항생제 대체제로서 생균제가 이유자돈의 성장능력 및 영양소 이용률, 설사 빈도, 면역 반응에 미치는 영향

장영달 · 오희경 · 박용국 · 최현봉 · 윤진현 · 김유용

서울대학교 농업생명과학대학 농생명공학부, 서울대학교 농업생명과학연구원

Evaluation of Probiotics as an Alternative to Antibiotic on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Occurrence of Diarrhea and Immune Response in Weaning Pigs

Young Dal Jang, Hee Kyung Oh, Long Guo Piao, Hyun Bong Choi, Jin Hyeon Yun and Yoo Yong Kim

School of Agricultural Biotechnology, Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effects of probiotics supplementation on growth performance, nutrient digestibility, occurrence of diarrhea and immune response in weaning pigs. Treatments were 1) NC (basal diet), 2) PC (basal diet + 0.12% avilamycin) and 3) A (basal diet + 0.2% *Aspergillus oryzae*), 4) B (basal diet + 0.2% *Lactobacillus casei*), 5) C (basal diet + 0.2% *Bacillus subtilis*), 6) D (basal diet + 0.2% *Lactobacillus crispatus*). A total of 120 pigs (7.16 ± 0.01 kg average body weight, weaned at 23 ± 3 days of age) were assigned to 6 treatments, 5 replicates and 4 pigs per pen in a randomized complete block (RCB) design. During the whole experimental period, body weight ($P < 0.01$), average daily gain (ADG; $P < 0.01$), and average daily feed intake (ADFI; $P < 0.05$) of treatment PC were higher than other treatments. However, the probiotics treatments tended to increase ADG and G:F ratio compared to treatment NC. The G:F ratio in treatment A (*Aspergillus oryzae*) was similar to treatment PC during the whole experimental period ($P < 0.05$). The supplementation of probiotics in the diet of weaning pig did not change nutrient digestibility (dry matter, crude protein, crude fat and ash) and nitrogen retention of weaning pigs. In blood urea nitrogen (BUN) concentration, treatment B had lower value than other treatments at 2 and 4 weeks ($P < 0.05$). Treatments PC and C tended to decrease diarrhea score than other treatments ($P = 0.18$). At 3h after lipopolysaccharide (LPS) injection, treatments NC and PC had higher count of CD4⁺ T-cells than probiotics treatments, and treatment C showed the lowest value ($P < 0.01$). There were no differences on count of CD8⁺ T-cells and CD4⁺:CD8⁺ ratio among all treatments ($P > 0.10$). These results suggest that the dietary probiotics are likely able to improve the growth performance, occurrence of diarrhea and immune response although they do not have similar effects like antibiotics in weaning pigs.

(**Key words** : Probiotics, Weaning Pigs, Growth Performance, Diarrhea, Immune)

I. 서 론

현재 양돈 산업은 2006년 말부터 이어진 국제 원료 사료가격의 상승, 축산물의 수입개방에 의한 경쟁력 하락, 분뇨 발생 및 발생한 분뇨의 처리와 악취 문제, 4P라고 일컬어지는 PRRS, PRDC, PMWS, PED와 같은 질병의 만연과 돼지의 폐사율 상승 등 많은 문제로 인해 매우 어려운 실정이다. 특히 폐사율 상승은 높은 가격의 사료와 노동력, 기반 시설 등을 투자해 생산된 돼지에 대한 농가의 이익을 감소시키고 생산비의 상승을 야기시키기 때문에, 많은 양돈장들이 심각한 경제적 피해를 입고 있다. 현재 국내 양돈 농가의 평균 폐사율이 12.9% (2007년)에 이르기 때문에, 폐사율을 줄이는 것은 국내 양돈농가들의 수익성 개선은 물론

생산성 향상을 통한 국내 양돈산업의 경쟁력 확보를 위해 매우 중요한 과제이다. 양돈 폐사율을 줄이기 위한 노력의 일환으로 육성돈 사료까지는 항생제가 함유되었음에도 불구하고 일부 양돈농가에서는 농장에서 직접 항생제를 양돈사료에 첨가하고 있는 실정이다.

항생제는 지난 반세기 동안 가축사육에 있어서 널리 이용되어 왔는데, 질병치료의 목적 이외에 동물의 성장촉진용으로도 사료에 첨가되어 왔다. 그러나 국내 양돈장에는 항생제를 꾸준히 사용함에도 불구하고 다양한 질병들이 감소하지 않고 있다. 또한 가축용 항생제는 축산물 내에 항생제의 잔류 및 항생제 내성의 증가로 더 이상 가축 성장 촉진을 위한 신비의 물질이 아닌 인체에 심각한 유해를 가할 수 있는 물질로

인식된 상태이다. 따라서 전 세계적으로 항생제 사용을 제한하는 추세이며, 축산물에 대한 항생제 잔류 검사도 강화되고 있다. 특히 국내에서도 지금까지 사용이 허용되었던 25종의 사료용 항생제 중에서 tetracycline 계열 및 인수공통항생제 7종을 2009년 1월부터 금지하였으며, 이후에도 사료용 항생제의 사용을 규제하는 방향으로 정부의 정책이 예정되어 있다. 이러한 항생제 사용의 제한 및 금지 조치에 따라 항생제의 사용이 줄어들게 되면서 동물의 생산성을 향상시킬 수 있는 여러 가지 항생제 대체 물질들의 연구개발이 활발하게 이루어지고 있다.

