E. coli*, *Listeria*)의 증식을 억제하거나 사멸시키는 효과를 보이는데 이는 유기산이 가축의 장내에서 이온화되지 않은 상태로 세균의 세포벽을 통과하여 세포내에서 유리되어 산도를 저하시키고 아미노산 대사 및 에너지 대사를 방해하여 세포벽의 투과성에 영향을 줌으로써 장내 유해균의 성장을 억제한다고 보고하였다. 사료에 일반적으로 많이 사용되는 유기산제로는 acetic acid, butyric acid, citric acid, formic acid, fumaric acid, lactic acid, malic acid, propionic acid, succinic acid, sorbic acid, tartaric acid 등이 있으며, 사료의 pH 감소에 의한 유해 미생물의 증식억제 뿐만 아니라 사료 원료의 완충능력을 낮추어 가축의 위내 pH 감소를 유도하고 단백질 소화율을 개선하며, 아울러 소장에서 소화효소의 분비를 촉진하고 미네랄의 소화 흡수를 개선하며 병원균을 사멸시키거나 증식을 억제하는 효과를 가진다.

따라서 본 연구는 사료 내 항생제 및 유기산제의 혼합첨가가 육성돈의 증체, 사료섭취량 및 사료요구율 및 혈액성상에 미치는 영향을 조사하여 유기산제가 항생제의 성장 촉진효과를 대체할 수 있는지 평가하고자 실시되었다.

II. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험설계

본 실험에 사용된 공시품종은 생후 79일령의 체중 32~33kg 내외 일대 잡종(Large White×Landrace) 돼지로서, 25두를 대조구 포함 5개 처리구로 나누고 처리당 5반복으로 각 처리구를 하나의 돈방에 수용하고 완전임의배치하여 실시하였으며 처리구별 시험설계는 Table 1에 나타내었다. 본 시험에 사용된 항생제는 Chlortetracycline 염산염(CTC) 100g/kg 제제이고 유기산제는 Acidomix[®](formic acid 25%, sorbic acid 10%, fumaric acid 10%)를 사용하였다. 유기산의 첨가 수준은 생산업체에서 권장하고 있는 유기산제의 첨가 수준을 참조하였으며 항생제는 사료관리법에서 제한하고 있는 함량으로 첨가하였다.

Table 1. Experimental design of treatments

| Treatments | Additional level |
|------------|---|
| Control(C) | Control diet (C) |
| T1 | C + chlortetracycline 100 mg/kg |
| T2 | C + chlortetracycline 100 mg/kg +Acidomix [®] 0.1% |
| T3 | C + Acidomix [®] 0.1% |
| T4 | C + Acidomix [®] 0.3% |

2. 시험사료의 제조

시험사료는 시중에 유통되는 사료의 영양소 함량에 맞추어 조단백질 18.9%, 가소화에너지 3,570kcal/kg인 사료를 제조하여 기초사료로 한 후, 기초사료를 대조구(C)로 하고, C+CTC 100mg/kg을 첨가한 구를 T1, C+CTC 100mg/kg+Acidomix[®] 0.1%를 첨가한 구를 T2, C+Acidomix[®] 0.1%를 첨가한구를 T3, C+Acidomix[®] 0.3%를 첨가한 구를 T4로 하였다. 기초사료인 대조구(C)의 배합비와 영양소 함량은 Table 2에 나타내었다. 모든 시험사료 내 일반조성분 및 아미노산 함량은 AOAC(1990)법에 의해 분석되었다.

Table 2. Ingredients and chemical composition of basal diet for growing pigs

| Item | Contents |
|--------------------------|----------|
| Ingredients (%) | |
| Yellow corn | 58.37 |
| Soybean oil meal | 30.80 |
| Rapeseed meal | 1.00 |
| Ground limestone | 0.70 |
| Dicalcium phosphate | 1.90 |
| Salt | 0.25 |
| Molasses | 2.00 |
| Animal Fat | 4.40 |
| Vitamin mix ¹ | 0.075 |
| Mineral mix ² | 0.10 |
| CuSO ₄ | 0.025 |
| Succarine-50% | 0.03 |
| L-Lysine HCl-98% | 0.10 |
| DL-Methionine-99% | 0.10 |
| Fenbendasole-8g/kg | 0.05 |

| Item | Contents |
|----------------------------|----------|
| Chemical composition | |
| Digestible Energy(kcal/kg) | 3,570 |
| Crude protein(%) | 18.90 |
| Crude fat(%) | 6.80 |
| Crude fiber(%) | 2.74 |
| Crude ash(%) | 5.45 |
| Calcium(%) | 0.82 |
| Phosphorus(%) | 0.68 |
| Lysine(%) | 1.11 |
| Methionine + cystine(%) | 0.71 |

