

효모변이균주 유래 β-글루칸과 복합균종 생균제의 혼합급여가 육계의 생산성 및 장내 균총에 미치는 영향

조병임* · 유선종* · 김은집* · 안병기* · 백현동* · 윤철원** · 장효일** · 김승욱** · 강창원*

건국대학교 동물생명과학대학 동물자원연구센터*, 고려대학교 생명과학대학**

Effects of the Combination Feeding of β-glucan and Multi-species Probiotics on Growth Performance and Microflora in Broiler Chickens

B. I. Cho*, S. J. You*, E. J. Kim*, B. K. Ahn*, H. D. Paik*, C. W. Yun**, H. I. Chang**, S. W. Kim** and C. W. Kang*

Animal Resources Research Center, College of Animal Bioscience & Technology, Konkuk University*, College of Life Science and Biotechnology, Korea University**

ABSTRACT

This experiment was carried out to investigate the combination feeding of β-glucan and multi-species probiotics on growth performance, various lipid concentrations of serum, antibody production and cecal microbial profiles in broiler chicks. A total of six hundred 1-d-old male broiler chicks were divided into five groups, placed into four pens per group (30 birds per pen) and fed one of five non-medicated experimental diets (T1, 0.15% multi-species probiotics; T2, 0.1% β-glucan + 0.15% multi-species probiotics; T3, 0.3% multi-species probiotics; T4, 0.1% β-glucan + 0.3% probiotics or devoid them as control) for 5 wk. There was no significant difference in feed intake among the groups. The average weight gains and FCR in groups fed diet containing 0.3% probiotics were significantly improved (p<0.05) than control in finisher period (22-35d). The concentration of serum cholesterol ester in groups fed 0.3% probiotics were significantly lowered (p<0.05) as compared to that of the control. Relative weights of liver, spleen, bursa of Fabricius, breast and leg were not influenced by the dietary treatments. The average ND or IB antibody titers in groups fed diets containing β-glucan and probiotics were tended to be increased, but not significantly. The number of cecal lactic acid bacteria was significantly increased (p<0.05) by the dietary β-glucan and probiotics. These results indicated that dietary β-glucan and probiotics exerted a growth-promoting and immune-enhancing effects on broiler chicks. In addition, yeast derived β-glucan, and multi-species probiotics modulated the profiles of cecal microflora, reflecting potential alternative substances to replace antibiotics for feeding broiler.

(Key words : β-glucan, Probiotics, Performance, Microflora, Broiler)

I. 서 론

가축의 성장 촉진 및 감염성 질병으로부터의 방어를 위해 오래 전부터 항생제를 사용해 왔

으나, 항생제 내성을 가지는 슈퍼박테리아의 출현 및 동물성 식품 내로의 항생제 잔류에 의한 인체 내성을 유발하는 문제가 대두되고 있다. 근래 들어 국내에서도 가축사료 내에 사용

Corresponding author : C. W. Kang, Animal Resources Research Center, College of Animal Bioscience & Technology, Konkuk University, 1 Hwayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea. TEL : 82-2-450-3669, FAX : 82-2-452-9946, E-mail : kkucwkang@konkuk.ac.kr

할 수 있는 항생제의 종류에 대해 엄격히 규제하고 있으며, 사료회사별 항생제 사용량 역시 감소하고 있는 추세이다. 따라서 동물산업 분야에서도 항생제를 대체하여 성장 촉진, 사료 요구율의 개선 및 면역 증진을 목적으로 유용 물질을 개발하기 위한 연구가 활발히 수행되고 있다(Wenk, 2000). 이들 가운데 β -글루칸(Ha 등, 2006)과 생균제(Haghighi 등, 2005)는 감염성 질병으로부터 가축을 보호하고 면역반응을 조절 또는 개선시키는 인자로서 항생제를 대체할 수 있는 기능성 물질로서 인식되고 있다.

생균제는 장내 미생물 균형을 개선함으로써 숙주동물에게 유익한 효과를 발휘하는 살아있는 미생물 제제(Fuller, 1989)로, 장관 내에서 병원균의 집락 형성을 막아주는 효과를 발휘한다(Nisbet 등, 1993). Jin 등(1996)과 Mohan 등(1996)은 적절한 생균제를 가축사료 내에 첨가 급여하였을 때 성장 성적이 개선되고 사료효율 역시 향상된다고 보고하였다. 육계에서 성장 개선을 목적으로 생균제를 급여한 초기 연구는 주로 *Lactobacillus* 계통의 생균제가 주로 이용되었다. Tortuero(1973)는 *L. acidophilus* 배양물 투여가 지방 소화율과 단백질 축적에는 크게 영향을 미치지 않았으나, 항생제 첨가구와 유사한 정도의 성장 개선 효과를 발휘하였다고 보고하였다. 이후 Dilworth와 Day(1978) 및 한인규 등(1984)의 연구에서도 증체량과 사료요구율 등 성장 성적이 유의하게 개선되는 결과가 관찰되었다. *Lactobacillus* 계통 외에 다양한 생균을 포함하는 복합 생균제 역시 성장 성적의 개선에 효과가 있었는데, Mohan 등(1996)은 *L. acidophilus*, *L. casei*, *Bifidobacterium bifidum* 및 *Aspergillus oryzae* 혼합제제의 급여에 의해 생체중이 5~9% 향상되었다고 하였다. 또한 단일 균종과 복합균종 생균제를 비교한 연구에서 Timmerman 등(2006)은 복합균종 생균제의 효과가 더 우수하였다는 결과를 보고하였다. 이처럼 생균제의 종류, 복합제의 여부 및 첨가수준에 따라 결과가 상이함을 알 수 있다. 김용란 등(2000)은 국내 야산과 들판에 서식하는 토착미생물들을 배양한 생균제를 육계 병아리에 급여한 결과 생산성에 있어서 항생제 급여