항생제 대체 물질 중 가장 각광받고 있는 생균제(probiotics)는 ‘숙주의 장내 미생물 군총의 균형을 유지시킴으로써 숙주 동물에게 이로운 영향을 미칠 수 있는 살아있는 미생물 사료 첨가제’(Fuller, 1989)로 정의하며 일부에서는 DFM(direct fed microorganisms)이라고도 불리고 있다. 우리나라에서 보편적으로 많이 사용되는 사료용 생균제 균주들로는 *Lactobacillus spp.*, *Bifidobacterium spp.*, *Bacillus spp.*, *Sterptococcus spp.* 등이 있다.

이유 자돈은 이유시 심각한 스트레스에 직면하게 되는데, 특히 사료와 환경의 급격한 변화 등으로 인해 성장정체현상을 보이며, 심각한 설사와 함께 폐사까지 이르게 된다. 이때 자돈 사료에 생균제의 첨가는 이유 자돈의 설사를 예방하는 효과가 있으며(Männer과 Spieler, 1997; Kyriakis 등, 1999), 자돈의 성장을 촉진시키는 효과가 있다고 보고되고 있다(길 등, 2004). 성장 증진 효과 이외에도 장내 미생물 군총의 개선(Havenaar과 Huis in't Veld, 1992), 영양소 이용률의 향상(Tkachev와 Gvyzin, 1995; 길 등, 2004), 면역 능력의 향상(Dugas 등, 1999) 등에도 효과가 있는 것으로 보고되고 있다.

현재 국내에서도 다양한 생균제가 개발, 보급되어 사용되고 있는데, 사료회사 뿐만 아니라 일반 양돈농가에서 사용하고 있는 생균제의 종류 및 첨가 수준도 매우 다양한 실정이다. 또한 현재 시판되고 있는 미생물의 작용 기전이 각각 달라 효과적인 생균제에 대한 정확한 사용 지침이 없다. 특히 시중에서 판매되는 생균제들의 효능은 각각의 제조사에서 자체 검증에 근거하여 자료를 제시하기 때문에 이는 객관적으로 검증된 시험결과라고 할 수 없다.

따라서 본 실험은 국내에서 유통되는 제품들 중에서 많이 사용되는 생균제들을 선발하여 이유자돈에게 급여하고, 이유자돈의 성장 능력, 영양소 이용률, 면역 능력 및 설사 발생 빈도에 대한 조사를 통해 생균제의 항생제 대체제로서의 효과를 검증하기 위해 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 시험 동물 및 실험 설계

시험동물은 평균체중 7.16 ± 0.01 kg인 삼원교잡종([Landrace × Yorkshire] × Duroc) 120두를 공시하였으며, 서울대학교 부속 실험목장에서 5주 동안 사양실험이 수행되었다. 전체 6처리, 5반복으로 돈방당 4두씩 성별과 체중에 따라 난괴법(RCBD; randomized complete block design)으로 배치하였다. 처리구는 1) NC: 생균제 및 항생제 무첨가, 2) PC: 항생제 0.12% 첨가(Avilamycin), 생균제 첨가구는 생균제의 종류와 주 군중에 따라 3) 생균제 A: *Aspergillus oryzae*, 4) 생균제 B: *Lactobacillus casei*, 5) 생균제 C: *Bacillus subtilis*, 6) 생균제 D: *Lactobacillus crispatus* 첨가구였다. 본 실험에서는 NC 및 PC 처리구를 제외한 모든 처리구에 생균제를 각각 0.2%씩 첨가하였으며, 사양 시기에 따라 0에서 1주까지의 phase I, 1에서 3주까지의 phase II, 3에서 5주까지의 phase III로 나누어 각각의 기초사료에 첨가하였다.

2. 사양 실험 및 사료

이유자돈([Landrace × Yorkshire] × Duroc) 120두를 체중과 성별을 고려하여 처리별로 공시한 후 실험을 실시하는 동안 물과 사료는 자유채식(ad libitum)을 하도록 하였다. 사양실험에 사용된 이유자돈은 암, 수를 동일 비율로, 돈방당 4두씩 공시하였다. 사양실험은 0.90×2.15 m² 크기의 슬롯-콘크리트 바닥에서 실시되었다. 실험 개시 시 혈중 요소태 질소(BUN; blood urea nitrogen) 농도 측정을 위하여 임의적으로 10두를 채혈하였으며, 사료섭취량 및 체중을 매주 측정하여 일당증체량(ADG), 일당사료섭취량(ADFI) 및 사료효율(G:F ratio)을 계산하였다. 또한 각 성장 단계별 체중 측정 시 혈중 요소태 질소 농도를 측정하기 위해 처리별로 6두씩 총 36두의 혈액을 채취하였다. Phase I 실험사료의 대사에너지는 3265.25 kcal/kg, 조단백질은 23.0%, 라이신은 1.35%로 맞추어 배합하였으며, phase II 실험사료의 대사에너지는 3265.75 kcal/kg, 조단백질은 21.00%, 라이신은 1.20%로 맞추어 배합하였으며, phase III 실험사료의 대사에너지는 3265.13 kcal/kg, 조단백질은 19.00%, 라이신은 1.05%로 각각 맞추어 배합하였다. 실험사료 내 다른 영양소함량은 NRC(1998)의 요구수준과 같거나 높게 배합하였다. 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 Table 1에 제시된 바와 같다.