¹Contains per kg :vit A 24,000,000 IU; vit D₃ 3,500,000 IU; vit E 70g; vit K 4g; vit B₁ 4.4g; vit B₂ 10g; vit B₆ 6g; vit B₁₂ 50mg; Biotin 200mg; Folic acid 16g; Niacin 44g; Pantothenic acid 20g; Ethoxiquin 2g

²Contains per kg: Mn 45g; Zn 77.5g; Fe 102.5g; Cu 8g; I 0.8g; Se 0.2g; Co 0.5g

3. 시험기간 및 사양관리

본 사양시험은 7일간의 예비시험기간을 거친 후, 6주간 본 실험을 실시하였고, 시험기간 동안 사료와 물은 자유채식토록 하였으며, 기타 사양관리는 대구대학교 실습농장의 일반 관행에 준하였다.

4. 조사항목

1) 체중 및 일당증체량

체중은 매주말에 1회 측정하였으며, 1주일동안의 체중 변화량을 계산하여 일당증체량을 구하였다.

2) 사료섭취량 및 사료요구율

사료 섭취량은 매주 초 아침사료 급여 전에 잔량을 수거하여 1주일동안 급여한 사료와 남은 사료의 차이로 구하였으며, 주간 사료섭취량을 주간 증체량으로 나누어 사료요구율을 계산하였다.

3) 혈액분석

혈액은 0주차, 3주차, 6주차에 전 개체에 대하여 경정맥에서 EDTA가 처리된 vacutainer로 3ml의 혈액을 채취한 후 혈장을 원심분리하여(3,000rpm/30분) 냉동 보관한 후 녹십자 의료 재단에 의뢰하여 분석하였다. 각 성분의 분석방법은 ADVIA(ADVIA 1650, Bayer, Japan)를

이용하여 albumin은 BCG-Doumas 방법(Albumin Reagents, Bayer, USA)으로, glutamic oxaloacetic transaminase(GOT)는 IFCC(AST reagents, Bayer, USA), glutamic pyruvic transaminase(GPT)는 IFCC(ALT Reagents, Bayer, USA), blood urea nitrogen(BUN)은 urease with GLDH (Urea nitrogen Reagents, Bayer, USA), total cholesterol은 enzymatic, colorimetry(Cholesterol reagent, Bayer, USA), triglyceride는 lipase, GK, GPD, colorimetry(Triglycerides reagents, Bayer, USA) 및 glucose는 enzymatic method(Glucose Hexokinase, Bayer, USA)에 의해 실시하였으며, total lipid는 spectrophotometer(Agilent 8453, Germany)를 이용하여 비색법(total lipid reagents, Medicos, USA)으로 실시하였다.

5. 통계처리

본 실험의 결과는 SAS package program(Version 8.01, 2005)을 이용하여 유의성을 검정하였고, 처리 평균 간의 비교는 5% 수준의 최소유의차검정(least significant difference test)으로 하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

실험기간동안에 유기산제의 첨가가 돼지의 체중과 일당증체량에 미치는 영향은 Table 3에 나타난 바와 같다. 돼지의 개시 체중은 평균 32.16~33.04 kg의 범위로 각 처리 간에 유의차는 없었다. 그러나 생육단계가 진행됨에 따라 체중이 점차 증가하여 시험 종료 시에는 T4구(69.12kg) > T2구(68.00kg) = T3구(68.00kg) > T1구(67.76kg) > 대조구(67.16kg) 순으로 유기산 0.3% 첨가구가 가장 높게 나타났으나, 처리구 간에 유의한 차이는 나타나지 않았다.

실험기간동안의 일당증체량은 1주차 0.722~0.782 kg, 2주차 0.770~0.834kg, 3주차 0.798~0.872kg, 4주차 0.798~0.894kg, 5주차 0.870~0.930kg 그리고 6주차에 0.890~0.936kg으로 생육단계가 진행됨에 따라 증가하였다. 전체 시험기간의 평균 일당 증체량은 T4구(0.874kg), T2구(0.852kg), T1구(0.844kg), T3구(0.836kg), 대조구(0.814kg) 순으로 낮아졌으나 유기산제인 Acidomix[®]를 0.3% 첨가한 T4구가 대조구에 비하여 유의하게 높았고(p<0.05), 항생제인 chlortetracycline 또는 유기산제인 Acidomix[®]를 첨가한 모든 처리구가 대조구 보다 높은 일당증체량을 나타내었다.

Table 4는 시험기간 중 돼지의 평균 일당 사료섭취량과 사료요구율을 나타낸 것으로 1주차에는 1.56~1.70kg, 2주차 1.77~1.89kg, 3주차 2.02~2.27kg, 4주차 2.34~2.57kg, 5주차 2.70~2.83kg 그리고 6주차에는 2.89~2.99kg으로 생육단계가 진행됨에 따라 섭취량이 증가되었다. 그리고 전체 시험기간 동안 돼지의 평균 일당 사료 섭취량은 대조구 2.28kg, T1구 2.33kg,

T2구 2.32kg, T3구 2.28kg, T4구 2.30kg로 나타났으나 처리구간 섭취량에는 유의차가 인정되지 않았다.

