



육계에서 에너지 및 조단백질 저감 사료 내 효소제의 적용 효과

김웅래¹ · 권소희¹ · 김관웅² · 김은집³ · 안수현⁴ · 공창수^{5,6} · 김수기⁷ · 안병기^{7†}

¹건국대학교 동물자원과학과 대학원생, ²농협사료 박사, ³천안연암대학교 교수,
⁴경북대학교 축산BT학과 대학원생, ⁵경북대학교 축산BT학과 교수,
⁶경북대학교 축산학과 교수, ⁷건국대학교 동물자원과학과 교수

Effect of Enzymes Application in Feed with Reduced Concentrations of Energy and Crude Protein in Broiler Chickens

Woong Lae Kim¹, So Hee Kwon¹, Kwan Eung Kim², Eun Jib Kim³, Su Hyun An⁴,
 Changsu Kong^{5,6}, Soo Ki Kim⁷ and Byoung Ki An^{7†}

¹Graduate Student, Department of Animal Science and Technology, Konkuk University, Seoul 05029, Republic of Korea

²Doctor, R&D Center, Nonghyup Feed, Seoul 05398, Republic of Korea

³Professor, Division of Animal Husbandry, Yonam College, Cheonan 31005, Republic of Korea

⁴Graduate Student, Department of Animal Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Sangju 37224, Republic of Korea

⁵Professor, Department of Animal Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Sangju 37224, Republic of Korea

⁶Professor, Department of Animal Science, Kyungpook National University, Sangju, 37224 Republic of Korea

⁷Professor, Department of Animal Science and Technology, Konkuk University, Seoul 05029, Republic of Korea

ABSTRACT This study investigated the effects of the addition of commercial enzyme products to broiler feed with reduced levels of metabolizable energy and crude protein on the growth performance, blood profiles, and cecal microflora. A total of 750 seven-day-old male Ross 308 broiler chicks were randomly allotted to five treatment groups with six replicates (25 birds/replicate) for 28 days. A corn-wheat-soybean meal-based diet was formulated to meet or exceed the nutrient recommendations and used as the control diet. Experimental diets with metabolizable energy reduced by 100 kcal/kg and crude protein by 1% were formulated containing four different commercial enzyme products. Feed intake and weight gain were not affected by the dietary treatments; however, feed conversion ratios were significantly lower ($P<0.01$) in the control group than in the other treatment groups during the entire experimental period. There were no significant differences in the blood profiles and cecal microflora between the dietary treatments. However, the viscosity of jejunal contents in chicks fed a diet with enzyme B was significantly lower than that in the other groups. The tentative marketing age was unaffected by any of the dietary treatments, and ranged from 26.39 d to 26.84 d. Collectively, the use of commercial enzymes contributed to a similar weight gain as that in chicks fed diets with reduced energy and crude protein levels; however, it failed to maintain the feed conversion ratio.

(Key words: commercial enzyme products, metabolizable energy, crude protein, growth performance, broiler)

서 론

국제 곡물가, 원유가 및 수송비용은 지난 15년간 지속적으로 상승하여 국내 사료업계에서는 사료 원재료비 절감에 대한 압박을 심하게 받고 있다. 특히 수입의존도가 지나치게 높은 점과 곡물 수요 경쟁이 치열해지는 상황에서 다양한 원료의 개발과 효율적 이용에 대한 관심이 높아지고 있

다. 그러나 가격 경쟁력을 갖춘 원료라고 하더라도 옥수수·대두박에 비하여 에너지와 영양소 이용성이 상대적으로 낮은 단점을 보완하고 항영양인자를 저감시키지 않는다면 신규 원료의 적용은 제한적일 수밖에 없다(Bedford and Schulze, 1998). 특히 소맥과 대맥 등 옥수수를 대체할 곡류에는 섬유소를 비롯한 비전분 다당류(non-starch polysaccharide; NSP)가 함유되어 있어서 특히 가금의 성장과 생산성을 저하시키

[†] To whom correspondence should be addressed : abk7227@hanmail.net

는 단점을 가진다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 amylase, xylanase, β -glucanase 등의 외인성 효소제를 가금 사료에 사용하는 것이 유리하다고 알려져 있다(Chesson, 2001).