3. 영양소 소화율 시험

영양소 소화율 시험을 위하여 6처리 3반복 총 18두(평균체중, 9.17 kg $\pm$ 0.94)의 삼원교잡종([Landrace × Yorkshire] × Duroc) 이유자돈을 공시하여 처리구에 따라 완전임의배치법(CRD; completely randomized design)으로 대사틀에 1마리씩 수용하였다. 소화율 시험은 전

분쇄취법으로 진행되었으며, 적응기 7일을 거친 후에 5일간의 본 실험으로, 총 12일 동안 phase II 시기에 시행하였다. 본 실험기 5일 동안 하루에 한 번씩 동일한 시간에 분과 뇨를 채취하였고, 실험 사료 90 g을 하루에 두 번씩 (08:00 및 20:00) 제한급이 하였으며, 물은 자유급이 하였다. 본 실험 기간 중 채취된 분은 플라스틱 백에 넣어 냉동 보관 (-20°C)하였다. 분은 건조기에서 60°C , 72시간 동안 건조 후 1 mm 직경의 Wiley mill을 이용하여 분쇄하였다. 뇨는 10% H_2SO_4 50 ml을 미리 부어 놓은 플라스틱 통에 매일 채취 하였으며, glass wool을 통하여 이물질질을 걸러낸 후 뇨의 총량을 측정하고 즉시 냉동 보관 (-20°C)하였으며, 질소 이용률 분석을 위해 사용되었다. 사료와 분, 뇨 샘플

은 일정량을 채취하여 일반성분 (건물, 조단백질, 조지방, 조회분)을 AOAC (1995)의 방법에 따라 분석하였고, 영양소 소화율과 질소 이용률을 계산하였다.

4. 면역 시험

생균제의 첨가가 이유자돈의 면역반응에 미치는 영향을 알아보기 위하여 21 ± 3 일령에 이유한 평균체중 6.36 ± 0.14 kg의 이유 자돈 24두를 공시하고 처리당 4두씩을 완전임의배치법에 의해 배치하여 실험 사료를 급여하였다. 2주 후에 모든 자돈으로부터 혈액을 채취한 후 LPS (Lipopolysaccharide *Escherichia coli* serotype 0111:B4; Sigma L-2630)를 복강에 주입하여 면역반응

Table 1. Formulas and chemical compositions of experimental diets

Ingredients	Phase I (0~1 주)			Phase II (1~3주)			Phase III (3~5 주)		
	NC ¹⁾	PC	Probiotics	NC ¹⁾	PC	Probiotics	NC ¹⁾	PC	Probiotics
Corn	41.20	40.91	40.71	52.58	52.33	52.04	70.76	70.46	70.28
SBM-44	25.33	25.38	25.42	26.51	26.47	26.80	17.62	17.68	17.70
Soy protein-K	12.48	12.48	12.48	7.95	8.00	7.80	8.84	8.84	8.84
DSM	1.40	1.40	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lactose	16.02	16.02	16.02	9.46	9.46	9.46	0.00	0.00	0.00
Soy oil	0.53	0.65	0.73	0.54	0.66	0.74	0.02	0.14	0.22
MCP	1.18	1.18	1.18	1.16	1.16	1.16	1.00	1.00	1.00
Limestone	1.16	1.16	1.16	1.14	1.14	1.14	1.12	1.12	1.12
L-Lysine HCl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02
DL-Met	0.08	0.08	0.08	0.04	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00
Vit. Mix ²⁾	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Min. Mix ³⁾	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
ZnO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Choline-Cl	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Antibiotics ⁴⁾	0.00	0.12	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.12	0.00
Probiotics	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition ⁵⁾									
ME (kcal/kg)	3265.25	3265.35	3265.34	3265.75	3265.91	3265.83	3265.13	3265.23	3265.22
CP (%)	23.00	23.00	23.00	21.00	21.00	21.00	19.00	19.00	19.00
Lys (%)	1.36	1.36	1.36	1.19	1.19	1.19	1.05	1.05	1.05
Met (%)	0.44	0.44	0.44	0.37	0.37	0.37	0.34	0.34	0.34
Ca (%)	0.80	0.80	0.80	0.75	0.75	0.75	0.70	0.70	0.70
Total P (%)	0.65	0.65	0.65	0.63	0.63	0.63	0.60	0.60	0.60

¹⁾ NC (basal diet), PC (basal + 0.12% avilamycin), Probiotics-A(basal + 0.2% *Aspergillus oryzae*), B(basal + 0.2% *Lactobacillus casei*), C (basal + 0.2% *Bacillus subtilis*), D (basal + 0.2% *Lactobacillus crispatus*)

²⁾ Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000 IU; vitamin D₃, 1,600 IU; vitamin E, 32 IU; d-biotin, 64 g; riboflavin, 3.2 mg; calcium pantothenic acid, 8 mg; niacin, 16 mg; vitamin B₁₂, 12 g; vitamin K, 2.4 mg.

³⁾ Provided the following per kilogram of diet : Se, 0.1 mg; I, 0.3 mg; Mn, 24.8 mg; CuSO₄ 54.1 mg; Fe, 127.3 mg; Zn, 84.7 mg; Co, 0.3 mg.

⁴⁾ Avilamycin (10 mg/kg) was added for diets.

⁵⁾ Calculated value.