돼지의 사료요구율은 일당 증체량의 경우와 마찬가지로 생육단계가 진행됨에 따라 증가되었는데 1주차 2.062~2.296, 2주차 2.148~2.400, 3주차 2.454~2.760, 4주차 2.618~3.080, 5주차 3.092~3.264 그리고 6주차에 3.140~3.330으로 1~4주치의 기간 동안 각 처리구별로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 대체로 대조구 및 T1구의 사료요구율이 높았고 T2구, T3구 및 T4구의 사료요구율이 낮은 경향을 보였다. 또한 전체 시험 기간의 평균 사료요구율은 T4구가 2.678로 가장 낮았고 T2구(2.712) < T3구(2.730) < T1구(2.776) < 대조구(2.814)의 순으로 높아졌으나 유의차는 인정되지 않았다.

Table 3. Effect of organic acid and antibiotics on body weight and average daily gain of growing pigs during experimental periods

| Week | Treatments | | | | | SEM ¹⁾ | P-value ²⁾ |
|------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| | C* | T1* | T2* | T3* | T4* | | |
| Body weight, kg | | | | | | | |
| 0 | 33.04 | 32.32 | 32.16 | 32.92 | 32.40 | 2.2843 | 0.9629 |
| 1st | 38.08 | 37.52 | 37.46 | 38.22 | 37.86 | 2.4055 | 0.9830 |
| 2nd | 43.46 | 43.12 | 43.16 | 44.02 | 43.70 | 2.4922 | 0.9774 |
| 3rd | 49.06 | 49.08 | 49.06 | 49.80 | 49.78 | 2.5474 | 0.9724 |
| 4th | 54.64 | 55.26 | 55.30 | 55.68 | 56.04 | 2.7041 | 0.9397 |
| 5th | 60.86 | 61.48 | 61.50 | 61.78 | 62.56 | 2.7416 | 0.9069 |
| 6th | 67.16 | 67.76 | 68.00 | 68.00 | 69.12 | 2.9101 | 0.8751 |
| Average daily gain, kg | | | | | | | |
| 1st | 0.722 | 0.742 | 0.758 | 0.756 | 0.782 | 0.0528 | 0.5011 |
| 2nd | 0.770 | 0.802 | 0.810 | 0.828 | 0.834 | 0.0493 | 0.3072 |
| 3rd | 0.798 ^b | 0.852 ^{ab} | 0.838 ^{ab} | 0.826 ^{ab} | 0.872 ^a | 0.0454 | 0.0448 |
| 4th | 0.798 ^b | 0.884 ^a | 0.892 ^a | 0.838 ^{ab} | 0.894 ^a | 0.0618 | 0.0414 |
| 5th | 0.892 | 0.886 | 0.884 | 0.870 | 0.930 | 0.0740 | 0.7620 |
| 6th | 0.896 | 0.896 | 0.930 | 0.890 | 0.936 | 0.0843 | 0.8548 |
| Overall | 0.814 ^b | 0.844 ^{ab} | 0.852 ^{ab} | 0.836 ^{ab} | 0.874 ^a | 0.0444 | 0.0393 |

* C: Control diet, T1: C+chlortetracycline 100mg/kg, T2: C+chlortetracycline 100mg/kg+Acidomix[®] 0.1%, T3: C+Acidomix[®] 0.1%, T4: C+Acidomix[®] 0.3%,

¹⁾ Standard error of the mean,

²⁾ p-value is significantly different among treatments at a level of <0.05.

Table 4. Effect of organic acid and antibiotics on feed intakes and feed conversion ratio of growing pigs during experimental periods

| Week | Treatments | | | | | SEM ¹⁾ | P-value ²⁾ |
|------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|
| | C* | T1* | T2* | T3* | T4* | | |
| Daily feed intakes, kg | | | | | | | |
| 1st | 1.64 | 1.67 | 1.70 | 1.56 | 1.61 | 0.1042 | 0.9583 |
| 2nd | 1.84 | 1.89 | 1.83 | 1.77 | 1.79 | 0.1951 | 0.9677 |
| 3rd | 2.21 | 2.27 | 2.25 | 2.02 | 2.25 | 0.1457 | 0.9324 |
| 4th | 2.34 | 2.49 | 2.33 | 2.57 | 2.47 | 0.1734 | 0.9597 |
| 5th | 2.78 | 2.70 | 2.75 | 2.83 | 2.79 | 0.1566 | 0.9769 |
| 6th | 2.89 | 2.97 | 2.99 | 2.91 | 2.90 | 0.1201 | 0.9187 |
| Feed conversion ratio | | | | | | | |
| 1st | 2.296 ^a | 2.260 ^a | 2.252 ^{ab} | 2.062 ^b | 2.072 ^b | 0.1626 | 0.0454 |
| 2nd | 2.400 ^a | 2.358 ^a | 2.262 ^{ab} | 2.148 ^b | 2.152 ^b | 0.1324 | 0.0234 |
| 3rd | 2.760 ^a | 2.682 ^a | 2.680 ^a | 2.454 ^b | 2.586 ^{ab} | 0.1400 | 0.0307 |
| 4th | 2.942 ^{ab} | 2.840 ^{abc} | 2.618 ^c | 3.080 ^a | 2.764 ^{bc} | 0.2065 | 0.0283 |
| 5th | 3.126 | 3.092 | 3.116 | 3.264 | 3.010 | 0.2383 | 0.5780 |
| 6th | 3.236 | 3.330 | 3.220 | 3.290 | 3.140 | 0.3041 | 0.8844 |

