

지속적인 생균제 첨가의 돼지의 생산성 및 체내 생리학적 영향에 관한 연구



글 | 김유웅 교수(서울대학교 동물자원학과 교수)
공동연구: 김동용 연구원

I. 서론

양돈 산업이 대규모로 산업화 되면서 양돈사료 내 항생제의 첨가와 화학적 치료제의 사용으로 인하여 생산성이 향상되었다.

항생제는 지난 40여년 동안 동물 사료의 첨가제로서 널리 이용되어져 왔으며 단순히 질병 치료의 목적이외에도 성장촉진제로서 광범위하게 사용되었다(Frank, 2001). 그러나 최근 들어 구제역이나 광우병 같은 동물의 질병으로 말미암아 동물성 식품의 안전성에 대한 소비자들의 관심이 높아지고 있으며 가축사료내 항생제의 사용이 축산물내 항생제 잔류 및 내성균의 출현에 관한 문제가 제기되면서(Smith, 1975) 이에 대한 규제 및 대책이 유럽을 중심으로 확산되고 있다.

특히, 세계무역기구의 출범 이후 이러한 관심은 전 세계적으로 부각되고 있는 실정이다.

따라서 항생 물질로 인한 문제점과 부작용 없이 가축의 건강 및 생산성을 증진시킬 수 있는 사료 첨

가제, 이른바 비항생제적 생리활성물질에 대한 관심이 크게 증가하였다(Xuan, 2002).

이러한 항생제 대체 물질로 최근 가장 활발히 연구되고 있는 것 중 하나가 생균제(probiotics)이다.

생균제는 오래전부터 장내의 이상발효, 설사, 소화불량 및 변비 등에 효과가 인정되어 인체용으로 많이 사용되어져 왔는데 최근에는 동물의 설사를 예방하고 발육을 촉진하는 등의 생산성 향상의 목적으로 그 사용량이 증가하고 있는 추세이다.

Fuller(1989)는 생균제를 장내 미생물 균형의 개선을 통해 숙주동물에게 이익을 주는 살아있는 미생물 사료첨가제로서 유익한 미생물의 장내 우점을 유도하여 동물의 건강을 증진시키고 성장을 촉진시킬 수 있는 물질이라고 정의하였다.

현재 상업적으로 많이 이용되는 미생물은 Bifidobacterium, Lactobacillus, Streptococcus, Bacillus, Clostridium 등이고 이중에서 Lactobacillus 종이 가장 널리 이용되어지고 있다.

Collins와 Gibson(1999)는 이러한 미생물들이

생균제로서 효과적인 역할을 수행하기 위한 조건을 다음과 같이 제시하였다.

1) 비병원성이며 2) 다수의 생균을 포함하고 3) 장관내에서 활성을 유지하고 4) 저장 및 사용시 생존성이 뛰어나며 5) 동종의 숙주에서 분리되어야 한다.

이렇게 안전성과 효용성이 확보된 생균제가 동물에게 급여시 숙주동물에게 어떻게 도움을 주는지는 아래와 같은 이론으로 설명되고 있다.

가. 유해 미생물의 경쟁적 배제(Jonsson과 Conway, 1992)

나. 영양소의 소화 및 흡수의 증가(이 등, 2001)

다. 항균 물질의 생산(Hentges, 1992)

라. 면역 능력 증진(Fukushima 등, 1999)

이와 같은 생균제의 첨가는 그동안 양돈 산업의 생산성 향상에 긍정적인 효과를 거두었다. 특히, 이유자돈의 경우 이유시 갑작스런 사료 및 환경의 변화에서 기인한 스트레스로 장내 미생물 균총의 급격한 변화로 인해 심각한 설사가 발생하기 쉬운데 이때 *Lactobacillus*와 같은 생균제를 첨가하면 설사를 방지하고 성장 및 사료효율 개선에 효과가 있다고 하였다(Pollman 등, 1980; 조 등, 1992).

또한 이러한 생균제의 첨가는 어린 자돈뿐만 아니라 육성·비육돈에서도 성장 능력을 개선할 수 있다고 하였다(Baird, 1977; Jesek 등, 1992).