사료 분야에서 효소제의 개발 및 적용은 1950년대부터 활발히 수행되었다. 초기에는 보리를 기초로 하는 사료에서 β -glucanase를 적용하는 실험을 시작으로 해서 소맥의 xylan을 분해하는 xylanase의 개발까지 다수의 연구가 이루어졌다. 실제로 효소제의 초기 연구는 개발된 효소제품의 활성과 기질 특이성에 대한 이해에 초점이 맞추어져 있었다(Choct, 2006). 특히 효소 및 그 기질에 대한 이해가 명확해지고 미생물 공학이 발달함으로써 가금 사료 내 효소제품의 사용이 통상적으로 이루어져 왔다. 닭에서 장 내 점도를 높이는 원료들을 이용할 때 단일 효소제 또는 복합 효소제를 적용함으로써 영양소 소화율을 높이고 성장 성적을 개선시킬 수 있다는 결과들이 보고되었다(Hesselman and Aman, 1986; Gao et al., 2007). 그 외에도 사료비 절감, 항영양인자의 분해와 환경 부담 감소는 효소제의 적용을 통해 얻을 수 있는 부가적인 효과이다(Cowieson and Ravindran, 2008). 본 연구에서는 대사에너지와 조단백질 수준을 낮춘 조건에서 다양한 시판 효소제를 적용하는 사양실험을 통해 성장성적과 생리적 반응에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구의 동물실험은 건국대학교 동물실험윤리위원회(IACUC) 규정에 따라 진행되었다(승인번호: KU19109).

1. 동물, 사료 및 실험설계

1일령 Ross 308 육계를 동일한 사양조건에서 시판사료의 초이사료(대사에너지, 3,000 kcal/kg; 조단백질, 21%)로서 1주일간 예비 사육하고, 7일 차에 공시계의 체중을 측정 한 후 펜별 평균 체중이 유사하도록 완전임의배치법을 이용하여 구배치를 하였다. 옥수수-소맥-대두박을 기초로 하여 대사에너지와 조단백질 수준을 Ross 308의 권장 수준에 유사하도록 배합한 사료를 대조구(Control)로 하였고, 대사 에너지를 100 kcal/kg 낮추고, 조단백질 수준을 1.0% 저감시킨 조건에서 4종의 효소제품을 각각 첨가한 실험사료 급여구(T1~T4)로 구분하였다. 시판 효소제 A(xylanase, 4,000 μ g; α -amylase, 400 μ g; protease, 8,000 μ g), 효소제 B(β -mannanase, 800 μ g), 효소제 C(xylanase, 2,200 μ g; β -glucanase, 200 μ g), 효소제 D(xylanase, 1,000 μ g)를 실험사료 내에 0.05% 수준으로 동일하게 첨가하였다. 21일령까지 전기사료(starter

diet)를, 이후 28일령까지 후기사료(grower diet)를 급여하였다(Table 1 and 2). 실험사료 제조 후 일정량을 취하여 일반 성분, 칼슘과 인 함량을 분석하였다(AOAC, 1990).

2. 사양관리

공시 병아리들은 톱밥을 깔짚으로 사용한 30개의 floor pen(가로 \times 세로 \times 높이: 180 \times 180 \times 200 cm)에 25수씩 수용하였다(5처리, 6반복으로 총 750수 공시). 사료 급여기는 펜별로 1개씩, 급수 니플의 수도 펜별로 동일하게 배치하였다. 실험사료와 물은 자유 채식 및 자유 음수로 하였고, 전 사양기간 동안 24시간 종일 점등하였다. 입추 후 1일령의 계사 내 온도는 33 $^{\circ}$ C로 하였고, 주당 4 $^{\circ}$ C씩 감온하여 이후에는 20 $^{\circ}$ C를 유지하였다.

3. 조사항목

1) 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

주 1회 반복구별로 모든 공시계의 펜별 체중과 사료 섭취량을 조사하였다. 해당 실험기간 중의 사료섭취량을 총합하여 증체량과 대비하여 사료요구율을 계산하였다. 주별 체중을 근거로 성장곡선에 따른 생체 1.5 kg 도달 예측 일령을 구하였다.

2) 혈액 성분

사양실험 종료 후(실험 4주차)에 각 반복구별로 평균 체중에 해당하는 공시계를 1수씩(처리당 6수) 선발하여 익하정맥 채혈을 하고, 혈청분리 진공튜브에 담았으며, 채혈 당일 원심분리(HA 1000-3, 한일과학산업)하여 혈청을 얻었다. 혈액자동분석기(Hitachi LABOSPECT 008AS, Japan)를 이용하여 영양 지표로서 알부민, 글로불린 및 총단백질 농도를 분석하였다.

3) 장내 균총

사양실험 종료 후(실험 4주차), 생체중 측정치의 평균에 해당하는 개체를 처리구별로 8수씩 선발하여 안락사시킨 후 맹장을 내용물과 함께 적출하여 냉동 보관하였다. 이후 멸균된 생리식염수에 현탁하여(Homogenizer T25, Janke and Kunkel type, Ika, Staufen, Germany)로 균질화한 후, 적당한 비율로 희석하여 측정용 시료로 사용하였다. 실험 처리에 의한 맹장 내의 총균수(total microbes), 유산균수(lactic acid bacteria) 및 대장균수(Coliforms sp.)를 측정하기 위하여 총균수는 total plate count agar(Difco)를, 유산균수는 MRS