군인 대조구와 차이가 없거나 오히려 향상되는 경향을 보였고, 장 내 병원성 균총의 감소를 관찰하였다. 특히 유의해야 할 점은 사료 내 첨가 수준에 따라 생산성에 미치는 결과에 차이를 나타내었다(김용란 등, 2000). 최근에 Haghighi 등(2005)은 생균제 급여 후에 육계에서 항체 생산량이 증가하는 결과를 관찰함으로써 체액성 면역반응을 개선시키는 역할에 대해서도 관심을 가지게 되었다.

효모에서 유래하는 β -글루칸 역시 다양한 동물에서 특이적 또는 비특이적 면역반응에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Chae 등, 2006; Eicher 등, 2006). 가축 사료에 β -글루칸을 첨가 급여했던 과거의 연구에서도 대식세포와 heterophils의 기능적 활성이 개선되었으며(Lowry 등, 2005), 면역 자극 이후에 생성되는 cytokine의 분비량 역시 증가하는 결과(Li 등, 2006)가 관찰되었다. Cheng 등(2004)은 육계사료 내에 β -글루칸을 다양한 수준으로 첨가했을 때 성장 개선 효과는 나타나지 않았으나, 면역 반응의 지표가 개선되는 결과를 보고하였다.

본 실험에서는 효모변이균주 유래 β -글루칸과 복합균종 생균제의 혼합급여가 성장 성적, 항체생산 반응 및 장내 균총의 변화에 미치는 영향을 조사하기 위한 목적으로 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 실험설계

본 실험에서는 효모변이균주에서 추출한 β -글루칸을 첨가하거나 첨가하지 않은 실험사료에 유산균(*Bacillus circulane*, 3×10^6 cfu/g; *Bacillus thermophilus*, 2×10^6 cfu/g; *Bacillus subtilis*, 5×10^6 cfu/g; *Bacillus amyloliquefaciens*, 1×10^6 cfu/g; *Bacillus licheniformis*, 4×10^6 cfu/g; *Lactobacillus plantarum*, 3×10^5 cfu/g; *Leuconostoc lactis*, 1×10^5 cfu/g; *Lactobacillus brevis*, 1×10^5 cfu/g), 방선균(*Streptomyces* spp., 7×10^4 cfu/g), 곰팡이류(*Aspergillus oryzae*, 1×10^5 cfu/g) 등으로 구성된 복합균종 생균제를 각각 0.15 및 0.3% 수준으로 첨가하였으며, 전체 5개 처리에 4반복으로 구성하였다.

2. 실험동물 및 실험사료

1일령 Ross 육계 수평아리 600수를 실험동물로 공시하여 각 처리구별 120수, 반복 당 30수씩을 반복구별로 체중이 유사하도록 완전임의 배치하였다. 실험에 사용한 사료는 옥수수-대두박 위주의 항생제 무첨가 기초사료로, T1 처리구에는 복합균종 생균제만을 0.15%, T2 처리구에는 β -글루칸 0.10% + 복합균종 생균제 0.15%, T3 처리구에는 복합균종 생균제만을 0.30%, T4 처리구에는 β -글루칸 0.10% + 복합균종 생균제 0.30%를 혼합급여하였다. 본 실험에서는 *Saccharomyces cerevisiae* JUL3 유래의 β -글루칸을 사용하였고, 유산균, 방선균 및 곰팡이류 등으로 구성된 복합균종 생균제인 펴엑스^(R) (MS¹⁰², (주)엠에스토피아)를 사용하였다. 모든 공시 병아리에게는 1일령부터 21일령까지 육계 전기사료를, 22일령부터 35일령까지는 육계 후기사료가 공급되었다(NRC, 1994). 전기 및 후기사료 모두 항생제가 첨가되지 않은 실험사료를 사용하였다. 실험사료의 배합비 및 영양소 조성은 Table 1에 나타내었다.

3. 사양관리

공시 병아리들은 왕겨를 깔짚으로 사용한 21개의 floor pen(가로×세로×높이:180×180×200cm)에서 30수씩 동일한 숫자로 사육하였다. 사료 급여기는 pen별로 1개씩 동일하게 배치하였고, 급수 니플의 개수도 pen별로 동일하게 하였다. 실험사료와 물은 자유채식 및 음수 시켰으며, 전 사양실험 기간 동안 24시간 종일 점등을 실시하였다. 기타 사양관리는 관행적인 방법에 준하여 실시하였다. 처음 1일령의 계사 내 온도는 33℃로 하였고 주당 4℃씩 감온하여 이후에는 21±1℃로 유지하였다.