을 유도하였다(평균체중 6.59 ± 0.11 kg). LPS의 주입량은 체중 kg 당 $60 \mu\text{g}$ 이었으며, 주입 후 3 시간 뒤 EDTA tube에 혈액을 채취하여 CD4^+ T-cell과 CD8^+ T-cell 수를 fluorescence cytometry (BD FACS Calibur, BD Science, USA)를 이용하여 분석하였다.

5. 설사 빈도

설사빈도는 모든 실험돈들을 대상으로 돼지에 대한 설사 발생량을 점수화하여 측정하였다. 설사빈도는 한 돈방을 기준으로 0점(설사돈 없음) ~ 4점(4마리 모두 설사)까지 부여하였다. 설사 빈도는 오전 8시와 오후 8시, 일 2회 측정하는 것으로 하여, phase II(1~3주) 기간의 총 13일간 실험을 실시하였으며, 1일 2회 측정된 점수를 13일간 누적하여 총점을 부여하고, 이 점수의 평균으로 설사 빈도를 최종 결정하였다.

6. 화학분석 및 통계분석

실험사료의 일반성분(건물, 수분, 조단백질, 조지방, 조회분) 분석은 AOAC (1995)의 방법에 따라 실시하였다. 통계분석은 SAS (2005)의 일반 선형 모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료의 유의성 검정을 실시하였으며, 최소 유의차(LSD) 다중검정법에 의해 처리간 결과를 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 사양성적(growth performance)

이유자돈 사료에 생균제의 첨가가 이유자돈의 성장 성적에 미치는 영향에 대해 Table 2에 나타내었다. 사양 실험은 3개의 사양 단계(phase)로 진행되었다. 단계별 사양 성적에 대해 살펴보면, phase I(0~1주)에서는 체중 및 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료 효율에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 이유 후 첫 주에는 액상 모유에서 고형 사료로의 사료 전환과 더불어 수송 스트레스와 사육 환경의 변화로 인해 성장 정체 현상이 발생하게 되는데, 본 실험에서도 성장 정체 현상이 일정 부분 나타났다. 비록 유의적인 차이가 나타나지는 않았지만 항생제 첨가구(PC)가 다른 처리구에 비해 체중, 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율이 높은 경향을 보였으며, 또한 이후의 성장에 영향을 미친 것으로 사료된다.

Phase II(1~3주)의 사양 성적 결과에서도 체중($P<0.01$), 일당증체량($P<0.01$), 일당사료섭취량($P<0.01$)에서 항생제 첨가구(PC)가 다른 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 사료 효율은 항생제 첨가구

(PC)에 뒤이어 생균제 A와 B 첨가구가 높은 경향이 나타났다($P=0.06$).

Phase III(3~5주)의 사양 성적을 보면 다른 처리구에 비하여 항생제 첨가구(PC)의 체중이 유의적으로 높게 나타났다($P<0.01$). 또한 일당증체량에서도 항생제 첨가구(PC)가 가장 높은 결과를 보였다($P<0.01$).

전 시험기간(0~5주) 동안의 사양 성적 결과를 보면, 항생제 첨가구(PC)의 체중($P<0.01$) 및 일당증체량($P<0.01$), 일당사료섭취량($P<0.05$), 사료효율($P<0.05$)에서 항생제 첨가구(PC)가 다른 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 그러나 생균제 A 첨가구의 사료 효율이 항생제 첨가구(PC)와 유의적인 차이를 나타내지 않았다($P<0.05$). 이 결과를 종합하여 보면, 이유자돈 사료에 생균제의 첨가가 항생제의 첨가에 비해 성장 성적에서 뚜렷한 개선효과를 보이지 않는다는 것을 나타낸다. 그러나 전 시험 기간에 걸쳐 항생제 첨가구(PC)를 제외하고 비교하였을 때, 비록 유의적인 차이는 발생하지 않았지만 생균제 첨가구가 항생제 무첨가구(NC)에 비해 일당증체량이 약 4%, 사료 효율이 약 6% 정도 개선되는 경향을 보였다. 이는 생균제의 첨가가 항생제 첨가 효과에는 미치지 못하지만 항생제 대체제로서 그 가능성을 보인 것이라고 하겠다. 또한 생균제 A 첨가구는 0~5 주차의 사료효율($P<0.05$)에서, 생균제 A와 B 첨가구는 1~3 주차의 사료 효율($P=0.06$)에서 항생제 첨가구(PC)와 유의적으로 차이를 나타내지 않았으며, 항생제 대체제로서 이유자돈의 성장 개선 효과에 미치는 영향이 가장 높다고 할 수 있다. 지금까지 이유 자돈 사료에 생균제의 첨가가 성장 개선 효과를 나타냈다는 다양한 연구 결과가 보고되었다(Pollman 등, 1980; Cho 등, 1992; Kyriakis 등, 1999). 또한 임 등(2004)은 이유자돈 사료 내 *Aspergillus oryzae*의 0.2% 첨가가 이유자돈의 성장 및 사료효율을 개선시켰다고 보고하였다. 또한 *Lactobacillus casei*의 첨가 및 *Bacillus spp.*의 첨가가 이유자돈의 성장 성적을 개선시킨다는 연구 결과도 보고되었다(Cho 등, 1992; Adami와 Cavazzoni, 1999). 이와는 반대로 생균제의 첨가가 이유자돈의 성장 능력 개선에 유의적인 영향을 미치지 않는다는 연구 결과도 보고되었다(Hale와 Newton, 1979; Kornegay 등, 1990; Gardiner 등, 1999). 현재 생균제의 작용 기작은 다양하게 밝혀져 왔지만 일관된 개선효과가 나타나지 않고 있다. 본 실험에서는 항생제 첨가구에 비해서 성장 능력이 개선되지는 않았지만, 항생제 무첨가구에 비해서 생균제 B 첨가구가 일관된 개선 효과의 경향을 보이고 있다.