하지만 그동안 생균제에 관한 연구는 꾸준히 지속되어져 왔음에도 불구하고 생균제의 첨가효과는 일정하게 나타나고 있지 않다. 그 원인은 실험 동물의 변이(유전, 나이 등), 생균제의 활력과 안전성 차이, 생균제의 투여량과 첨가시기의 차이, 약품(항생

제) 첨가 여부 등에 있다고 알려져 있다(황, 2001).

따라서 본 실험은 대부분 생균제 연구의 문제점 중 하나인 돼지를 사양 시기별로 자돈기와 육성·비육기로 나누어 그 효과를 단계별로 검증하지 않고 자돈의 이유시부터 출하시기까지 항생제를 전혀 사용하지 않은 양돈 사료에 생균제를 첨가하여 장기적이고 지속적인 생균제의 급여에 따른 돼지의 생산성 및 체내 생리학적 변화를 조사하기 위해 수행되었다.

II. 재료 및 방법

사양 실험은 평균체중 6.17 ± 0.45 kg인 삼원교잡종(*[Landrace \times Yorkshire] \times Duroc*) 이유자돈 60두를 공시하였으며 이유 후 20주 동안 수행되었다.

전체 3처리, 5반복으로 돈방당 4두씩 성별과 체중에 따라 난괴법으로 배치하였으며 처리구는 생균제의 사료내 첨가 수준에 따라 1) 대조구: 생균제 무첨가 2) P-0.1: 생균제 0.1% 첨가 3) P-0.2: 생균제 0.2% 첨가구였다. 본 실험에 사용된 생균제는 2가지 종류로서 사양 시기에 따라 실험 시작부터 8주까지의 전기(자돈용), 9~20주까지의 후기(육성·비육돈용)로 나누어 각각 기초사료에 첨가하였다. 실험사료의 영양소들은 NRC(1998)의 요구수준과 같거나 높게 배합하였다.

전체 시험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유 채식시켰으며 체중 및 사료섭취량은 생균제의 종류가 바뀌는 시점인 8주와 시험 종료시에 측정하여 일당 증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 계산하였다.

사양 실험과 더불어 시험 개시 후 1, 3, 5, 11 및 20주에 사양시험 돼지 중 처리에 따라 반복별로 동

일한 1마리씩 아침 9시에 각각 경정맥에서 혈액을 채취하였으며 채혈 후 4℃에서 3,000rpm으로 15분간 원심분리하였다.

원심분리 후 혈청을 분리하여 혈중요소태질소(Blood Urea Nitrogen, BUN)는 혈액 분석기를 이용하여 분석하였고, 혈액내 백혈구수(WBC: White Blood Cell Count)는 HEMAVET850(CDC tech., USA)을 이용하여 전기저항법에 의해 분석하고, 혈중 IgG 및 IgA의 분석은 Brio(SEAC, Italy)을 이용하여 Pig IgG, A ELISA Quantitation kit로 ELISA 방법을 이용하였다.

소화실험은 실험돈의 평균체중이 $17.93 \pm 1.45\text{kg}$ 및 $41.80 \pm 2.68\text{kg}$ 에서 두 번에 걸쳐 실시하였다.

1차 소화실험은 자돈 12마리를 완전임의배치법에 따라 3처리 4반복으로 배치하였으며 육성돈을 이용한 2차 소화실험은 1차 소화실험에 사용한 돼지를 다른 돈방에서 2차 소화실험 전까지 사육후 실험시 동일한 처리구에 재배치하였다.

실험에 사용된 돼지에게는 모두 이유시부터 소화실험 전까지 시험사료를 급여하였으며 실험기간동안 첫 번째 소화실험에는 자돈용 생균제가 포함된 자돈기 사료를, 두 번째는 육성·비육돈 생균제가 포함된 육성기 사료를 하루에 두번 급여하였다.

모든 돼지는 각각의 대사물에 수용되었으며 5일간의 적응기를 거친 후 5일간 분과 뇨를 채취하는 전분채취법(total collection)을 사용하였다.

전체 사료섭취량 및 분과 뇨의 양은 매일 기록하였으며 채취된 샘플은 분석 전까지 냉동 보관하였다.