* C: Control diet, T1: C+chlortetracycline 100mg/kg, T2: C+chlortetracycline 100mg/kg+Acidomix[®] 0.1%, T3: C+Acidomix[®] 0.1%, T4: C+Acidomix[®] 0.3%,

¹⁾ Standard error of the mean,

²⁾ p-value is significantly different among treatments at a level of <0.05.

소비자의 안전축산물의 요구와 항생제의 과도한 사용으로 인한 내성의 위험성에 대한 문제가 대두되고 있는 현실에서 이들의 대표적인 대체제로 알려진 유기산제에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있는데, Burnell 등(1988)은 옥수수과 대두박을 기초로 한 사료를 급여한 이유자돈에 건조유청과 1%의 유기산(citric acid: Na-citrate, 2:1)을 첨가함으로써 증체량이 개선되고 위, 소장, 대장의 pH가 떨어졌다고 하였고, Giesting과 Easter(1985)는 fumaric acid와 citric acid 첨가 시 증체율이 개선되었고 propionic acid 첨가 시에는 증체율 및 사료섭취량은 저하되었으나 사료효율은 개선되었다고 하였으며 아울러 유기산이 장내 유해 미생물을 감소시킨다고 하였다. 또한 Risley 등(1992)은 양돈사료에 citric acid를 첨가함으로써 위, 공장 및 맹장에서 *Clostridia*수를 감소시켰다고 보고하였으며, 이러한 원인은 유기산에 의해 위장관내 pH가 낮아짐으로써 장내 미생물 군총이 변화하는 것이 원인이라고 하였다 (Radecki 등, 1988). 송(1995) 역시 이유자돈에 formic acid를 처리한 전지 대두를 급여하였을 때 3~8주령 간의 증체량과 일당증체량이 높았다고 하였으며, Falkowski와 Aherne (1984)은

2.0%의 citric acid를 첨가한 사료를 돼지에 급여하였을 때 일당증체량이 7.5% 개선되고 사료효율도 11% 개선되는 효과를 보였다고 한다.

본 실험에서도 유기산제인 Acidomix[®]의 첨가로 일당증체량이 대조구보다 유의하게 높게 나타났고 항생제 첨가의 경우와 거의 동일하거나 오히려 높은 경향을 나타냄으로써 항생제가 장내 유해 미생물의 생육을 억제함으로써 가축의 성장을 촉진시키는 효과가 나타나 항생제 대체제로서의 손색이 없는 것으로 판단된다.

한편 유기산제의 첨가에 따른 가축의 사료섭취량 변화에 대하여 박 등(2002)은 산란기에 서 유기산제의 첨가로 사료섭취량이 감소되었다고 보고하였으나, 본 실험에서는 유기산제 또는 항생제의 급여로 사료섭취량 변화는 보이지 않았으며 정 등(2000)이 자돈에 유기산을 급여하였을 때 사료섭취량의 차이를 보이지 않았다고 하였던 결과와 동일하였다.

일반적으로 사료효율을 나타내는 대표적인 척도로 알려져 있는 사료요구율은 일당증체량 당 사료섭취량을 나타낸 것으로 본 실험에서 시험초기에는 Acidomix[®]의 0.3%첨가구(T4구)와 Acidomix[®]의 0.1%첨가구(T3구)가 다른 처리구에 비하여 낮은 경향을 보였으나, 시험 4주차에는 T3구가 가장 높은 사료요구율을 나타내었다. 이러한 결과는 이유한 돼지에서 1.5%의 citric acid 또는 1.5% fumaric acid 첨가 시 사료효율이 개선되었다는 Edmonds 등(1985)의 연구 결과, 그리고 Giesting과 Easter(1985)이 propionic acid를 자돈에 급여하였을 때 사료효율이 개선되었다고 하는 연구 결과와 비슷하였다. 본 실험에서 시험초기 4주간 유기산 첨가구의 사료요구율이 개선되는 결과로 볼 때 일령이 어릴수록 유기산 급여에 의한 사료요구율 개선 효과가 더 클 수 있는 가능성이 있는 것으로 생각된다.