Table 1. Ingredients and chemical composition of experimental diets

| Item | Starter | | Grower | |
|--|---------|------------|---------|------------|
| | Control | Treatments | Control | Treatments |
| Ingredient (%) | | | | |
| Corn | 31.43 | 37.64 | 34.47 | 37.92 |
| Wheat | 25.00 | 20.00 | 25.00 | 22.00 |
| Rice | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Wheat flour | 1.00 | 2.00 | 1.00 | 2.00 |
| Soybean meal (44.5%) | 19.52 | 19.96 | 15.62 | 16.58 |
| Rapeseed meal | 1.50 | 1.50 | 2.50 | 2.50 |
| Corn gluten meal | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| Dried distiller's grains with solubles | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| Meat meal | 2.50 | 2.50 | 3.00 | 2.50 |
| Animal fat | 4.52 | 2.39 | 4.32 | 2.58 |
| L-Lysine HCl (78%) | 0.52 | 0.51 | 0.44 | 0.41 |
| DL-Methionine (98%) | 0.38 | 0.37 | 0.32 | 0.30 |
| L-Threonine (98%) | 0.03 | 0.02 | 0.06 | 0.05 |
| Choline chloride (50%) | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| Mono-calcium phosphate | 0.60 | 0.58 | 0.40 | 0.38 |
| Limestone | 2.52 | 2.00 | 2.39 | 2.25 |
| Salt | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| Vitamin-mineral premix ¹ | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| Phytase | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Enzyme products | - | 0.05 | - | 0.05 |
| Chemical compositions, calculated | | | | |
| CP (%) | 20.50 | 19.50 | 19.50 | 18.50 |
| Crude fiber (%) | 2.88 | 2.92 | 2.84 | 2.88 |
| Ca (%) | 0.90 | 0.90 | 1.00 | 1.00 |
| Phosphorus (%) | 0.49 | 0.49 | 0.45 | 0.45 |
| Total Lys (%) | 1.30 | 1.30 | 1.15 | 1.15 |
| Total TSAA (%) | 1.05 | 1.05 | 0.96 | 0.96 |
| AMEn (kcal/kg) | 3,037 | 2,937 | 3,047 | 2,947 |

¹ Vitamin and mineral mixtures provided the following nutrients per/kg feed: vitamin A, 80,000 IU; vitamin D₃, 1,600 IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K₃, 8 mg; vitamin B₁, 8 mg; vitamin B₂, 24 mg; vitamin B₆, 12 mg; vitamin B₁₂, 0.040 mg; pantothenic acid, 40 mg; folic acid, 4 mg; nicotinic acid, 120 mg; Fe, 60 mg; Zn, 50 mg; Mn, 60 mg; Co, 0.3 mg; Cu, 10 mg; Se, 0.2mg.

Table 2. Analyzed chemical composition of experimental diets (%)

| Item | Starter | | Grower | |
|--------------------------------|---------|------------|---------|------------|
| | Control | Treatments | Control | Treatments |
| Analyzed chemical compositions | | | | |
| Moisture | 9.5 | 10.0 | 10.0 | 10.6 |
| Crude protein | 20.4 | 19.5 | 19.4 | 18.7 |
| Ether extract | 7.0 | 4.8 | 7.0 | 5.0 |
| Crude fiber | 2.3 | 2.1 | 2.6 | 2.6 |
| Crude ash | 5.2 | 5.2 | 5.0 | 5.1 |
| Calcium | 1.02 | 0.90 | 1.06 | 1.09 |
| Total phosphorus | 0.53 | 0.57 | 0.54 | 0.57 |

agar(Difco)를, 대장균수는 MacConkey agar(Difco)를 사용하였고, 37°C에서 24시간 배양 후 균수를 측정을 하였다. 형성된 집락의 수가 약 10~100개 정도 되는 평판배지에서 형태학적으로 서로 다른 균을 3회 계대 배양을 통해 분리하였다. 사용한 primer는 27F(forward primer: 5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3')와 1492R(reverse primer:5'-TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T-3')을 사용하여 16S rRNA 유전자 염기서열을 밝혔다. NCBI의 BLAST를 이용하여 Gene bank에서 유전자의 유사성을 분석하였다.

4) 장 내용물 점도

맹장 샘플을 얻기 위하여 희생시킨 개체에서 공장(십이지장 말단부터 메켈 게실까지)과 회장(메켈 게실부터 맹장 2 cm 전위 부위까지)의 내용물을 채취하였고, 점도 측정을 위한 시료로 이용하였다. 장 내용물 점도는 전용 점도계(Brookfield VISCOMETER DVII+ Pro, USA)를 사용하여 측정하였다. 공시계별로 공장과 회장 내용물 1 g에 3차 증류수 900 µL를 넣고 4°C에서 9,000 rpm으로 10분간 원심분리 하였다. 상층액 0.5 mL를 점도계 플레이트 중앙에 떨어뜨린 후 10 rpm의 회전 조건에서 30초 경과 시의 값을 기록하였다.