사료, 분 및 뇨 샘플의 일반성분분석은 AOAC (1995)의 방법을 이용하였으며 칼슘은 원자흡광도

계(Shimadzu, AA625, Japan)를 이용하여 분석하였으며 인의 분석은 spectrophotometer (Hitachi, U-1100, Japan)를 이용하였다.

실험 후 사양 성적 및 화학분석 결과들은 SAS (1985)의 일반 선형 모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 최소유의차(LSD) 다중검정법에 의해 처리간 결과를 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

생균제 첨가에 의한 돼지의 사양성적에 관한 실험결과를 <표 1>에 명시하였다.

0~8주까지의 생균제의 첨가에 의한 사양실험에서는 대조구와 처리구간의 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율에 있어 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이것은 이전의 연구(Pollman 등, 1980; Jeon 등, 1996)에서 제시되었던 어린 돼지에서 생균제의 첨가시 일당증체량 및 사료효율이 증진되었다는 결과와는 상이한 것이지만, Brown 등(1997) 및 Xuan 등(2001)의 연구와는 비슷한 결과였다.

9~20주 동안에는 생균제 첨가구가 대조구에 비해 일당증체량이 유의적으로 증가하였는데 ($P<0.05$), 특히 대조구에 비해 P-0.1 처리구에서 약 4.3%, P-0.2 처리구에서 약 7.0%의 일당증체량 증가 효과를 각각 나타내어 첨가 수준이 증가할수록 일당증체량이 더욱 개선되는 경향을 보였다.

전 기간의 사양실험 결과 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율은 생균제 처리구가 대조구에 비해 개선되는 경향을 보였으나 통계적으로 유의적인 차이는 없었다.

Chesson(1993) 및 Kornegay 와 Rilsey(1996)는 생균제의 지속적인 급여만이 장내의 이로운 미

생물 균총을 계속 유지할 수 있다고 하였는데, 본 실험에서 나타난 육성·비육기에서의 성장 능력의

<표 1> 지속적인 생균제의 첨가가 돼지의 성장 능력에 미치는 영향

조사항목	대조구	생균제 첨가량(%)		SEM
		0.1	0.2	
일당증체량(g)				
0 ~ 8주	460	470	450	14.09
9 ~ 20주	809 ^a	846 ^b	870 ^b	9.02
0 ~ 20주	665	691	696	7.95
일당사료섭취량(g)				
0 ~ 8주	870	867	838	26.85
9 ~ 20주	2,510	2,591	2,561	29.14
0 ~ 20주	1,844	1,890	1,862	22.69
사료효율				
0 ~ 8주	0.534	0.541	0.537	0.008
9 ~ 20주	0.323	0.327	0.341	0.004
0 ~ 20주	0.361	0.365	0.374	0.004

<표 2> 생균제의 첨가가 이유자돈 및 육성돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

조사항목	대조구	생균제 첨가량(%)		SEM
		0.1	0.2	
이유자돈				
건물(%)	84.49 ^a	88.33 ^b	90.00 ^b	0.912
단백질(%)	82.44 ^a	86.96 ^b	89.35 ^b	1.147
지방(%)	65.20 ^a	77.64 ^b	81.78 ^b	2.845
회분(%)	55.12 ^a	60.46 ^{ab}	66.77 ^b	1.749
칼슘(%)	67.72 ^a	70.96 ^a	78.12 ^b	1.484
인(%)	77.52	81.83	82.39	1.068
육성돈				
건물(%)	91.66	91.81	91.71	0.374
단백질(%)	91.78	91.19	90.42	0.481
지방(%)	80.74	80.54	78.95	1.614
회분(%)	70.95	70.19	69.89	1.143
칼슘(%)	76.65	75.01	77.52	1.197
인(%)	46.06	54.96	61.15	2.988

향상은 이유시기부터 출하까지 지속적으로 생균제를 급여하여 장내 유익한 미생물 균총이 유지되었기 때문이라고 사료된다.

따라서 이것은 양돈 사료에 첨가된 생균제에 의해 성장 촉진 효과가 나타나려면 생균제가 장내에 정착하여 균총을 이루는 등 장내의 환경이 변화할 수 있는 일정한 시간이 필요하다는 것을 의미한다 하겠다.