2. 영양소 소화율 및 질소 축적율(nutrients digestibility and nitrogen retention)

Table 3에서는 생균제의 첨가가 이유자돈의 영양소

Table 3. Effect of probiotics supplementation on nutrient digestibility in weaning pigs¹⁾

Criteria	NC ²⁾	PC	A	B	C	D	SEM ³⁾
Nutrient digestibility (%)							
Dry matter	91.63	91.91	91.26	89.91	92.78	91.56	0.43
Crude protein	88.42	90.70	87.17	86.26	90.56	88.42	0.64
Crude ash	58.74	61.47	58.12	52.21	62.50	58.57	1.79
Crude fat	75.80	76.42	68.33	69.32	75.42	77.14	1.36
Nitrogen retention(g/day)							
N-intake	5.58	5.55	5.57	5.58	5.58	5.53	—
N-Feces	0.65	0.52	0.71	0.77	0.53	0.64	0.04
N-urine	1.80	2.08	1.33	1.43	1.84	1.82	0.08
N-retention ⁴⁾	3.14	2.96	3.53	3.39	3.22	3.0	0.07

¹⁾ Eighteen piglets were used from an average initial body weight of 9.17±0.1kg

²⁾ NC (basal diet), PC(basal + 0.12% avilamycin), A(basal + 0.2% *Aspergillus oryzae*), B(basal + 0.2% *Lactobacillus casei*), C (basal + 0.2% *Bacillus subtilis*), D (basal + 0.2% *Lactobacillus crispatus*)

³⁾ Pooled standard error.

⁴⁾ N retention = N intake (g)- Fecal N (g)- Urinary N (g).

소화율(건물, 조단백질, 조지방, 조회분)에 미치는 영향에 대해 나타내었다. Table 3에서와 같이 이유자돈 사료에 생균제의 첨가가 건물, 조단백질, 조지방, 조회분 소화율에 어떠한 영향도 미치지 않았다($P>0.10$). 영양소 소화율에서 유의적인 개선효과가 나타나지 않은 이유는 생균제가 소화가 일어나는 위나 소장에서 주로 작용하는 것이 아니라, 숙주의 장내 미생물 균총을 이루고 있는 대장에서 주로 작용하기 때문이다. 이는 비육돈이나 모돈과는 달리 이유자돈은 소화기관의 발달이 충분하지 않아 대장에서의 미생물발효가 충분히 일어나지 않는 생리적인 이유로 설명될 수 있겠다. 또한 질소 축적율에서도 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P>0.10$). 따라서 생균제가 이유자돈의 영양소 소화율과 질소 축적율에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 이전의 연구 결과에서도 마찬가지로 생균제의 첨가가 이유자돈의 영양소 소화율에 유의적인 영향을 미치지 않았다고 보고된 바 있다(Kornegay 등, 1995; Breves, 2000; Xuan 등, 2001). 그러나 Tkachev와 Gvyzin(1995)는 *Lactobacillus acidophilus*의 첨가가 자돈의 소화기관 활성을 개선하는 효과가 있다고 보고하였으며, 길 등(2004)은 이유자돈 사료에 생균제 첨가는 건물, 조단백질, 조지방의 소화율을 개선하였다고 보고하였지만, 생균제의 첨가효과를 보려면 최소한 7주정도의 급여기간이 필요하다고 하였다. 따라서 본 실험에서의 생균제 첨가 기간 5주는 이유자돈의 영양소 소화율에 유의적인 개선효과를 가져오기에는 충분하지 않았던 것으로 사료된다.

3. 혈중 요소태 질소(blood urea nitrogen)

이유자돈 사료 내 생균제의 첨가가 혈중 요소태 질소(BUN) 농도에 미치는 영향은 Fig. 1에 나타나 있다. 본 실험에서는 2주차 및 4주차의 혈중 요소태 질소 농도에서 유의적인 차이가 나타났다($P<0.05$). 2주차 혈중 요소태 질소 농도 결과를 살펴보면 생균제 B 첨가구가 다른 처리구에 비해 혈중 요소태 질소 농도가 가장 낮게 나타났다. 또한 4 주차 혈중 요소태 질소 농도 결과를 살펴보면 항생제 첨가구(PC)와 생균제 B 첨가구가 각각 12.9 mg/dl과 12.5 mg/dl로 가장 낮게 나타났다(Fig. 1). 일반적으로 혈중 요소태 질소는 단백질 섭취량과 섭취한 단백질의 품질과 직접적으로 연관되어 있으며, 체내의 식이 아미노산 균형과 부의 상관관계(negative correlation)를 갖는다(Bergner, 1977; Hahn 등, 1995). 따라서 혈중 요소태 질소는 돼지의 아미노산 이용 효율에 대한 대표적인 평가 지표이며, 동물의 단백질 요구량이나 단일 아미노산 요구량을 결정하는 반응지표로써 사용되어 왔다(Hatori 등, 1994; Coma 등 1995; Cai 등, 1996). 또한 돼지의 혈중 요소태 질소는 섭취한 질소의 체내 유지에 관여하며(Whang와 Easter, 2000), 일당증체량 및 사료효율과 부의 상관관계를 갖는다(Hahn 등, 1995). 따라서 이 결과는 항생제 첨가구(PC)와 생균제 B 첨가구의 아미노산 이용률이 가장 높다는 것을 나타내며, 항생제 첨가구(PC)와 생균제 B 첨가구의 사양 성적이 다른 처리구에 비해 높은 것과도 일치하는 결과이다. 본 실험에서는 혈중 요소태 질소의 농도에 대한 생균제의 첨가 효과가 뚜렷한 유의차를 나타내지는 않았지만, 위에서 기술한대로 생균제 B 처리구에서 혈중 요소태 질소 농도가 개선되는 경향을 보였다.