4. 통계 분석

결과는 SAS(SAS Inst. Inc., Cary, NC)의 Proc MIXED를 이용하여 분석하였다. 모델의 고정변수는 실험사료이며, 임의변수는 반복으로 설정하였다. 개체 일령(X)에 따른 체중(Y)을 각각 독립변수와 종속변수로 하여 2차 다항 회귀모델($Y = a_0 + a_1X + a_2X^2$)을 엑셀로 표현하였고, 1.5 kg 도달

시 예측 일령 계산은 회귀 모델의 기울기와 절편을 통해 계산하였다. 성장 성적의 실험단위는 펜으로 하였고, 기타 분석항목은 개체로 하였다. 유의한 차이가 인정되었을 때 Duncan의 다중검정을 통하여 검정을 실행하였으며, 모든 분석의 통계적 유의차는 $P < 0.05$ 로 설정하였다.

결과 및 고찰

1. 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

에너지 및 조단백질 저감 사료 내 효소제 첨가 급여가 성장 성적에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 3에 나타내었다. 실험 개시 시의 체중은 처리간 유의차를 보이지 않았다. 전기 종료 시(21일령) 체중, 일당증체량과 사료섭취량에서도 처리간 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만 사료요구율은 효소제를 첨가한 처리구에 비하여 대조구에서 유의하게 낮은 결과가 관찰되었다($P < 0.05$). 중기사료를 급여한 21일령부터 28일령까지의 성장성적에서는 처리간에 큰 차이가 나타나지 않았다. 실험 기간의 생체중, 일당증체량과 사료섭취량에서는 처리간 유의한 차이는 없었으나, 사료요구율은 효소제를 첨가한 처리구에 비하여 대조구에서 유의하게 낮았다($P < 0.05$).

에너지 및 조단백질 저감 사료 내 효소제 첨가 급여가 1.5 kg 도달 일령에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 4에 나타내었다. 대조구를 급여 받은 개체가 1.5 kg에 도달하기 위한 일령은 26.34일로 추정되었고, 효소제를 첨가한 처리구 T1, T2, T3 및 T4에서의 1.5 kg 도달 예상 일령 각각 26.79, 26.39, 26.83 및 26.84일로 추정되었으며, 통계적 유의차는 없었다. 이전 연구에서 조단백질을 낮춘 사료 내에 프로테아

Table 3. Effects of dietary enzyme products on growth performance of broiler chicks^{1,2}

| | Initial BW (g) | Starter (7~21 d) | | | | Grower (22~28 d) | | | | Total period | | |
|-------------------------|-------------------|------------------|------------|-------------|-------------------|------------------|------------|-------------|-------|--------------|-------------|-------------------|
| | | BW (g) | ADG (g) | ADFI (g) | FCR | BW (g) | ADG (g) | ADFI (g) | FCR | ADG (g) | ADFI (g) | FCR |
| Control | 182.2 | 1,039.3 | 61.1 | 77.87 | 1.27 ^b | 1,661.7 | 87.7 | 131.90 | 1.51 | 70.45 | 95.88 | 1.36 ^b |
| T1 | 183.0 | 1,021.8 | 59.9 | 79.67 | 1.32 ^a | 1,611.5 | 84.2 | 131.95 | 1.57 | 68.02 | 97.10 | 1.43 ^a |
| T2 | 182.4 | 1,040.7 | 61.3 | 81.22 | 1.32 ^a | 1,654.0 | 86.4 | 136.17 | 1.58 | 70.08 | 99.54 | 1.42 ^a |
| T3 | 183.3 | 1,016.2 | 59.4 | 79.34 | 1.33 ^a | 1,609.8 | 84.8 | 131.67 | 1.55 | 67.93 | 96.78 | 1.42 ^a |
| T4 | 182.8 | 1,021.0 | 59.8 | 79.27 | 1.33 ^a | 1,611.9 | 85.9 | 134.23 | 1.56 | 68.06 | 97.59 | 1.43 ^a |
| Pooled SEM ³ | 1.12 | 11.72 | 0.80 | 14.59 | 0.01 | 24.54 | 2.17 | 19.15 | 0.02 | 1.145 | 31.22 | 0.007 |
| P-values | 0.952 | 0.473 | 0.367 | 0.300 | 0.007 | 0.396 | 0.813 | 0.730 | 0.106 | 0.360 | 0.520 | <0.001 |

¹ Data are expressed as means of six replicates per dietary group.

² Control diet, commercial diet; T1, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 4,000 µg xylanase, 400 µg α-amylase, and 8,000 µg protease; T2, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 800 µg β-mannanase; T3, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 2,200 µg xylanase and 200 µg β-glucanase; T4, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 1,000 µg xylanase.

³ SEM, standard error of the mean.

^{a,b} Values with different superscripts within a column differ significantly ($P < 0.05$).