생균제 첨가가 영양소 소화율 및 질소 축적율에 미치는 영향에 대한 결과가 <표 2, 3>에 각각 제시되어 있다.

자돈에서는 P-0.1과 P-0.2 처리구가 대조구에 비해 건물, 조단백질, 조지방의 소화율은 증가하였으며 (P<0.05), P-0.2 처리구에서 조회분과 칼슘의 소화율이 유의적으로 개선되었으나 (P<0.05) 인의 소화율에는 유의적인 차이가 없었다.

질소 축적율에서는 생균제 처리구가 분내 질소의 양이 유의적으로 감소하였으나 (P<0.05) 노내 질소의 양 및 질소축적율에는 차이가 없었다.

표 3 생균제의 첨가가 이유자돈 및 육성돈의 질소 축적율에 미치는 영향

조사항목	대조구	생균제 첨가량(%)		SEM
		0.1	0.2	
이유자돈				
질소섭취량(g/일)	19.98	19.72	20.07	0.088
분내 질소량(g/일)	3.51*	2.57*	2.14*	0.230
노내 질소량(g/일)	5.13	5.36	6.51	0.475
질소 축적량(g/일)	11.34	11.78	11.42	0.372
질소 축적율(%)	56.78	59.76	56.91	1.897
육성돈				
질소섭취량(g/일)	36.94	36.94	36.94	
분내 질소량(g/일)	3.04	3.25	3.54	0.178
노내 질소량(g/일)	10.17	10.32	9.89	0.584
질소 축적량(g/일)	23.73	23.37	23.51	0.496
질소 축적율(%)	64.23	63.26	63.66	1.342

육성·비육돈에서는 생균제 첨가에 의해 어떠한 영양소 소화율의 개선 및 질소축적율의 증가를 관찰할 수 없었다. 생균제는 유해효소(β -glucuronidase 등)의 감소 및 유용효소(β -galactosidase, lactase 등)의 증가를 유도하며 장을 건강하게 만들고 자체 함유 영양소 공급기능이 있어 소화율을 증진시킬 수 있으며 (Collington 등, 1988; Fuller, 1989) 성장개선 효과가 있다고 하였다.

자돈의 소화율 실험에서 생균제 첨가구가 대조구에 비해 유의적으로 영양소 이용율이 향상되었는데 이는 자돈기 사양성적과는 상반되는 결과였다. 그러나 자돈기의 영양소 이용율의 향상은 자돈기의 사양성적뿐만 아니라 육성기의 성장능력 향상에 도움을 준다는 것을 고려한다면 자돈기의 영양소 이용율의 향상은 9주 이후의 육성기 사양성적의 향상으로 설명될 수 있다고 사료된다.

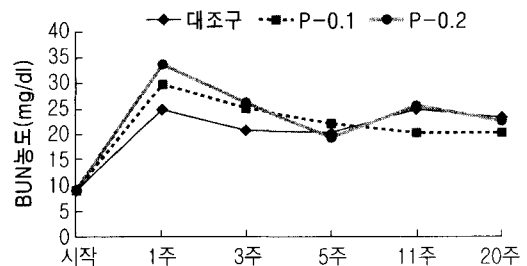
혈중 요소태 질소는 전기간에 걸쳐 생균제의 급

여에 의해 처리간 유의적인 차이가 없었는데(그림 1)), Scheuermann(1993)은 소화관내에서 생균제는 암모니아의 고정을 증가시키고 아미노산의 이용성 저하를 완화하여 혈액 내 암모니아와 요소의 농도가 감소된다고 하였다. 하지만 본 실험에서는 자돈에 있어서 생균제 첨가가 혈중요소태질소를 증가시키는 경향을 보였는데 이것은 소화율 실험에서도 알 수 있듯이 생균제의 첨가에 의해 조단백질의 소화율이 향상

되어 나타난 간접적인 결과라고 생각된다.