Fig. 1. Effect of probiotics supplementation on blood urea nitrogen (BUN) in weaning pigs(□ : Values within same rows with different superscript are significantly different($p < 0.05$)).

4. 설사 빈도 (occurrence of diarrhea)

Table 4에 이유자돈 사료에 항생제 대체제인 생균제의 첨가가 이유자돈의 설사 발생 빈도에 미치는 영향에 대해 나타내었다. Table 4에 나타난 바와 같이 항생제 첨가구(PC)에서 설사 발생 빈도가 낮게 나타났으며, 생균제 C 첨가구에서 그 다음으로 낮은 수치를 보였다($P=0.18$). 이는 사양 성적의 결과 중 항생제 첨가구(PC)의 성장 능력이 가장 높은 것을 뒷받침한다. 그러나 생균제 첨가구에서는 사양 성적에 비견되는 일관된 결과가 나타나지 않았다. *Lactobacillus casei*, *Bacillus cereus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis* 등 다양한 생균제는 일반적으로 대장에서 작용하여 장내 미생물 균총을 유익균이 우점하도록 하며 안정화 시키는 기능을 함으로써 이유자돈의 설사 발생을 감소시키는 것으로 알려져 있다(Cho 등, 1992; Bonomi, 1992; Zani 등, 1998). 그러나 본 실험에서는 생균제의 첨가가 설사 발생 빈도에 유의적인 영향을 끼치지 않았으며, 이는 Quintero Moreno 등(1996)의 결과와 비슷한 경향을 보인다.

5. 면역 반응 (Immune response)

Table 5에 이유자돈 사료에 항생제 대체제인 생균제의 첨가가 이유자돈의 면역 반응에 미치는 영향에 대해 나타내었다. $CD4^+$ T-cell은 Helper T-cell로써 항원의 인지 및 epitope의 전달, 그리고 항체와 $CD8^+$ T-cell의 생성에 보조인자로 작용하며, $CD8^+$ T-cell은 cytotoxic T-cell로써 감염된 암세포의 제거나 바이러스 및 병원균에 감염된 세포를 직접 제거하는 역할을 한다. 본 실험 결과를 살펴보면 $CD4^+$ T-cell 수는 생균제 C 첨가구에서 다른 처리구에 비해 가장 낮게 나타났다($P < 0.01$). 또한 항생제 무첨가구(NC)와 항생제 첨가구(PC)에서는 $CD4^+$ T-cell의 수가 생균제 첨가구에 비해 높았으며($P < 0.01$), $CD8^+$ T-cell 수와 $CD4^+$: $CD8^+$ 비율의 경우에는 모든 처리구에서 유의적인 차이가 발생하지 않았다($P > 0.10$). 본 실험 결과, 생균제 첨가구에서 $CD4^+$ T-cell의 수가 감소하였지만, $CD8^+$ T-cell과 $CD4^+$: $CD8^+$ 의 비율은 유의적인 차이가 발생하지 않았는데 이는 *L. rhamnonus*, *L. acidophilus*, *Bifidobacterium-lactics*의 mouse사료 내 첨가가 혈액

Table 4. Effect of probiotics supplementation on diarrhea occurrence in weaning pigs

Criteria	NC ²⁾	PC	A	B	C	D	SEM ³⁾
Diarrhea score ¹⁾	15.8	8.0	14.8	16.5	10.5	15.5	1.15

¹⁾ Diarrhea score : 0(no occurrence) to 4(diarrhea on all pigs); Data were measured by average total diarrhea score during 13 days of phase II (1 to 3 weeks) period.

²⁾ NC (basal diet), PC(basal + 0.12% avilamycin), A(basal + 0.2% *Aspergillus oryzae*), B(basal + 0.2% *Lactobacillus casei*), C (basal + 0.2% *Bacillus subtilis*), D (basal + 0.2% *Lactobacillus crispatus*)

³⁾ Standard error of means.

Table 5. Effect of probiotics supplementation on immune response in weaning pigs¹⁾

Criteria	NC ²⁾	PC	A	B	C	D	SEM ³⁾
CD4 ⁺ T-cell*	1026.7 ^a	1075.7 ^a	906.0 ^{ab}	758.0 ^{ab}	421.0 ^b	758.0 ^{ab}	86.57
CD8 ⁺ T-cell*	981.7	1089.7	591.3	798.3	1115.0	1284.0	88.36
CD4 ⁺ : CD8 ⁺ ratio	1.13	1.11	1.53	1.25	0.38	0.48	0.17

¹⁾ A total of 24 crossbred pigs was fed from average initial body weight 6.59 ± 0.11 kg

²⁾ NC (basal diet), PC(basal + 0.12% avilamycin), A(basal + 0.2% *Aspergillus oryzae*), B(basal + 0.2% *Lactobacillus casei*), C (basal + 0.2% *Bacillus subtilis*), D (basal + 0.2% *Lactobacillus crispatus*)

³⁾ Standard error of means.