Table 4. Multiple linear regression equations adjusted with body weight at d 7, 21, and 28-d-old broilers to predict the days to achieve 1.5 kg body weight^{1,2}

| Item | Prediction equation | Predicted days to achieve 1.5 kg BW |
|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| C | $y = 1.3189x^2 + 24.295x - 52.51$ | 26.34 |
| T1 | $y = 1.1581x^2 + 27.487x - 66.18$ | 26.79 |
| T2 | $y = 1.2529x^2 + 26.229x - 62.64$ | 26.39 |
| T3 | $y = 1.2056x^2 + 25.734x - 55.90$ | 26.83 |
| T4 | $y = 1.1687x^2 + 27.152x - 64.57$ | 26.84 |
| SEM ³ | | 0.239 |
| P-value | | 0.255 |

¹ Data are expressed as means of six replicates per dietary group.

² Control diet, balanced diet; T1, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 4,000 µg xylanase, 400 µg α-amylase, and 8,000 µg protease; T2, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 800 µg β-mannanase; T3, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 2,200 µg xylanase and 200 µg β-glucanase; T4, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 1,000 µg xylanase.

³ SEM, standard error of the mean.

제 효소제를 첨가한 실험조건에서 대조구에 비하여 증체량이 유의하게 높아지는 결과를 관찰하였다(Mohammadigheisar and Kim, 2018). 반면 xylanase, β-glucanase와 pectinase로 구성된 복합 효소제를 성장 중인 닭에 7주간 급여한 연구에서는 증체의 유의한 개선 효과가 나타나지 않았으며(Francesch et al., 1995), 옥수수-보리-대두박 위주의 실험사료를 급여하는 조건에서도 효소제의 첨가가 증체와 출하체중에 크게 영향을 미치지 않았다는 상반된 결과가 보고된 바 있다 (Hashish et al., 1995).

시판 phytase는 육계 배합사료에 보편적으로 첨가하고 있어서 본 연구에서도 phytase를 적용하는 실험 조건을 부여하였다. 효소제 특히 xylanase를 phytase와 같이 사용할 때 두 효소가 간섭이나 상승적 효과를 발휘하지 않는 것으로 알려져 있다(Wu et al., 2004). 효소제의 급여에 따른 성장 반응의 차이는 효소제의 활성, 사료 내 기질의 함유 정도, 사료 내 에너지와 영양소 설계 수준, 사양 및 환경 조건에 따른 것으로 생각된다.

2. 혈액 성분

에너지 및 조단백질 저감 사료 내 효소제 첨가 급여가 혈액 성상에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 5에 나타내었다. 사양실험 종료 후 채취한 혈액의 영양지표로서 조사한

Table 5. Effects of dietary enzyme products on blood profiles of broiler chicks^{1,2}

| Item | Albumin | Globulin | Total protein |
|-------------------------|------------------|----------|---------------|
| | ----- g/dL ----- | | |
| Control | 1.57 | 1.28 | 2.85 |
| T1 | 1.48 | 1.20 | 2.68 |
| T2 | 1.37 | 1.17 | 2.53 |
| T3 | 1.43 | 1.15 | 2.58 |
| T4 | 1.55 | 1.32 | 2.87 |
| Pooled SEM ³ | 0.05 | 0.05 | 0.09 |
| <i>P</i> -values | 0.055 | 0.112 | 0.051 |

¹ Data are expressed as means of eight chicks per dietary group.

² Control diet, balanced diet; T1, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 4,000 µg xylanase, 400 µg α-amylase, and 8,000 µg protease; T2, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 800 µg β-mannanase; T3, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 2,200 µg xylanase and 200 µg β-glucanase; T4, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 1,000 µg xylanase.

³ SEM, standard error of the mean.

albumin, globulin 및 total protein의 혈액 내 농도는 처리간에 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 대조구와 효소제 첨가구간에 성장에 큰 영향이 없었기 때문에 혈액 내 영양지표에서 차이가 없는 것은 예상된 결과일 것이다. 사육 환경과 효소제 종류의 차이에 따라 혈액 내 영양지표에 결과가 다르게 나타날 수 있기 때문에 이에 대한 다양한 연구가 필요하다고 생각된다.

3. 장내 균총

에너지 및 조단백질 저감 사료 내 효소제 첨가 급여가 맹장 내 균총 수에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 6에 나타내었다. 이전 연구에서는 사료에 xylanase를 첨가하였을 때 맹장에서 *Salmonella*, *Lactobacillus*, *Bifidobacteria*를 증가시켰다고 보고하였다(Nian et al., 2011). 반대로 xylanase를 사료에 배합하였을 때 *Lactobacillus* 등 장내 균총 변화에 영향을 미치지 않았다(Lu et al., 2009). 또한, 본 연구와 유사한 이전 연구에서 조단백질 수준을 낮추고, 프로테아제 효소제를 급여하는 실험에서도 마찬가지로 총균수, 유산균수, 대장균수에서 유의적인 차이는 발생하지 않았다(Mohammadigheisar and Kim, 2018). 효소제 첨가 후 장내 균총을 조사한 연구는