육성돈에게 유기산제 및 항생제 혼합첨가 급여가 혈액성상에 미치는 영향은 Table 5에 나타내었다. 혈중 albumin, glutamic oxaloacetic transaminase(GOT) 및 glutamic pyruvic transaminase(GPT) 함량은 시험기간 동안 유의한 차이가 나타나지 않았다. 혈중 요소태질소(BUN)농도는 6주차에 대조구 21.84mg/dL, T1구 20.10mg/dL, T2구 21.30mg/dL, T3구 18.56mg/dL 및 T4구 16.58mg/dL로 나타났고 대조구 및 T2구가 T4구에 비하여 유의하게 높았다($p<0.05$). 혈중 콜레스테롤 함량은 6주차에 대조구 97.0mg/dL, T1구 101.8mg/dL, T2구 107.6mg/dL, T3구 102.2mg/dL 및 T4구 94.0mg/dL로 T2구가 T4구에 비하여 유의하게 높았다($p<0.05$).

지질대사와 관련되는 혈액 내의 triglyceride 함량은 6주차에 대조구 53.0mg/dL, T1구 66.2mg/dL, T2구 40.4mg/dL, T3구 58.8mg/dL 및 T4구 67.2mg/dL로 T1구, T3구 및 T4구가 T2구에 비하여 유의하게 높게 나타났다($p<0.05$). 혈중 총지질 함량은 6주차에 대조구 264.8mg/dL, T1구 392.2mg/dL, T2구 341.2mg/dL, T3구 319.6mg/dL 및 T4구 324.6mg/dL로 T1구가 대조구에 비하여 유의하게 높은 결과를 보였다($p<0.05$).

본 실험에서 유기산 및 항생제 급여에 의한 혈액 성상의 변화는 전반적으로 변화를 보이지 않았고 정상수치에 근접한 결과로 혈액 성상에 미치는 영향이 크지 않은 것으로 판단된

다. 특히 혈중 albumin함량은 혈액 단백질의 약 60%를 차지하는 물질로 혈관내 삼투압을 유지하는 역할을 하며 비타민 등의 운반체로 중요한 혈액 구성 성분으로 알려져 있는데, 본 실험에서는 성장이 진행되면서 높아지는 경향을 보였다. GOT 및 GPT는 간에서 생성되는 효소로 간세포가 파괴되거나 손상되면 혈액내로 유리되는데 간의 손상 정도를 간접적으로 알 수 있게 하는 지표로 활용되며 본 실험에서 GOT는 성장이 진행되면서 낮아지는 경향을 보였으나 GPT는 GOT와 반대로 성장이 진행되면서 높아지는 경향을 보였으나 처리구간의 유의차는 없었다.

혈중 요소태 질소(BUN)는 단백질 및 아미노산 대사의 최종 산물로, 아미노산의 이용효율을 나타내는 지표로 활용할 수 있으며(Eggum, 1970), 단백질 섭취량과는 정의 상관관계, 사료단백질의 아미노산 조성과는 부의 상관관계를 나타낸다(Eggum, 1970 ; Hahn 등 1995). 근육내 질소 축적과 단백질 합성이 증가하면 BUN의 함량이 감소한다고 하였는데(Enright 등, 1990) 본 실험에서는 전 처리구에서 성장에 따라 BUN 함량이 높아지는 경향을 보이고 있으나 시험 종료 시에는 대조구 및 항생제 첨가구(T1구 및 T2구)에 비하여 Acidomix[®] 첨가구(T3구 및 T4구)에서 낮은 경향으로 보이고 있어 Acidomix[®] 첨가로 체내 단백질 합성이 활발하게 일어나는 것으로 사료되며 Acidomix[®] 첨가구의 일당 증체량이 높은 것과 관련이 있는 것으로 보인다.

콜레스테롤은 성호르몬, 담즙산 및 체내 화합물에 존재하는 생명체에 필수적인 물질로 알려져 있으며 Baker 등(1984)은 혈중 콜레스테롤이 동맥경화증, 고혈압 등 심혈관계 질환을 유발하는 과유지질혈증의 주된 구성 물질로 특히 LDL-콜레스테롤이 주 원인물질이라고 하였다. 혈중 콜레스테롤 함량은 지방 대사를 평가할 수 있는데 나 등(1999)은 혈중 콜레스테롤 함량이 정상 범위 이하로 낮아지면 체내 지질대사 이상 및 간기능장애, 중독성 간염 또는 저 영양 공급, 빈혈 등의 지표가 되고 있다고 보고하였다. 본 실험 결과에서 혈중 콜레스테롤 함량은 성장이 진행되면서 높아지는 경향을 보였는데 3주차 및 6주차 검사에서 T4구는 각각 T1구 및 T2구에 비하여 유의하게 낮은 결과를 보였으며 전반적으로 Acidomix[®] 첨가구(T3구 및 T4구)가 대조구 및 항생제 첨가구(T1구 및 T2구)에 비하여 낮은 경향을 보였다.