4. 조사항목 및 방법

(1) 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

주 1회 반복별로 중간체중을 측정하였으며, 사료 섭취량을 조사하였다. 5주령에 역시 모든

Table 1. Formular and chemical composition of the experimental diets

Ingredients, %	Starter	Finisher
Yellow corn	56.60	60.88
Soybean meal	30.21	28.39
Corn gluten meal	5.00	3.18
Tallow	4.04	4.25
Vit.+Min. mixture ¹⁾	0.15	0.15
L-lysine HCl (98%)	0.18	-
DL-methionine (99%)	0.16	0.04
Dicalcium phosphate	2.00	1.50
Limestone	1.07	1.12
Choline-Cl (50%)	0.11	0.04
Salt	0.38	0.35
Anticoccidial	0.10	0.10
Total	100	100
Calculated values		
TMEn, kcal/kg	3,050	3,100
Crude protein (%)	21.5	19.5
Ca (%)	1.00	0.90
Available P (%)	0.45	0.36
Lysine (%)	1.20	1.00
Total TSAA (%)	0.90	0.73

¹⁾ Vit.+Min. mixture provided the following nutrients per kg of diet: vitamin A, 18,000 IU; vitamin D₃, 3,750 IU; vitamin E, 30 IU; vitamin K₃, 2.7 mg; vitamin B₁, 3.0 mg; vitamin B₂, 9.0 mg; vitamin B₆, 4.5 mg; vitamin B₁₂, 30.0 mg; niacin, 37.5mg; pantothenic acid, 15 mg; folic acid, 1.5 mg; biotin, 0.07mg; Fe, 75.0mg; Zn, 97.5mg; Mn, 97.5mg; Cu, 7.5mg; I, 1.5mg; Se, 0.2mg.

공시계의 생체중을 측정하였고 실험기간 중의 사료 섭취량을 총합하여 증체량을 대비한 사료 요구율을 계산하였다.

(2) 체지방 및 부분육 조사

5주령에 생체중 측정치의 평균에 해당하는 개체를 반복구 별로 2수씩 선발하여 도계한 후 간, 비장, 및 F낭을 채취하였고, 생체중 100 g

당 상대적 중량으로 환산 표기하였다. 실험실의 관행적 방법에 따라 가슴근육은 우측 가슴 부위의 안심을 포함한 근육을 채취하고, 다리 부위는 경골하단부터 고골상단까지를 채취하여 가식성 근육의 중량을 측정하였다. 다른 조직과 마찬가지로 생체중 100 g당 상대적 중량으로 환산 표기하였다.

(3) 혈액 지질 농도

실험 5주차 종료 시에 각 처리구에서 유사한 체중을 가진 개체에서 혈액을 채취하여 원심분리 후 혈청을 분리하였다. Folch 등(1957)의 방법을 응용하여 혈청 내 총지질을 추출하였으며, An 등(1997)의 방법에 따라 IATRO SCAN (MK-6 TLC/FID analyzer, Iatron Laboratories, Inc., Tokyo, Japan)으로 혈청 내 각 지질분획의 함량을 분석하였다.

실험성분과 내부표준물질의 피크 면적비 (Ax/As)를 통해 실험성분과 내부표준물질의 중량비(Wx/Ws)를 구하였으며 아래의 방정식에 따라 혈청의 각 지질분획의 함량을 계산하였다.

$$\text{혈청 내 함량(mg/dl)} = (\text{Wx/Ws}) \times \text{내부표준 물질(mg) / 시료(mg)} \times 100$$

(4) 체액성 면역반응

백신접종 후의 항체 생성량을 분석함으로써 체액성 면역반응에 미치는 영향을 조사하였다. 실험 4주째에 모든 공시계에 ND 및 IB 백신을 균일하게 분무 접종하였다. 실험 5주째에 처리구별로 10수씩 선발하여 익하정맥에서 채혈하여 얻은 혈청을 분석 전까지 냉장 보관하였다. 96공 마이크로 플레이트에 주입하고 혈구응집 억제반응법(Hemmagglutination Inhibition test : HI test)에 의해 ND 및 IB에 대한 항체 생산량을 분석하였다.

(5) 장내 균총 변화

실험 종료 후, 생체중 측정치의 평균에 해당하는 개체를 처리구별로 10 수씩 선발하여 도살한 후 맹장을 내용물과 함께 적출하여 냉동

보관하였다. 이후 멸균된 생리식염수에 현탁하여 homogenizer로 균질화시킨 다음 적당한 비율로 희석하여 생균수 측정용 시료로 사용하였다. 실험 처리에 의한 맹장 내의 total microbes, lactic acid bacteria, Coli forms, Salmonella spp. 균수를 측정하기 위해 총 세균에는 Plate count agar (Difco)를 lactic acid bacteria에는 MRS agar를, Coli forms에는 MacConkey agar (Difco)를 사용하였고, 37°C에서 48시간 배양 후 균수 측정을 하였다.