⁴⁾ a,b Values within same rows with different superscript are significantly different ($p < 0.01$)

* Number of T-cell

내 다른 면역적 지표에는 면역 자극 효과를 보였지만 CD4⁺ T-cell의 수, CD8⁺ T-cell의 수, CD4⁺ : CD8⁺의 비율에는 유의적인 개선 효과를 보이지 않았다는 Perdigón 등 (2001)의 결과와 일치한다. 아직 면역력에 대한 개선 효과가 뚜렷하게 검증되어 있지 않지만, 이유자돈 사료 내 생균제의 첨가가 숙주의 면역 장애 및 질병을 예방할 수 있을 것이라는 다양한 연구 결과가 보고되고 있다.

IV. 요약

본 실험은 이유자돈 120두를 이용하여 생균제의 첨가가 이유자돈의 성장 능력, 영양소 소화율, 혈중 요소태 질소, 설사 빈도, 면역 반응에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 이유자돈 사료에 항생제 대체제인 생균제의 첨가는 전 사양 기간에 걸쳐 사양 성적이 항생제 첨가구(PC)에 비해 유의적으로 낮게 나타났다. 항생제 첨가구(PC)를 제외하고 비교하였을 때에는 비록 유의적인 차이는 발생하지 않았지만 생균제 첨가구가 항생제 무첨가구(NC)에 비해 일당증체량, 사료 효율에서 높은 경향을 보였으며, 이는 항생제 첨가 효과에는 미치지 못하지만 항생제 대체제로서 그 가능성을 보인 것이라고 하겠다. 특히 생균제 A 첨가구는 0-5 주차 사료 효율($P < 0.05$)에서 항생제 첨가구(PC)와 비슷한 성적을 나타내어, 항생제 대체제로서 이유자돈의 성장을 개선 시킬 가능성이 가장 높다고 하겠다. 본 실험에서는 5주동안 이유자돈의 사료에 생균제를 첨가하여 사양성적을 보았는데, 생균제의 급여기간을 좀 더 늘리면 생균제의 처리효과가 더욱 뚜렷하게 나타날 수도 있으리라 생각된다. 이유자돈 사료에 생균제의 첨가가 건물, 조단백질, 조지방, 조회분 소화율에 어떠한 영향도 미치지 않았으며($P > 0.10$), 질소 축적율은 생균제 첨가구에서 항생제 첨가구(PC)에 비해 높게 나타났으나 일관된 효과를 보이지는 않았다. 혈중 요소태 질소 농도에서는 2주차와 4주차에서 유의적인 차이가 나타났다($P < 0.05$). 또한 생균제 B 첨가구가 다른 처리구에 비해 혈중 요소태 질소 농도가 가장 낮게 나타났다. 설사 발생 빈도 측정 결과, 항생제

첨가구(PC)에서 설사 발생 빈도가 유의적으로 낮게 나타났으며, 생균제 C 첨가구에서 다음으로 낮게 나타났다($P = 0.18$). 면역 반응 실험 결과, CD4⁺ T-cell 수의 경우 생균제 C 첨가구에서 다른 처리구에 비해 가장 낮게 나타났으며($P < 0.01$), CD8⁺ T-cell 수와 CD4⁺ : CD8⁺ 비율의 경우에는 모든 처리구에서 유의적인 차이가 발생하지 않았다($P > 0.10$). 결론적으로 이유자돈 사료 내 생균제의 첨가가 이유자돈의 성장 능력, 질소 축적율, 혈중 요소태 질소, 설사 빈도, 및 면역 능력에 일정한 개선 효과를 갖고 있지만, 항생제 첨가 효과에는 미치지 못한다고 하겠다. 본 실험을 통해 이유자돈 사료에 생균제의 첨가는 항생제 대체제로서 일정 부분 개선효과가 있는 것으로 사료된다.

V. 사 사

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원(305003-03-3-HD 110)에 의해 이루어진 것이므로 지원에 깊은 감사를 드립니다.

VI. 인 용 문 헌

- Adami, A. and Cavazzoni, V. 1999. Occurrence of selected bacterial groups in the faeces of piglets fed with *Bacillus coagulans* as probiotic. J Basic Microbiol. 39 (1):3-9.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis (16th Ed.). Association of Official Analytical Chemist. Washingtons, DC, USA
- Bergner, H. 1977. Protein evaluation and protein metabolism. FEBS 11th Meeting. Copenhagen 1977, 149-160.
- Bonomi, A. 1992. Probiotics in pig breeding. Results from the use of *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis*. Experimental contribution. Rivista-Della-Societa-Italiana-Di-Scienza-Dell'Alimentazione. 21(4):481-499.
- Breves, G., Walter, C., Burmester, M. and Schroder, B. 2000. In vitro studies on the effects of *Saccharomyces*