Eggum(1970)은 혈중 요소태 질소는 단백질 분해의 최종 산물로서 과량의 단백질의 흡수는 혈중 요소태 질소의 함량을 증가시키고 노내 요소의 배출량을 증가시킨다고 하였는데, 본 실험에서 자돈의 소화시험결과 조단백질의 흡수량이 증가하였고 흡수된 단백질이 체내에서 전부 이용되지 못하였기 때문에 혈중 요소태 질소의 함량은 증가하고 뇨를 통한 질소의 배출량이 증가한 것으로 사료된다.

그림 1 생균제 첨가구와 대조구 간 혈중 요소태 질소 함량의 변화



생균제는 장내 미생물 균총의 변화를 유도하여 면역 능력을 증진시킬 수 있다고 여러 실험에서 보고된 바가 있었는데, Pedigon 등(1987, 1991)은 쥐에게 *Streptococcus thermophilus*와 *Lactobacillus acidophilus*를 급여한 결과 대식세포 및 임파구의 활성이 증가하였다고 보고하였고 IgA의 장관내 분비를 증가시켜 장관의 감염을 방지하는 기능을 한다고 하였다.

본 실험을 통하여 생균제의 첨가는 자돈기에는 성장에 유의한 개선 효과가 나타나지 않았으나 지속적인 생균제의 급여를 통해 육성·비육기에서 성장 증진의 효과가 있었다.

이와 같은 결과는 생균제가 체내에서 적응, 증식할 수 있는 시간이 필요하므로 짧은 기간동안 양돈 사료에 첨가하는 것보다 계속적으로 사료에 첨가하는 것이 돼지에게 있어서 성장의 전 기간 동안 끊임 없이 일어나는 병원성 환경과의 싸움에서 저항성을 유지하게 하여, 그 결과 육성·비육기에서 돼지의 성장 및 건강이 계속 증진될 수 있었다고 사료된다.

IV. 요약

본 연구의 목적은 생균제의 지속적인 첨가에 의한 돼지의 생산성 및 체내 생리학적 영향을 평가하기 위해 실시하였다. 처리는 대조구, 0.1%의 생균제 첨가구, 0.2%의 생균제 첨가구로 하였다.

사양실험에서는 21일령에 이유한 총 60마리의 돼지를 공시하였고 모든 실험사료에는 전 기간에 걸쳐 항생제는 첨가하지 않았다.

0~8주간의 사양실험결과 처리간 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율에서 유의한 차이가 나타

나지 않았다. 하지만 9~20주에서는 P-0.1과 P-0.2처리구가 대조구에 비해 유의하게 일당증체량이 증가하였으며(P<0.05) 첨가수준이 증가할수록 그 경향은 더욱 뚜렷하였다. 전체 사양 실험 기간동안 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율은 생균제 첨가구가 대조구에 비해 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

생균제에 의한 영양소 소화율 및 질소축적율을 조사하기 위해 자돈기와 육성기에 두 번에 걸쳐 대 사실험을 실시하였다.

자돈기에서는 건물, 조단백질, 조지방의 소화율이 P-0.1과 P-0.2 생균제 처리구에서 대조구에 비해 증가하였으며(P<0.05), 조회분의 소화율은 P-0.2 처리구가 대조구에 비해서 유의하게 증가하였다(P<0.05). 칼슘의 소화율은 P-0.2 처리구가 P-0.1 및 대조구에 비해 유의하게 높았지만(P<0.05), 인의 소화율에서는 처리간 차이가 나타나지 않았다.

질소축적율에서는 P-0.2와 P-0.1 생균제 처리구가 분내 질소함량을 유의하게 낮추었으나(P<0.05), 노내 질소함량 및 질소축적율에는 영향을 미치지 않았다. 육성기에서는 처리간 영양소 소화율 및 질소축적율이 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 혈중요소태 질소농도 및 혈액내 백혈구, IgG, IgA의 함량도 전 기간에 걸쳐 처리간의 차이가 나타나지 않았다.

본 실험을 통하여 사료내 지속적인 생균제의 첨가는 항생제를 사용하지 않아도 돼지의 성장과 영양소 소화율을 향상시킬 수 있을 것으로 생각되어지며 생균제의 급여기간은 길수록 짧은 기간의 급여에 비해 돼지의 생산성 향상에 보다 이로울 것으로 사료된다. ㉟