5. 통계 분석

본 실험의 결과에 대한 통계 분석은 SAS (SAS, 2002)의 GLM procedure를 이용하여 분산 분석을 실시하였고, 처리간의 유의성 검정은 Duncan의 다중검정(Duncan, 1955)을 통해 유의수준 P<0.05에서 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 생산성에 미치는 영향

증체량, 사료섭취량 및 사료요구율에 대한 결과를 Table 2에 나타내었다. 실험종료 시 체중은 대조구에 비해 복합균종 생균제만을 급여하거나 β -글루칸과 혼합급여한 모든 처리구에서 높았으나 유의한 차이는 아니었다. 특히 T3와 T4 처리구의 종료 시 개체의 평균체중은 대조구에 비해 100g 이상 더 체중이 무거웠으나, 반복간의 차이가 컸기 때문에 통계적 유의성에 도달하지 못한 것으로 생각된다. 실험전기의 일당 증체량에서는 처리간에 큰 차이가 없었으나, 실험후기(22~35일령)에서는 대조구에 비해 T2, T3 및 T4 처리구에서 유의하게 높은 것으로 나타났으며(P<0.05), 실험 전 기간의 평균 증체량 역시 처리구에서 높은 경향을 보여 주었다. 사료섭취량은 대조구에 비해 T1을 제외한 모든 처리구에서 증가하는 경향을 나타내었으나, 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 실험전기의 사료요구율에서는 처리간에 큰 차이가 없었으나, 실험후기에서는 대조구에 비해

Table 2. Dietary effects of combination feeding of β-glucan and multi-species probiotics on growth performance in broiler chicks¹⁾

	Control	T1	T2	T3	T4
Initial BW (g/bird)	40.5 ±0.1	40.5 ±0.1	40.5 ±0.1	40.5 ±0.1	40.5 ±0.1
Final BW (g/bird)	1,774.7 ±29.2	1,818.8 ±54.6	1,853.3 ±40.5	1,887.9 ±43.8	1,880.3 ±67.9
BW gain (g/day/bird)					
1-21d	40.1 ±0.5	41.0 ±0.9	41.0 ±0.3	40.8 ±0.2	39.7 ±0.7
22-35d	55.4 ±0.7 ^b	61.8 ±2.3 ^{ab}	63.0 ±2.1 ^a	63.0 ±3.0 ^a	65.5 ±5.1 ^a
1-35d	46.8 ±0.8	48.9 ±1.9	49.8 ±1.0	49.4 ±1.1	49.4 ±1.5
Feed Intake (g/day/bird)					
1-21d	53.9 ±1.2	53.8 ±0.1	56.3 ±0.7	56.3 ±0.3	55.4 ±0.7
22-35d	133.6 ±1.3	130.4 ±3.4	133.6 ±0.6	136.5 ±2.4	136.6 ±1.6
1-35d	86.8 ±0.6	85.6 ±3.4	88.4 ±0.5	89.0 ±0.6	88.7 ±0.5
FCR (feed/gain)					
1-21d	1.33 ±0.05	1.32 ±0.03	1.37 ±0.02	1.38 ±0.01	1.41 ±0.04
22-35d	2.42 ±0.06 ^a	2.17 ±0.08 ^b	2.12 ±0.08 ^b	2.27 ±0.10 ^a	2.12 ±0.15 ^b
1-35d	1.87 ±0.04	1.79 ±0.07	1.78 ±0.05	1.80 ±0.05	1.81 ±0.06

¹⁾ T1, multi-species probiotics 0.15%; T2, β-glucan 0.10% + multi-species probiotics 0.15%; T3, multi-species probiotics 0.30%; T4, β-glucan 0.10% + multi-species probiotics 0.30%.

^{ab} Mean ± SE within a row with no common superscripts differ significantly (P<0.05).

모든 처리구에서 유의하게 개선된 것으로 나타났다(P<0.05), 실험 전 기간의 사료요구율 역시 모든 처리구에서 개선되는 경향을 보여 주었다.

본 실험에 사용했던 것과 동일한 복합균종 생균제(펄엑스 MS^{102(R)}, (주)엠에스토피아)를 육계에 급여했던 이전 실험(김용란 등, 2000)에서 0.1% 및 0.3% 첨가구에서 실험전기의 증체량 및 사료요구율의 유의한 개선 효과가 있음이 관찰되었다. 그러나 본 실험에서는 복합균종 생균제 0.15% 첨가 시에는 큰 효과가 없었으며, 0.30% 수준에서 성장 성적의 개선 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 김용란 등(2000)이 복합균종 생균제의 급여 후에 실험전기의 증체 및 사료요구율이 유의하게 개선되었다고 한 것에 비해 본 실험에서는 실험후기에서 성장성적의 개선 효과가 인정되었다. 그러나 복합균종 생균제의 급여 후에 나타난 성장성적의 향

상은 *Lactobacillus* 및 기타 유효 생균을 급여했던 다른 연구들에서 나타난 결과들(Jin 등, 1998)과 잘 일치하였다. Mohan 등(1996)은 *L. acidophilus*, *L. casei*, *Bifidobacterium bifidum* 및 *Aspergillus oryzae* 혼합체제의 급여에 의해 생체중이 증가하는 결과를 관찰하였고, Khaksefidi와 Rahimi (2005) 역시 복합균종 생균제 급여 후에 후기(급여 4, 5 및 6주째) 증체가 개선되었다고 하였다.

본 실험에서 T1 처리구에 비해 β-글루칸을 혼합급여한 T2 처리구에서 증체 및 사료요구율이 다소 개선되었을 뿐 유의한 차이는 아니었으며, T3 및 T4 처리구간에도 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 실험 3과 마찬가지로 본 실험에서도 육계에 생균제와 β-글루칸을 동시에 혼합급여했을 때 β-글루칸의 시너지 효과는 관찰되지 아니하였다.