Triglyceride는 탄수화물로부터 합성되는 중성 지방으로 간과 피하조직에 저장되는데 시험 종료시점의 혈중 triglyceride함량은 Acidomix[®] 첨가구(T3구 및 T4구) 및 CTC 100mg/kg 첨가구(T1구)가 대조구에 비하여 높은 경향을 보였으며 CTC와 Acidomix[®]를 함께 첨가구에서 유의하게 낮은 결과를 보였다.

혈중 Glucose는 탄수화물 대사의 최종 산물로 에너지를 공급하는 역할을 하며, 혈중 glucose 수준은 insulin의 동화작용과 glucagon, catecholamin과 glucocorticoids의 이화작용에 의하여 변화하는데 insulin과 glucagon은 서로 길항작용을 하며(Smith, 1989), 혈중 glucose의 증가는 간에서 당생산이 증가하고 있음을 의미하며 glucose의 감소는 지방 분해로 glucose

의 이용이 감소되기 때문인 것으로 알려져 있다(Brockman과 Berbman, 1975). 본 실험에서는 0주차, 3주차에 처리구간 유의한 차이를 보였으나 일정한 경향은 찾기 어려웠으며 각 개체간의 차이에서 나타난 결과로 사료된다. 혈액성상의 변화는 대체로 일정한 경향을 찾기는 어려웠으며 이는 개체간의 편차가 심한 것이 원인인 것으로 판단되며 추후 더 연구되어야 할 것으로 생각된다.

Table 5. Effect of organic acid and antibiotics on blood metabolites of growing pigs during experimental periods

| Week | Treatments | | | | | SEM ¹⁾ | P-value ²⁾ |
|------|--|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| | C* | T1* | T2* | T3* | T4* | | |
| | Glucose, mg/dl | | | | | | |
| 3rd | 108.2 ^{ab} | 100.4 ^b | 118.4 ^a | 108.2 ^{ab} | 119.2 ^a | 10.5183 | 0.0401 |
| 6th | 97.6 | 96.0 | 98.4 | 98.8 | 101.8 | 8.2786 | 0.8543 |
| | Albumin, g/dl | | | | | | |
| 3rd | 3.88 | 3.78 | 3.82 | 3.92 | 3.70 | 0.2115 | 0.5272 |
| 6th | 4.24 | 4.20 | 4.28 | 4.20 | 4.10 | 0.2406 | 0.8149 |
| | Blood urea nitrogen, mg/dl | | | | | | |
| 3rd | 16.84 | 15.28 | 17.88 | 14.60 | 15.70 | 4.0967 | 0.7322 |
| 6th | 21.84 ^a | 20.10 ^{ab} | 21.30 ^a | 18.56 ^{ab} | 16.58 ^b | 3.2561 | 0.0301 |
| | Triglyceride, mg/dl | | | | | | |
| 3rd | 47.0 | 56.2 | 51.8 | 45.4 | 43.2 | 13.2885 | 0.5556 |
| 6th | 53.0 ^{ab} | 66.2 ^a | 40.4 ^b | 58.8 ^a | 67.2 ^a | 12.1813 | 0.0183 |
| | Total cholesterol, mg/dl | | | | | | |
| 3rd | 92.0 ^{ab} | 97.8 ^a | 96.4 ^{ab} | 90.0 ^{ab} | 86.8 ^b | 7.2681 | 0.0418 |
| 6th | 97.0 ^{ab} | 101.8 ^{ab} | 107.6 ^a | 102.2 ^{ab} | 94.0 ^b | 8.5314 | 0.0331 |
| | Glutamic oxaloacetic transaminase, U/l | | | | | | |
| 3rd | 38.4 | 42.80 | 33.0 | 41.0 | 45.8 | 16.0538 | 0.7674 |
| 6th | 32.0 | 40.4 | 35.6 | 35.8 | 41.4 | 8.1908 | 0.3881 |
| | Glutamic pyruvic transaminase, U/l | | | | | | |
| 3rd | 43.0 | 54.6 | 49.8 | 45.8 | 50.4 | 11.2743 | 0.5515 |
| 6th | 44.0 | 59.4 | 53.4 | 50.8 | 51.4 | 12.6264 | 0.4564 |

* C: Control diet, T1: C+chlortetracycline 100mg/kg, T2: C+chlortetracycline 100mg/kg+Acidomix[®] 0.1%, T3: C+Acidomix[®] 0.1%, T4: C+Acidomix[®] 0.3%,

¹⁾ Standard error of the mean,

²⁾ p-value is significantly different among treatments at a level of <0.05.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 유기산제의 첨가가 대조구 혹은 항생제 첨가구 보다 육성전기 돼지에 있어서 일당증체량을 증가시키고 사료요구율은 낮아져 유기산제에 의한 돼지의 성장촉진 및 사료요구율의 개선효과가 나타남으로써 항생제의 대체 가능성을 시사하였다.

