



효소제와 미생물제제의 첨가 급여가 육계의 생산성, 도체성적, 장내 미생물 및 계분 악취에 미치는 영향

박철주¹ · 선상수^{2*}

¹전남대학교 동물자원학부 대학원생, ²전남대학교 동물자원학부 교수

Effect of Dietary Supplementation of Enzyme and Microorganism on Growth Performance, Carcass Quality, Intestinal Microflora and Feces Odor in Broiler Chickens

Cheol Ju Park¹ and Sang Soo Sun^{2*}

¹Graduate Student, Department of Animal Science, Chonnam National University, Gwangju 61186, Republic of Korea

²Professor, Department of Animal Science, Chonnam National University, Gwangju 61186, Republic of Korea

ABSTRACT This experiment was conducted to investigate the effect of the addition of enzymes and microorganisms to broiler feed on productivity, carcass characteristics, intestinal microflora, and feces odor. A total of one-hundred eighty 180 chicks (Ross 308) were randomly assigned to 5 treatments with 3 replications each having 12 birds per pen. The experimental group was divided into 0.1% EZ group (0.1% metallo-protease added to the feed), 0.2% EZ group (0.2% metallo-protease added to the feed), M group (2.0% *Bacillus veleznensis* CE 100 added to the feed), and MW group (2.0% *Bacillus veleznensis* CE 100 added to the feed and drinking water). In the results, final body weight, body weight gain, the feed conversion ratio, protein efficiency, and energy efficiency were not significantly different among all treatments in across all periods. Carcass weight, proventriculus, gizzard, heart, small intestine, cecum, and rectum weight were not significantly different among all of the treatments. However the liver weight was significantly higher in the 0.1% EZ group than in the control, M and MW groups ($P < 0.05$). *E. coli* was significantly lower in MW than in the control and M ($P < 0.05$), and it was significantly higher in the M than 0.2% EZ and MW ($P < 0.05$). H₂S emissions in feces was not significantly different among all treatments, but NH₃ emissions was were significantly higher in 0.1% EZ than in MW ($P < 0.05$). In conclusion, the addition of 0.1% of metallo-protease was effective in the development of the liver of broilers.

(Key words: enzyme, microorganism, broilers, performance, odor)

서론

가축의 사료첨가제로서 개발된 항생제는 성장촉진 및 질병 예방 등으로 생산성에 있어서 큰 기여를 하였지만, 과도한 항생제의 오남용으로 항생제 잔류 및 내성 증가로 식품 안전성에 대한 많은 문제점들이 제기되고 있다. 2011년 7월부터 국내 배합사료에 항생제 사용을 금지함으로써 축산농가는 항생제를 대체할 수 있는 사료첨가제에 많은 관심을 나타내고 있다. 사료첨가제는 생균제, 보존제, 아미노산제, 비타민제, 효소제 등이 있으며, 사용하는 종류에 따라 소화 효율 증진, 물질대사 개선, 항산화 작용 등의 효과가 나타난다(Lee, 2014).

효소제는 그 원료가 되는 효소가 미생물이 생산하는 단백질 성 고분자 유기축매로서, 어느 특정한 기질과 결합 후 분해하는 능력을 지니고 있어 사료에 첨가되는 대표적인 첨가제 중 하나이다. 특히 내생 효소의 생산이 불충분한 어린 육계에게 외부에서 효소제를 공급하면 내생 효소의 대체와 동시에 장내 점도를 감소시켜, 영양소 소화율을 증진할 수 있는 기대효과를 볼 수 있다(Bedford, 1996). 최근 연구에 의하면 Kim et al.(2018)은 metallo-protease와 xylanase가 첨가된 복합효소제를 급여 시 출하체중과 증체량이 유의적으로 증가하고, 생산지수와 사료요구율이 개선된 경향을 보여, 효소첨가가 생산성을 유의하게 개선시켰다고 보고하였다. 심 등(2017)은 amylase,

* To whom correspondence should be addressed : sssun@jnu.ac.kr

protease, β -mannanase, xylanase와 phytase로 구성된 복합효소제는 육계의 증체량과 사료요구율을 유의적으로 개선시킬 수 있으며, 복합효소제의 첨가가 에너지 절약이 가능하다는 연구 결과를 제시하였다.

미생물제제는 유용한 미생물 또는 미생물이 만들어낸 생산물을 주된 원료로 구성된 첨가제를 의미하며, 생균제(probiotics)라고도 불린다. 이러한 미생물제제는 길항작용을 통해 소화관에서 유익한 미생물군의 유지가 가능하게 도울 수 있으며, 육계의 생산성과 소화율의 증진 등의 이로운 작용을 하는 것으로 알려져 있다(Ghadban, 2002). 유용미생물(EM)의 첨가가 소장내 미생물 중 유익미생물의 수를 최대 34%까지 증진하고, 암모니아와 같은 유해가스 배출을 감소시키는데 기여한다고 하였으며(Kang et al., 2014), 육계의 소화기관의 암모니아 농도가 저하되어 소화생리와 계사 환경을 개선시킬 수 있어 사료 첨가제로서 그 이용가치가 있다고 판단하였다(Oh et al., 2014). Lee et al.(2013)은 김치 유산균인 *Weissella korenmis*를 생균형태로 첨가시 증체율과 사료효율을 유의적으로 개선시켜 사료용 생균제로서 그 활용성을 보여주었다. 이와 같이 사료 첨가제는 육계의 생산성과 사양 환경의 개선에 있어 매우 긍정적으로 영향을 미치는 것으로 판단된다.