2. 도체 특성에 미치는 영향

복합균종 생균제의 단일급여 및 β -글루칸과의 혼합급여가 도체특성에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 3에 나타내었다. 간의 상대적 중량은 대조구에 비해 복합균종 생균제만을 급여하거나 β -글루칸과 혼합급여한 모든 처리구에서 낮았으나 유의한 차이는 아니었다. 비장 및 F낭의 상대적 중량에서도 처리간에 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 가슴근육 중량에서는 대조구에 비해 모든 처리구에서 높은 경향을 나타내었으나, 통계적으로 유의한 차이는 인정되지 않았다. 다리부위의 상대적 중량에서도 처리간에 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

김용란 등(2000)은 복합균종 생균제의 급여 후 복강지방 중량이 감소하였으나, 간과 가식성 근육의 상대적 중량에서는 처리간에 큰 차이가 없었다고 하였다. Onifade 등(1999)은 *Saccharomyces cerevisiae*를 급여했을 때 도체중과 가슴근육의 중량이 증가하고 복강지방량은 감소하였다고 하였으며, Willis 등(2007)은 버섯 추출물과 생균제를 혼합급여한 처리구에서 F낭 중량이 증가했다는 결과를 보고하였다. 그러나 도체중과 가슴근육 등 조직의 중량을 절대치로 표시한 실험 결과이기 때문에 본 실험의 결과와 비교하기는 어려울 것이다.

3. 혈액 지질 농도에 미치는 영향

복합균종 생균제의 단일급여 및 β -글루칸과

의 혼합급여가 혈액 지질 농도에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 4에 나타내었다. 콜레스테롤 에스터 농도는 대조구에 비해 복합균종 생균제만을 급여하거나 β -글루칸과 혼합급여한 모든 처리구에서 유의하게 감소하거나($P < 0.05$), 감소하는 경향을 보여주었다. 특히 복합균종 생균제를 0.3% 수준으로 급여한 T3 및 T4는 대조구에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다. T3 및 T4의 유리형 콜레스테롤 농도는 대조구에 비해 다소 감소하였으나, 유의한 수준은 아니었다. 중성지질 및 인지질 농도에서는 처리간에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

김용란 등(2000)은 동일한 복합균종 생균제를 급여했을 때 육계에서 혈중 총 콜레스테롤 농도가 유의하게 저하되었다고 하였다. *Lactobacillus* spp.를 급여한 다른 연구에서도 혈청 콜레스테롤 수준이 유의하게 감소하는 결과가 보고되었다(Jin 등, 1998). 생균제 투여에 의한 콜레스테롤 저하에 대해 미생물 성장을 위한 콜레스테롤 이용 증가와 장 내 혐기성 미생물에 의한 담즙산의 deconjugation을 요인으로 설명할 수 있다(김용란 등, 2000). 본 실험에서 복합균종 생균제 급여에 의한 콜레스테롤 에스터의 유의한 감소를 나타냈으나, T1 및 T2 처리구간에, T3 및 T4 처리구 간에 콜레스테롤 에스터 농도에 큰 차이가 없었기 때문에 β -글루칸과의 혼합급여 효과는 그리 크지 않은 것으로 판단되었다.

4. 체액성 면역반응에 미치는 영향

Table 3. Dietary effects of combination feeding of β -glucan and multi-species probiotics on carcass characteristics in broiler chicks^{1,2)}

	Control	T1	T2	T3	T4
Liver, g/100g BW	2.09 \pm 0.07	1.87 \pm 0.06	1.83 \pm 0.04	1.76 \pm 0.06	1.94 \pm 0.13
Spleen, g/100g BW	0.08 \pm 0.00	0.07 \pm 0.00	0.08 \pm 0.01	0.07 \pm 0.01	0.09 \pm 0.01
Bursa of Fabricious, g/100g	0.19 \pm 0.01	0.21 \pm 0.02	0.17 \pm 0.01	0.18 \pm 0.02	0.17 \pm 0.02
Breast muscle g/100g BW	8.01 \pm 1.03	8.76 \pm 0.46	8.98 \pm 0.18	8.92 \pm 0.24	9.01 \pm 0.32
Leg, g/100g BW	9.48 \pm 0.09	9.68 \pm 0.18	9.18 \pm 0.22	9.13 \pm 1.07	9.49 \pm 0.17

¹⁾ T1, multi-species probiotics 0.15%; T2, β -glucan 0.10% + multi-species probiotics 0.15%; T3, multi-species probiotics 0.30%; T4, β -glucan 0.10% + multi-species probiotics 0.30%.

²⁾ Values are presented as Mean \pm SE.

Table 4. Dietary effects of combination feeding of β -glucan and multi-species probiotics on the various lipid concentrations of serum in broiler chicks¹⁾

	Control	T1	T2	T3	T4
Cholesterol ester, mg/dl	157.67 \pm 2.05 ^a	153.76 \pm 3.06 ^{ab}	151.16 \pm 3.39 ^{ab}	146.38 \pm 1.68 ^b	146.28 \pm 2.20 ^b
Triacylglycerol, mg/dl	16.22 \pm 0.36	15.99 \pm 0.16	16.21 \pm 0.21	15.82 \pm 0.29	16.15 \pm 0.30
Free cholesterol, mg/dl	27.36 \pm 0.33	27.10 \pm 0.32	27.29 \pm 0.39	26.16 \pm 0.37	26.61 \pm 0.41
Phospholipid, mg/dl	262.59 \pm 4.98	250.99 \pm 4.23	265.22 \pm 7.25	261.73 \pm 5.99	266.26 \pm 5.93

¹⁾ T1, multi-species probiotics 0.15%; T2, β -glucan 0.10% + multi-species probiotics 0.15%; T3, multi-species probiotics 0.30%; T4, β -glucan 0.10% + multi-species probiotics 0.30%.