Table 6. Effects of dietary enzyme products on cecal microbial population of broiler chicks^{1,2}

| Item | <i>Lactobacillus</i> | Total microbes | <i>E. coli</i> |
|-------------------------|--------------------------------------|----------------|----------------|
| | ----- log ₁₀ CFU/mL ----- | | |
| Control | 8.1 | 7.8 | 7.0 |
| T1 | 8.3 | 7.7 | 7.0 |
| T2 | 8.0 | 7.7 | 7.0 |
| T3 | 8.1 | 7.7 | 6.9 |
| T4 | 8.0 | 7.6 | 6.2 |
| Pooled SEM ³ | 0.14 | 0.17 | 0.29 |
| <i>P</i> -values | 0.446 | 0.913 | 0.245 |

¹ Data are expressed as means of eight chicks per dietary group.

² Control diet, balanced diet; T1, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 4,000 µg xylanase, 400 µg α-amylase, and 8,000 µg protease; T2, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 800 µg β-mannanase; T3, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 2,200 µg xylanase and 200 µg β-glucanase; T4, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 1,000 µg xylanase.

³SEM, standard error of the mean.

매우 많았지만 상반된 결과가 보고되고 있어서 본 연구에서도 다양한 효소제를 적용하면서 맹장 균수와 염기서열 분석을 통해 장내 균총에 어떤 영향을 미치는지 조사하였다. 계대배양으로 분리된 미생물을 16S rRNA sequencing으로 분석하여 각 처리구에서 배지별 우점 균을 Table 7에 명시하였다. 대조구에서는 *Lactobacillus salivarius*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus johnsonii*, *E. coli*가 주로 분리 동정되었다. T1에서는 대조구와 같은 유산균들이 확인되었고, Uncultured bacterium, *Enterococcus* sp.가 추가적으로 분리 동정되었다. T2에서도 *Lactobacillus salivarius*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus lactis*가 분리 동정되었다. T3에서는 대조구, T1 및 T2에서 분리 동정된 모든 균들이 분리되었으며, 다른 균들은 확인되지 않았다. T4에서는 대조구와 다른 처리구에서 분리 동정되지 않았던 *Staphylococcus epidermidis*, Uncultured *Streptococcus* sp. 및 *Dermacoccus* sp.가 확인되었다. PCA 배지에서는 모든 처리구에서 비슷한 유산균과 대장균이 확인되었다. MRS 배지에서는 C-T4까지 *Lactobacillus salivarius*, *Lactobacillus johnsonii* 2가지 유산균이 우점균이었으며, *Lactobacillus salivarius*는 병원성 세균인 대장균, 황색포도상구균 및 살모넬라균 등에 항균 작용을 하며(Lim et al.,

Table 7. Identification of microbes isolated from ceca in broiler chicks^{1,2,3}

| Item | PCA | MRS | MC |
|---------|--|--|--------------------------------------|
| Control | <i>Enterococcus faecium</i> <i>E. coli</i> <i>Lactobacillus salivarius</i> | <i>Lactobacillus salivarius</i> <i>Lactobacillus johnsonii</i> Uncultured <i>Lactobacillus</i> sp. | <i>E. coli</i> |
| T1 | Uncultured <i>Lactobacillus</i> Uncultured <i>Bacterium</i> <i>Enterococcus</i> sp. | <i>Lactobacillus salivarius</i> <i>Lactobacillus johnsonii</i> | <i>E. coli</i> |
| T2 | <i>E. coli</i> <i>Lactobacillus salivarius</i> <i>Enterococcus faecalis</i> | <i>Lactobacillus salivarius</i> <i>Enterococcus lactis</i> Uncultured <i>Bacterium</i> <i>E. coli</i> | <i>E. coli</i> |
| T3 | <i>E. coli</i> <i>Lactobacillus salivarius</i> | <i>Lactobacillus salivarius</i> <i>Lactobacillus johnsonii</i> <i>Enterococcus faecium</i> | <i>E. coli</i> <i>Proteus</i> sp. |
| T4 | <i>Staphylococcus epidermidis</i> Uncultured <i>Streptococcus</i> <i>Lactobacillus salivarius</i> <i>Dermaococcus</i> sp. | Uncultured <i>Lactobacillus</i> <i>Enterococcus faecium</i> <i>Lactobacillus salivarius</i> | <i>E. coli</i> |

¹ PCA, total plate count agar; MRS, MRS agar; MC, MacConkey agar.

² Control diet, balanced diet; T1, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 4,000 µg xylanase, 400 µg α-amylase, and 8,000 µg protease; T2, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 800 µg β-mannanase; T3, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 2,200 µg xylanase and 200 µg β-glucanase; T4, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 1,000 µg xylanase.

³ Data are expressed as means of six chicks per dietary group.