IV. 요약

본 시험은 돼지사료에 첨가하여 사용하던 항생제를 대체하기 위한 유기산제의 효과를 평가하기 위하여 생후 79일령, 32~33kg 범위의 일대 잡종(Large White × Landrace) 돼지 25두에 항생제 무첨가사료(대조구)와 대조구 사료에 각각 Chlortetracycline(CTC) 100mg/kg을 첨가한 사료(T1), CTC 100mg/kg과 Acidomix[®](formic acid 25%, sorbic acid 10%, fumaric acid 10%)를 0.1% 첨가한 사료(T2), Acidomix[®]를 0.1% 첨가한 사료(T3), Acidomix[®]를 0.3% 첨가한 사료(T4)의 5개 처리로 구분하여 급여한 다음 생산성과 혈액성상의 변화를 조사하였다.

시험 기간 동안 육성전기 돼지의 일당증체량은 생육이 진행됨에 따라 지속적으로 증가하였고 평균 일당증체량은 T4구 > T2구 > T1구 > T3구 > 대조구 순으로 낮아졌다. 특히 T4구가 대조구에 비하여 유의하게 높았고($p < 0.05$) 다음으로 CTC 또는 Acidomix[®]를 첨가한 모든 처리구가 대조구에 비하여 높았다. 사료요구율의 경우에도 생육이 진행됨에 따라 높아졌고 평균 사료요구율은 T4구 < T3구 < T2구 < T1구 < 대조구의 순서로 높아져 T4구와 T3구의 사료요구율이 낮았으나 통계적으로 유의한 차이는 나타내지 않았다. 사료 섭취량은 대조구 및 처리구 간에서 큰 차이를 보이지 않았다. 혈액내의 요소태 질소(BUN), cholesterol, triglyceride, total lipid 함량은 유의한 차이가 인정되었으나 비교적 정상 수치에 근접한 결과로 개체간의 차이로 판단되며 유기산 또는 항생제의 급여가 혈액성상에는 그다지 큰 영향을 미치지 않았다.

이상의 결과를 볼 때, 유기산제의 첨가가 대조구 혹은 항생제 첨가구 보다 육성전기 돼지에 있어서 일당증체량을 증가시키고 사료요구율은 낮아져 유기산제에 의한 돼지의 성장촉진 및 사료요구율의 개선효과가 나타남으로써 항생제의 대체 가능성을 시사하였다.

[논문접수일 : 2009. 5. 11. 논문수정일 : 2009. 5. 25. 최종논문접수일 : 2009. 6. 2.]

인용문헌

1. 김수기. 2005. 항생제 대체제의 개발 및 활용. 2005년도 동물자원연구센터 추계 학술심

- 포지움. 무항생제 축산물의 생산 기술과 전략, 47-72, 12월 9일. 서울: 건국대학교 새천년기념관 국제회의장.
2. 나기정·최인규·정의배. 1999. 잣나무지엽을 이용한 발효조사료가 한우의 성장에 미치는 영향. 한국임상수의학회지 16: 257-264.
 3. 박재홍·박강희·류경선. 2002. 유기산제와 효모배양물의 급여가 산란계의 생산성 및 계란품질에 미치는 영향. 한국가금학회지 29: 109-115.
 4. 송영민. 1995. Formic acid를 처리한 전지대두 첨가 급여가 이유 자돈의 성장에 미치는 영향. 한국국제농업기술학회지 7: 194-204.
 5. 정원덕·배수환·현영·손광수·한인규. 2000. 유기산제의 첨가가 조기이유자돈의 성장 및 영양소 소화율에 미치는 영향. 한국축산학회지 42: 55-64.
 6. AOAC. 1990. Official Methods of Analyses. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
 7. Baker, H. J., J. R. Lindsey, and S. H. Weisbroth. 1984. The laboratory rat. Academic Press. Inc., N.Y. 2: 123-131.
 8. Banwart, G. J. 1981. Basic food microbiology. AWI Publishing Co. p. 86.
 9. Baustad, B. 1993. Effects of formic acid on performance in growing pigs. Norwegian J. Agric. Sci. 7: 61-69.
 10. Brindsig, R. B., J. G. Janecke, and G. W. Bodoh. 1977. Influence of formaldehyde and propionic acid on composition and microflora of colostrum. J. Dairy Sci. 60: 63-72.
 11. Brockman, R. and E. N. Berbman. 1975. Effect of glucagon on plasma and glutamine metabolism and hepatic glucogenesis in sheep. Am. J. Physiol. 228: 1327-1331.
 12. Burnell, T. W., G. L. Gromwell, and T. S. Stahly. 1988. Effects of dried whey and copper sulfate on the growth responses to organic acid in diets for weanling pigs. J. Anim. Sci. 66: 1100-1107.
 13. Daniels, L. B., J. R. Hall, O. R. Hornsby, and J. A. Collins. 1997. Feeding naturally fermented, cultured, and direct acidified colostrum to dairy calves. J. Dairy Sci. 60: 992-996.
 14. Eckel, B., M. Kirchgessner, and F. X. Roth. 1992. Influence of formic acid on daily weight gain, feed intake, feed conversion rate and digestibility. 1. Investigations about the nutritive efficacy of organic acids in the rearing of piglets. J. Anim. Phys. & Anim. Nutr. 67: 93-100.
 15. Edmonds, M. S., O. A. Izquierdo, and D. H. Baker. 1985. Feed additives studies with newly weaned pigs; Efficacy of supplemental copper, antibiotics and organic acids. J. Anim. Sci. 60: 462-469.
 16. Eggum, B. O. 1970. Blood urea measurement as a technique for assessing protein quality.