^{a,b} Mean \pm SE within a row with no common superscripts differ significantly (P<0.05).

복합균종 생균제의 단일급여 및 β -글루칸과의 혼합급여가 ND 및 IB 항체 생산량에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 5에 나타내었다. ND 및 IB 항체 생산량 모두 대조구에 비해 복합균종 생균제를 단일급여하거나 β -글루칸과 혼합급여한 모든 처리구에서 증가하는 경향을 나타내었다.

본 실험실의 이전 실험에서도 생균제 또는 β -글루칸의 첨가급여에 의해 육계와 산란계 병아리에서 근내 접종 또는 점안 접종한 ND 및 IB 백신에 대한 항체 생성량이 유의하게 증가하는 결과가 관찰되었다. 또한 β -글루칸과 생균제 급여에 의해 세포성 면역반응이 향상되었다는 결과(Cheng 등, 2004; Koenen 등, 2004)와 생균제 급여 후에 ND 및 IB 혼합 백신에 대한 체액성 면역반응이 개선되었으며(Ogawa 등, 2006), 효모 유래의 β -글루칸의 급여가 항체 생산 반응에 개선 효과를 나타내었다는 결과(Li 등, 2005)와 잘 일치하는 결과로 생각되었다. 본 실험

에서는 유의한 차이 없이 증가하는 경향을 나타냄으로서 이전 실험들과는 다소 차이가 있는 결과를 보여주었다. 이러한 결과의 불일치는 백신방법의 차이(근내 접종과 분무)에서 기인한 것일 수도 있다. 아무튼 병아리 사육시 β -글루칸과 생균제의 혼합급여가 분무 백신 후의 항체생산에 상승효과를 발휘할 수 있을 것으로 생각된다.

5. 장내 균총 변화에 미치는 영향

복합균종 생균제의 단일급여 및 β -글루칸과의 혼합급여가 맹장 내 균총 변화에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 6에 나타내었다. 총 균수와 coliform bacteria 수에서는 처리간에 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나, lactic acid bacteria 수는 대조구에 비해 복합균종 생균제를 단일급여하거나 β -글루칸과 혼합급여한 모든 처리구에서 유의하게 증가하였다(P<0.05).

Table 5. Dietary effects of combination feeding of β -glucan and multi-species probiotics on antibody production against NDV and IBV in broiler chicks^{1,2)}

	Control	T1	T2	T3	T4
ND titer, log	1.50 \pm 0.22	1.57 \pm 0.30	2.13 \pm 0.13	2.43 \pm 0.48	2.00 \pm 0.00
IB titer, log	5.00 \pm 0.00	5.43 \pm 0.30	6.00 \pm 0.57	6.67 \pm 0.62	6.63 \pm 0.26

¹⁾ T1, multi-species probiotics 0.15%; T2, β -glucan 0.10% + multi-species probiotics 0.15%; T3, multi-species probiotics 0.30%; T4, β -glucan 0.10% + multi-species probiotics 0.30%.

²⁾ NDV, Newcastle disease virus; IBV, infectious bronchitis virus.

³⁾ Values are presented as Mean \pm SE.

Table 6. Dietary effects of combination feeding of β -glucan and multi-species probiotics on cecal microbial population in broiler chicks¹⁾

	Control	T1	T2	T3	T4
Total microbes, log cfu/g	6.29 \pm 0.19	6.42 \pm 0.14	6.21 \pm 0.10	6.16 \pm 0.07	6.34 \pm 0.36
<i>Coli forms</i> , log cfu/g	5.51 \pm 0.46	4.69 \pm 0.20	4.98 \pm 0.35	5.22 \pm 0.47	5.36 \pm 0.13
<i>Lactic acid bacteria</i> , log cfu/g	4.78 \pm 0.17 ^b	5.77 \pm 0.38 ^a	5.98 \pm 0.15 ^a	5.89 \pm 0.15 ^a	5.84 \pm 0.08 ^a

¹⁾ T1, multi-species probiotics 0.15%; T2, β -glucan 0.10% + multi-species probiotics 0.15%; T3, multi-species probiotics 0.30%; T4, β -glucan 0.10% + multi-species probiotics 0.30%.

^{ab} Mean \pm SE within a row with no common superscripts differ significantly (P<0.05).

단일균종 생균제 또는 복합균종 생균제의 급여가 장 내 균총의 변화에 미치는 영향에 대해서는 다소 상이한 결과가 보고되었다. Lan 등 (2003)은 *Lactobacillus* 계통의 생균제 급여는 분내 *Lactobacilli*의 수를 유의하게 증가시켰다고 하였으나, Jin 등(1998)은 *Lactobacillus* 배양물의 급여가 맹장과 소장 내 총균, 총혐기균 및 *Streptococci* 수준에 영향을 미치지 않았으며, *Lactobacilli* 수에서도 유의한 차이가 없었다는 상반된 결과를 보고하였다. 김용란 등(2000) 역시 복합균종 생균제 급여 후에 lactic acid bacteria 수의 변화는 없었으며, coliform bacteria의 수만 유의하게 감소하는 결과를 관찰하였다. 본 실험에서 나타난 결과는 생균제 급여가 유해균을 억제하는 효과를 발휘하였다는 다수의 결과(Francis 등, 1978; Watkins와 Kratzer, 1983)와는 다소 차이가 있지만, 장 내 유익균을 증가시켰다는 결과(Lan 등, 2003; Willis 등, 2007)의 보고와는 잘 일치하였으나 본 실험에서 T1 및 T2 처리구간에, T3 및 T4 처리구 간에 lactic acid bacteria 수준에 큰 차이가 없었기 때문에 β -글루칸과의 혼합급여 효과는 그리 크지 않은 것으로 사료된다.