- boulardii* and *Bacillus cereus* var. *toyoi* on nutrient transport in pig jejunum. J Anim Physiol Anim Nutr. 84 (12):9-20.
6. Cai, Y. and Zimmerman, D. R. 1996. Lysine requirement of the lactating sow determined by using plasma urea nitrogen as a rapid response criterion. J. Anim Sci. 74, 1056-1062.
 7. Cho, K. H., Lee, U. T., Yang, C. K., Yu, I. W., Kim, Y. S. and Yoon, Y. D. 1992. The effect of *Lactobacillus casei* (TSC-66) for growth promotion in piglets (Korean). Kor J Vet Pub Health. 16(1):49-53.
 8. Coma, J., Zimmerman, D. R. and Carrion, D. 1996. Lysine requirement of the lactating sow determined by using plasma urea nitrogen as a response criterion. J. Anim. Sci. 74, 1056-1062.
 9. Dugas, B., Mercenier, A., Lenoir-Wijnkoop, I., Arnaud, C., Dugas, N. and Postaire, E. 1999. Immunity and probiotics. Immunol. Today 20:387-390.
 10. Fuller, R. 1989. Probiotics in man and animals. J. Appl. Bacteriol. 66:365-378.
 11. Gardiner, G., Stanton, C., Lynch, P. B., Collins, J. K., Fitzgerald, G. and Ross, R. P. 1999. Evaluation of Cheddar cheese as a food carrier for delivery of a probiotic strain to the gastrointestinal tract. J Dairy Sci. 82(7):1379-1387.
 12. Hahn, J. D., Gahl, M. J., Giesemann, M. A., Holsgraefe, D. P. and Fodge, D. W. 1995. Diet type and feed form effects on the performance of finishing swine fed the β -mannanase enzyme product Hemicell. J. Anim. Sci. 73 (Suppl. 1):175. (Abstr.)
 13. Hale, O. M. and Newton, G. L. 1979. Effects of a nonviable *lactobacillus* species fermentation product on performance of pigs. J. Anim. Sci. 48:770-775.
 14. Hatori, Y., Noguchi, G., Itoh, M. and Ishibashi, T. 1994. Effects of dietary protein levels on performance, plasma amino acid concentrations and biochemical components of female growing pigs. Anim. Sci. Tech. 65, 942-949.
 15. Havenaar, R. and Huis in't Veld, J. 1992. Probiotics: A general view. In: wood ed. The lactic acid bacteria in health and disease. London Elsevier Applied Science, 209-224.
 16. Kornegay, E. T., Wood, C. M., Ball, G. G. and Risley, C. R. 1990. Use of *lactobacillus acidophilus* for growing and finishing pigs. VA Polytech. Inst. State Univ. Anim. Sci. Res. Rep. 9:13
 17. Kornegay, E. T., Rhein-Welker, D., Lindemann, M. D. and Wood, C. M. 1995. Performance and nutrient digestibility in weanling pigs as influenced by yeast culture additions to starter diets containing dried whey or one of two fiber sources. J. Anim Sci. 73:1381-1389.
 18. Kyriakis, S. C., Tsioloyannis, V. K., Vlemmas, J., Sarris, K., Tsinas, A. C., Alexopoulos, C. and Jansegers, L. 1999. The effect of probiotic LSP 122 on the control of post-weaning diarrhoea syndrome of piglets. Res. Vet. Sci. 67:223-228.
 19. Männer, K. and Spieler, A. 1997. Probiotics in piglets-An alternative to traditional growth promoters. Micoecol. Ther. 26:243-256.
 20. NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine (10th Ed.). National Academy press, Washington, D. C.
 21. Perdígón G., Roy Fuller and Raúl Raya, 2001 Lactic Acid Bacteria and their Effect on the Immune System Current Issues in Intestinal Microbiology 2(1):27-42.
 22. Pollman, D. S., Danielson, D. M. and Peo, E. R. 1980. Effects of microbial feed additives on performance of starter and growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 51:577-581
 23. Quintero Moreno A, Huerta Leidenz N, Parra de Solano N, Rincon Urdaneta E, Aranguren Mendez JA, De Solano NP. Effect of probiotics and sex on growth and carcass characteristics of pigs. Rev Cientif Facul De-Ciencias Vet Univers Zulia. 1996; 6(1):5-12.
 24. SAS. 2005. SAS User's Guide: Statistics, SAS Inst, Inc., Cary, NC
 25. Tkachev, E. Z. and Gvyzin, O. L. 1995. Digestive and metabolic functions of the gastrointestinal tract of piglets. Russ Agr Sci. 4:8-11.
 26. Whang, K. Y. and Easter, R. A. 2000. Blood urea nitrogen as an index of feed efficiency and lean growth potential in growing-finishing swine. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13:811-816.
 27. Xuan, Z. N., Kim, J. D., Heo, K. N., Jung, H. J., Lee, J. H., Han, Y. K., Kim, Y. Y. and Han, In K. 2001. Study on the development of probiotics complex for weaned pigs. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 14:1425-1428.
 28. Zani, J. L. and Dacruz, F. W. 1998. Dossantos AF, Gilturmes C. Effect of probiotic CenBiot on the control of diarrhoea and feed efficiency in pigs. J Appl Microbiol. 84(1):68-71.
 29. 김동용, 임종선, 전경철, 김법균, 김경수, 김유용. 2004. 지속적인 생균제의 첨가가 돼지의 성장, 영양소 이용률, 혈중 요소태 질소 및 면역 능력에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 46(1):39-48.
 30. 임희석, 김병환, 백인기. 2004. 사료내 Natufermen®의 첨가가 이유자돈의 생산성에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 46(6):981-988.
- (접수일자 : 2008. 12. 24. / 수정일자 : 2009. 2. 12. / 채택일자 : 2009. 2. 19.)