2007), *Lactobacillus johnsonii*는 건강한 미생물의 일종인 유산균이며 생균제라는 특성이 있다(Lee et al., 2008). MAC 배지에서는 모든 처리구에서 동일한 *E. coli* 대장균이 확인되었으며, T3에서만 *Proteus* sp.가 확인되었다. 이는 창상감염의 원인균이다. 복합효소제의 급여가 육계의 장내 균총수에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 영양소 수준이 다른 조건에서 또는 동일한 영양 조건에서도 적용하는 효소제에 따라 장내 우점균들이 상이해질 수 있음이 시사되었고, 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다.

4. 장 내용물 점도

에너지 및 조단백질 저감 사료 내 효소제 첨가 급여가 공장 및 회장 내용물 점도에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 8에 나타내었다. 공장 내용물의 점도에서는 처리간에 유의한 차이는 나타나지 않았다. 회장 내용물 점도는 T2 처리구가 대조구 및 다른 효소제 처리구에 비하여 유의하게 낮은 결과가 관찰되었다($P < 0.05$).

장 내용물 점도가 높아지면 소화율이 저하되고, 이는 사

료효율 및 성장에 많은 영향을 미친다. 이전 연구에서는 복합효소제와 동물성 및 식물성 단백질이 함유된 사료를 육계에 급여할 때 장 내용물 점도가 유의적으로 낮아진다고 나타내었다(Nagaraj and Bilgili, 2007). 반면 대두박 위주의 사료에 프로테아제가 포함된 복합효소제를 육계 사료에 급여할 때 장 내용물 점도에 유의적인 차이가 없다고 나타내었다(Kocher et al., 2003). 복합효소제 급여가 육계 공장, 회장 점도에 미치는 영향은 장 내용물 점도에 영향을 줄 수 있는 사료 조성인 소맥, 대두박 및 NSP 등의 함량과 사육환경의 차이로 인한 유의차가 발생하지 않은 것으로 생각된다. 다만 β-mannanase를 급여한 T2에서는 유의적으로 낮은 점도가 보였는데, 이러한 차이가 나타난 원인에 대해서는 추가적인 연구를 통해 밝혀야 할 것이다.

적 요

대사에너지와 조단백질 수준을 낮춘 실험사료 내에 여러 종류의 효소제를 첨가, 급여하고 성장 성적을 조사함으로써

Table 8. Effects of dietary enzyme products on viscosity of intestinal contents of broiler chicks^{1,2}

| Item | Jejunum | Ileum |
|-------------------------|-------------------|-------------------|
| | ----- mPa.s ----- | |
| Control | 4.18 | 5.50 ^a |
| T1 | 4.62 | 4.87 ^a |
| T2 | 3.69 | 3.74 ^b |
| T3 | 4.73 | 5.38 ^a |
| T4 | 4.77 | 5.18 ^a |
| Pooled SEM ³ | 0.36 | 0.36 |
| <i>P</i> -values | 0.195 | 0.014 |

¹ Data are expressed as means of six replicates per dietary group.

² Control diet, balanced diet; T1, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 4,000 µg xylanase, 400 µg α-amylase, and 8,000 µg protease; T2, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 800 µg β-mannanase; T3, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 2,200 µg xylanase and 200 µg β-glucanase; T4, diet with reduction of 100 kcal ME/kg and 1% of CP and addition of 1,000 µg xylanase.

³ SEM, standard error of the mean.

^{a,b} Values with different superscripts within a column differ significantly ($P < 0.05$).

효소제의 가치를 평가하기 위한 목적으로 본 연구를 수행하였다. 부화 직후 동일한 사양 조건과 사료 급여 조건에서 사육한 7일령 수평아리 750수를 공시하였고(5처리, 6반복, 반복당 25수), 대사에너지와 조단백질 수준을 Ross 308의 권장 수준에 유사하도록 배합한 시판사료를 대조구로 하였고, 대사 에너지를 100 kcal 낮추고, 조단백질 수준을 1.0% 저감시킨 사료에 4종의 효소제품을 각각 첨가한 실험사료 급여구(T1-T4)로 구분하였다. 21일령까지 전기사료(starter diet)를, 이후 28일령까지 후기사료(grower diet)를 급여하였다. 에너지 및 조단백질 저감 사료 내 효소제 첨가 급여 후 증체량과 사료섭취량에서는 처리간에 유의한 차이가 없었다. 사육 전 기간의 사료요구율(FCR)은 고에너지 대조구에서 유의하게 낮은 결과가 관찰되었고($P < 0.001$), 효소제 첨가구간에는 큰 차이를 보이지 않았다. 대조구의 1.5 kg 도달 추정일령은 26.34일이었고, 효소제를 첨가한 처리구에서는 26.39일(T2)부터 26.84일(T4) 사이로 추정되었다. 혈액 영양지표 성분의 농도에서는 처리간에 유의한 차이가 없었다. 맹장 균총 수에서는 차이가 없었으나, 우점균 조성에서는 처리간에 차이를 관찰할 수 있었다. 공장 내용물의 점도에서는 처

리간에 차이가 없었으나, 회장 내용물 점도는 T2 첨가구에서 유의하게 낮은 것으로 나타났다($P < 0.05$). 결론적으로 에너지와 조단백질 수준을 낮춘 실험사료 내 효소제의 첨가 급여는 사료요구율을 제외한 성장 성적에 영향을 미치지 않았으며, 생리적 지표에서도 큰 차이를 보이지 않았다.