IV. 요약

본 실험에서는 복합균종 생균제를 단일급여하거나 효모변이균주에서 추출한 β -글루칸과 혼합급여했을 때 성장 성적, 혈액 내 지질 분획 농도, 항체생산 반응 및 장내 균총의 변화에 미치는 영향을 조사하였다. 모두 5개 처리구에 4반복 반복당 30수 씩, 총 600수의 1일령

Ross 수평아리를 공시하여 35일간 사양실험을 실시하였다. 실험사료는 옥수수과 대두박을 위주인 항생제 무첨가 시판사료를 급여하는 대조구와 T1 처리구에는 복합균종 생균제만을 0.15%, T2 처리구에는 β -글루칸 0.10% + 복합균종 생균제 0.15%, T3 처리구에는 복합균종 생균제만을 0.30%, T4 처리구에는 β -글루칸 0.10% + 복합균종 생균제 0.30%를 혼합급여하였다. 실험 기간 중의 증체량, 사료 섭취량 및 사료요구율을 평가하였고, 실험 4주째에 ND 및 IB를 분무백신한 후 항체 생성량을 조사하였다. 맹장 내용물을 채취하여 장내 균총 변화에 미치는 영향을 조사하였다.

사료 섭취량에서는 처리간에 큰 차이가 없었으나 실험후기에서는 증체량 및 사료요구율은 대조구에 비해 모든 처리구에서 유의하게 개선되거나(P<0.05) 개선되는 경향을 나타내었다. 간, 비장, F낭, 가슴근육 및 다리부위의 상대적 중량에서는 처리간에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 혈중 콜레스테롤 에스터 농도는 대조구에 비해 모든 복합균종 생균제 0.3% 첨가구(T3 및 T4)에서 유의하게 감소하였고(P<0.05), 유리형 콜레스테롤 농도 역시 감소하는 경향을 나타내었다. ND 및 IB 항체 생산량은 대조구에 비해 유의한 차이 없이 증가하는 경향을 나타내었다. 총 균 및 coliform bacteria 수에서는 처리간에 큰 차이가 없었으나, lactic acid bacteria 수는 대조구에 비해 모든 처리구에서 유의하게 증가하는 결과가 관찰되었다(P<0.05).

본 실험에서는 육계사료 내 복합균종 생균제의 단일급여 또는 β -글루칸과의 혼합급여가 증체 및 사료요구율을 개선시키는 효과를 나타내

었다. 특히 복합균종 생균제 급여에 의해 혈중 콜레스테롤 농도가 유의하게 감소하고, 맹장 내 lactic acid bacteria 수가 유의하게 증가하는 효과를 나타냈다.

V. 사 사

본 연구는 농촌진흥청 바이오그린21사업(과제번호:2005-0108)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

VI. 인 용 문 헌

- An, B. K., Nishiyama, H., Tanaka, K., Ohtani, S., Iwata, T., Tsutsumi, K. and Kasai, M. 1997. Dietary safflower phospholipid reduces liver lipids in laying hens. *Poultry Sci.* 76:689.
- Chae, B. J., Lahakare, J. D., Moon, W. K., Lee, S. L., Park, Y. H. and Hahn, T. W. 2006. Effects of supplementation of β -glucan on the growth performance and immunity in broilers. *Res. Vet. Sci.* 80:291.
- Cheng, Y. H., Lee, D. N., Wen, C. M. and Weng, C. F. 2004. Effects of β -glucan supplementation on lymphocyte proliferation, macrophage chemotaxis and specific immune responses in broilers. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 17:1145.
- Dilworth, B. C. and Day, E. J. 1978. *Lactobacillus* cultures in broiler diets. *Poultry Sci.* 57:1001.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and Multiple F test. *Biomet.* 11:1.
- Eicher, S. D., McKee, C. A., Carroll, J. A. and Pajor, E. A. 2006. Supplemental vitamin C and yeast cell wall beta-glucan as growth enhancers in newborn pigs and as immunomodulators after an endotoxin challenge after weaning. *J. Anim. Sci.* 84:2352.
- Folch, J., Lee, M. and Sloane-Stanley, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.* 226:497.
- Francis, C., Janky, D. M., Arafa, A. S. and Harms, R. H. 1978. Interrelationship of *Lactobacillus* and zinc bacitracin in diets of turkey poults. *Poultry Sci.* 57:1687.
- Fuller, R. 1989. Probiotics in man and animals. *J. Applied Bacteriol.* 66: 365.
- Ha, C. H., Yun, C. W., Paik, H. D., Kim, S. W., Kang, C. W., Hwang, H. J. and Chang, H. I. 2006. Preparation and analysis of yeast cell wall mannoproteins, immune enhancing materials, from cell wall mutant *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Microbiol. Biotechnol.* 16:247.
- Haghighi, H. R., Gong, J., Gyles, C. L., Hayes, M. A., Sanei, B., Parvizi, P., Gisavi, H., Chambers, J. R. and Sharif, S. 2005. Modulation of antibody-mediated immune response by probiotics in chickens. *Clin. Diagn. Lab. Immunol.* 12:1387.
- Jin, L. Z., Ho, Y. W., Abdullah, N. and Jalaludin, S. 1996. Influence of dried *Bacillus subtilis* and *Lactobacilli* cultures on intestinal microflora and performance in broilers. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 9:397.
- Jin, L. Z., Ho, Y. W., Abdullah, N. and Jalaludin, S. 1998. Growth performance, intestinal microbial populations, and serum cholesterol of broilers fed diets containing *Lactobacillus* cultures. *Poultry Sci.* 77: 1259.
- Khaksefidi, A. and Rahimi, Sh. 2005. Effect of probiotic inclusion in the diet of broiler chickens on performance, feed efficiency and carcass quality. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 18:1153.
- Koenen, M. E., Kramer, J., van der Hulst, R., Heres, L., Jeurissen, S. H. M. and Boersma, W. J. A. 2004. Immunomodulation by probiotic lactobacilli in layer- and meat- type chickens. *Br. Poult. Sci.* 45:355.
- Lan, P. T., Binh le, T. and Benno, Y. 2003. Impact of two probiotic *Lactobacillus* strains feeding on fecal lactobacilli and weight gains in chicken. *J. Gen. Appl. Microbiol.* 49:29.
- Li, J., Li, D. F., Xing, J. J., Cheng, Z. B. and