- Br. J. Nutr. 24: 983-988.
17. Eidelsburger, U., F. X. Roth, and M. Kirchgessner. 1992. Influence of formic acid, calcium formate and sodium hydrogen carbonate on daily weight gain, feed intake, feed conversion rate and digestibility. 7. Investigations about the nutritive efficacy of organic acids in rearing of piglets. *J. Anim. Phys. & Anim. Nutr.* 67: 258-267.
 18. Enright, W. J., J. F. Quirke, P. D. Gluckman, B. H. Breier, L. G. Kennedy, L. C. Hart, J. F. Roche, A. Coert, and P. Allen. 1990. Effects of long-term administration of pituitary-derived bovine growth hormone and estradiol on growth in steers. *J. Anim. Sci.* 68: 2345-2356.
 19. Falkowski, J. F. and F. X. Aherne. 1984. Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition. *J. Anim. Sci.* 58: 935-938.
 20. Giesting, D. W. and R. A. Easter. 1985. Response of starter pigs to supplementation of corn-soybean meal diets with organic acid. *J. Anim. Sci.* 60: 1288-1294.
 21. Hahn, J. D., Biehl and D. H. Baker. 1995. Ideal digestible lysine level for early- and late finishing swine. *J. Anim. Sci.* 73: 773-784.
 22. Kemp, G. and J. Kiser. 1970. Microbial resistance and public health aspects of use of medicated feeds. *J. Anim. Sci.* 31: 1107-1109.
 23. Manners, M. S. 1976. The Development of digestive function in the pigs. *Proc. Nutr. Soc.* 35: 49-55.
 24. Muller, L. D., F. C. Ludens, and J. A. Rook. 1976. Performances of calves fed fermented colostrum or colostrum with additives during warm ambient temperatures. *J. Dairy Sci.* 59: 930-935.
 25. Otterby, D. E., D. G. Johnson, J. A. Foley, D. S. Tomsche, R. G. Lundquist, and P. J. Hanson. 1980. Fermented or chemically-treated colostrum and nonsalable milk in feeding programs for calves. *J. Dairy Sci.* 63: 951-958.
 26. Polzin, H. W., D. E. Otterby, and D. G. Johnson. 1977. Responses of calves fed fermented or acidified colostrum. *J. Dairy Sci.* 60: 224-234.
 27. Radecki S. V., M. R. Juhl, and E. R. Miller. 1988. Fumaric and citric acids as feed additives in starter pig diets: Effect on performance and nutrient balance. *J. Anim. Sci.*, 66: 2598-2605.
 28. Risley, C. R., E. T. Kornegay, M. D. Lindemann, C. M. Wood, and W. N. Eigel. 1992. Effect of feeding organic acids on selected intestinal content measurements at varying times postweaning in pigs. *J. Anim. Sci.* 70: 196-206.
 29. Roe, A. J., MaLaggan, I. Davidson, C. O'Byrne, and I. R. Booth. 1998. Perturbation of

- anion balance during inhibition of growth of *Escherichia coli* by weak acids. J. Bacteriol. 180: 767-772.
30. SAS. 2005. Statistical Analysis System ver. 8.01. SAS Institute Inc., Cary, NC.
 31. Scipioni, R., G. Zaghini, and A. Biavati. 1978. Acidified diets in early weaning piglets. Zootechnica Nutrition Animal, 4: 201-208.
 32. Smith, R. H. 1989. Nitrogen metabolism in the ruminants stomach. In protein metabolism in farm animals(Bock, H. D., Eggum, B. O., Low, A. G., Simon, O. & Zebrowska, E. D. S.). Oxford University Press Oxford p. 165.