(색인어: 시판 효소제, 대사에너지, 조단백질, 성장 성적, 육계)

ORCID

| | |
|---------------|---|
| Woong Lae Kim | https://orcid.org/0000-0003-1553-5115 |
| So Hee Kwon | https://orcid.org/0000-0002-6066-543X |
| Kwan Eung Kim | https://orcid.org/0000-0002-8392-9864 |
| Eun Jib Kim | https://orcid.org/0000-0002-6243-0407 |
| Su Hyun An | https://orcid.org/0000-0001-6236-6815 |
| Chang Su Kong | https://orcid.org/0000-0002-3876-6488 |
| Soo Ki Kim | https://orcid.org/0000-0003-3499-3330 |
| Byoung Ki An | https://orcid.org/0000-0002-3158-2491 |

REFERENCES

- AOAC 1990 Official Methods of Analysis of the AOAC, 15th ed. Association of Official Analytical Chemist. Arlington, VA, USA.
- Bedford MR, Schulze H 1998 Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nutr Res Rev* 11(1):91-114.
- Chesson A 2001 Non-starch polysaccharide degrading enzymes in poultry diets: influence of ingredients on the selection of activities. *World's Poult Sci J* 57(3):251-263.
- Choct M 2006 Enzymes for the feed industry: past present and future. *World's Poult Sci J* 62(1):5-15.
- Cowieson AJ, Ravindran V 2008 Effect of exogenous enzymes in maize-based diets varying in nutrient density for young broilers: growth performance and digestibility of energy minerals and amino acids. *Br Poult Sci* 49(1):37-44.
- Francesch M, Perez-Vendrell AM, Esteve-Garcia E, Brufau J 1995 Enzymes supplementation of barley and sunflower-based diet on laying hen performance. *J Appl Poult Res* 4(1):32-40.
- Gao F, Jiang Y, Zhou GH, Han ZK 2007 The effects of

- xylanase supplementation on growth digestion circulating hormone and metabolite levels immunity and gut microflora in cockerels fed on wheat-based diets. *Br Poult Sci* 48(4):480-488.
- Hashish SM, El-Ghamry A, brahim SA 1995 The effect of using Kemzyme zinc bacitracin Lysoforte and Fermacto on carcass and meat quality in broiler chicks. Pages 403-404 In: Proceedings of the 10th European Symposium on Poultry Nutrition. Antalya 15-19 October.
- Hesselman K, Aman P 1986 The effect of β -glucanase on the utilization of starch and nitrogen by broiler chickens fed on barley of low- or high- viscosity. *Anim Feed Sci Technol* 15(2):83-93.
- Kocher A, Choct M, Ross G, Broz J, Chung TK 2003 Effects of enzyme combinations on apparent metabolizable energy of corn-soybean meal-based diets in broilers. *J Appl Poult Res* 12(3):275-283.
- Lee SH, Yang EH, Kwon HS, Kang JH, Kang BH 2008 Potential probiotic properties of *Lactobacillus johnsonii* IDCC 9203 isolated from infant feces. *Microbiol Biotechnol Letters* 36(2):121-127.
- Lim SJ, Jang SS, Kang DK 2007 Probiotic properties of *Lactobacillus salivarius* CPM-7 isolated from chicken feces. *Microbiol Biotechnol Letters* 35(2):98-103.
- Lü M, Li D, Gong L, Ru Y, Ravindran V 2009 Effects of supplemental microbial phytase and xylanase on the performance of broilers fed diets based on corn and wheat. *J Poult Sci* 46(3):217-223.
- Mohammadigheisar M, Kim IH 2018 Addition of a protease to low crude protein density diets of broiler chickens. *J Appl Anim Res* 46(1):1377-1381.
- Nagaraj M, Hess JB, Bilgili SF 2007 Evaluation of a feed-grade enzyme in broiler diets to reduce pododermatitis. *J Appl Poult Res* 16(1):52-61.
- Nian F, Guo YM, Ru YJ, Li FD, Peron A 2011 Effect of exogenous xylanase supplementation on the performance, net energy and gut microflora of broiler chickens fed wheat-based diets. *Asian-Australas J Anim Sci* 24(3):400-406.
- Wu YB, Ravindran V, Thomas DG, Birtles MJ, Hendriks WH 2004 Influence of phytase and xylanase, individually or in combination, on performance, apparent metabolizable energy, digestive tract measurements and gut morphology in broilers fed wheat-based diets containing adequate level of phosphorus. *Br Poult Sci* 45(1):76-84.

Received May 26, 2020, Revised Aug. 11, 2020, Accepted Aug. 11, 2020