- Lai, C. H. 2006. Effects of beta-glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, and immunological and somatotropic responses of pigs challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. *J. Anim. Sci.* 84:2374.
18. Li, J., Xing, J., Li, D., Wang, X., Zhao, L., Lv, S. and Huang, D. 2005. Effects of beta-glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae* on humoral and cellular immunity in weaned piglets. *Arch. Anim. Nutr.* 59:303.
19. Lowry, V. K., Farnell, M. B., Ferro, P. J., Swaggerty, C. L., Bahl, A. and Kogut, M. H. 2005. Purified β -glucan as an abiotic feed additive up-regulates the innate immune response in immature chickens against *Salmonella enterica* serovar Enteritidis. *Int. J. Food Microbiol.* 98:309.
20. Mohan, B., Kadirvel, R., Natarajan, A. and bhaskaran, M. 1996. Effect of probiotic supplementation on growth, nitrogen utilisation and serum cholesterol in broilers. *Br. Poult. Sci.* 37:395.
21. Nisbet, D. J., Corrier, D. E., Scanlan, C. M., Hollister, A. G., Beier, R. C. and Deloach, J. R. 1993. Effect of defined continuous-flow derived bacterial culture and dietary lactose on *Salmonella* colonization in broiler chicks. *Avian Disease* 37:1017.
22. NRC, 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th ed. National Academy Press. Washington D.C.
23. Ogawa, T., Asai, Y., Sakamoto, H. and Yasuda, K. 2006. Oral immuno-adjuvant activity of *Lactobacillus casei* subsp. *casei* in dextran-fed layer chickens. *Br. J. Nutr.* 95:430.
24. Onifade, A. A., Odunsi, A. A., Babatunde, G. M., Oloredo, B. R. and Muma, E. 1999. Comparison of the supplemental effects of *Saccharomyces cerevisiae* and antibiotics in low-protein and high-fibre diets fed to broiler chickens. *Arch. Tierernahr.* 52:29.
25. SAS, 2002. SAS User's guide. Statistics, Version 8. e., SAS Institute. Inc. Cary, NC.
26. Timmerman, H. M., Veldman, A., van den Elsen, E., Rombouts, F. M. and Beynen, A. C. 2006. Mortality and growth performance of broilers given drinking water supplemented with chicken-specific probiotics. *Poultry Sci.* 85:1383.
27. Tortuefo, F. 1973. Influence of implantation of *Lactobacillus acidophilus* in chicks on the growth, feed conversion, malabsorption of fats syndrome and intestinal flora. *Poultry Sci.* 52:197.
28. Watkins, B. A. and Kratzer, F. H. 1983. Effect of oral dosing of *Lactobacillus* strains on gut colonization and liver biotin in broiler chicken. *Poultry Sci.* 62:2088.
29. Wenk, C. 2000. Recent advances in animal feed additives such as metabolic modifiers, antimicrobial agents, probiotics, enzymes and highly available minerals -review- *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 1:86.
30. Willis, W. L., Isikhuemhen, O. S. and Ibrahim, S. A. 2007. Performance assessment of broiler chickens given mushroom extract alone or in combination with probiotics. *Poultry Sci.* 86:1856.
31. 김용란, 안병기, 김문수, 강창원. 2000. 생균제 (MS)의 사료내 첨가가 육계 성적과 혈중 콜레스테롤, 소장크기 및 장내 균총에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지.* 42:849.
32. 한인규, 이상철, 이진희, 이금기, 이정치. 1984. 브로일러에 대한 *Lactobacillus sporegenes*의 생산 촉진효과와 분변 및 장내 세균총의 변화에 미치는 영향. *한국축산학회지.* 26:150.
- (접수일자 : 2007. 11. 12. / 채택일자 : 2008. 2. 13.)