본 연구의 목표는 고효율 단백질 분해 효소제인 metallo-protease와 미생물제제인 *Bacillus velezensis* CE 단일균주 배양액을 첨가 급여하여 육계의 생산성, 도체성적, 장내 미생물, 계분 악취가스에 미치는 영향에 대해 규명하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 공시동물 및 사양관리

시험 동물은 암수가 혼합된 육계(2일령, Ross 308) 180 수를 공시하여 5개 처리구에 처리당 12수를 완전임의배치하여 3반복으로 수행하였다. 병아리 입식 후 적응기간을 거친 후 효소제와 미생물제제를 첨가 급여하여 전기 3주간, 후기 3주를 포함하여 총 43일 동안 사양 시험을 실시하였다. 시험동물은 대조구와 4개 처리구(0.1% EZ, 0.2% EZ, M, MW)로서 대조구는 시판 일반 육계사료를 급여하였으며, 처리구는 육계사료에 고효율 단백질 분해 효소제인 metallo-protease 0.1%(0.1% EZ), 0.2%(0.2% EZ)와 미생물제제인 *Bacillus velezensis* CE(1×10^5 /mL) 단일균주 배양액을 사료(M)에 2.0% 또는 사료와 음수(MW)에 각각 2.0%씩 총 4.0% 첨가하였다(Table 1). 시험사료는 시판 육계 전기사료를 3주간, 후기사료를 3주간 각각 급여하였다. 질병예방을 위하여 9일령과 21일령에 ND와 IBD 백신

을 음용수에 급여하였다. 사양 관리는 전남대학교 부속 동물사육장의 관행에 준하여 평사를 분획하여 pen(구격 230 cm × 200 cm × 60 cm)에서 사육하였다. 점등은 전 사양 기간 동안 24시간 중일 전등을 실시하였고, 계사 온도는 일령별로 32℃에서 22℃까지 사육실 온도 관리 프로그램에 따라 조절하였다.

2. 생산성 및 장기 무게 측정

사료섭취량은 급여량에서 남은 사료량을 측정하여 일 2회 반복 실시하였으며, 체중은 개체별로 1주일 단위로 측정하였다. 증체량은 실험종료시 체중에서 입주시 체중을 뺀 값으로 측정하였으며, 사료요구율은 사료섭취량과 증체량을 토대로 전기(9~22일령), 후기(23~43일령), 전기간(9~43일령) 구간으로 나누어 산출하였다. 육성률은 실험기간동안 생존율을 나타낸 것이며, 생산지수는 평균 생체중, 육성율, 사육기간 그리고 사료 요구율을 토대로 산출하였다. 급여한 육계전기와 육계후기 사료에 명시된 조단백질 함량과 대사에너지 함량을 토대로 단백질효율과 에너지효율을 측정하였다. 실험 종료 후 처리구별로 5수씩 경추 탈골법으로 희생시킨 후, 간, 근육, 심장, 소장, 맹장을 분리시킨 후 멸균증류수로 세척하여 미세저울을 이용해 장기별로 무게를 측정하였다. 도체에서 맹장을 분리시킨 후 맹장 내에 들어있는 내용물 전부를 튜브에 담고 그중 1 g 씩 취하였다.

3. 맹장내 일반세균과 대장균 측정

배지는 일반세균과 대장균에 각각 3M Petrifilm AC, 3M Petrifilm EC를 사용하였다. 맹장내용물을 이용한 일반세균 및 대장균 검출은 5개를 채취하여 비닐팩에 넣어 잘 섞은 뒤 스토마커백에 잘 섞인 샘플 1.0 g을 넣고, 0.1% peptone water 9 mL을 넣은 후 약 30분간 흔들어 용출시킨 뒤(0.1% peptone water = peptone water 1 g + 멸균수 1,000 mL) 스토마커백 필터를 통해 나온 용액 1 mL를 test tube에 옮긴다. 이후 용액 1 mL를 0.1% peptone water 9 mL에 10^{-1} 부터 10^{-8} 까지 희석시킨 뒤, 희석액 1 mL를 각 균주의 선택용 배지에 분주하여 $35 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 24~48시간 배양하였다. 일반세균의 경우, 30~300 cfu 판독범위 내 집락 중 붉은 집락만 체크하고, 대장균의 경우 15~150 cfu 판독범위 내 집락 중 붉은 집락(대장균)과 푸른 집락(대장균)의 주위에 기포를 형성하고 있는 집락만 체크하여 그 집락수에 희석배수를 곱하여 세균수(cfu/g)를 측정하였다.

4. 계분 악취성상 분석

사양 실험 개시 후 3주, 5주, 6주가 되던 시기에 각 처리별로 육계의 분뇨를 채취하였으며, 계분의 악취성상을 분석하기 전

Table 1. The feed formula and chemical composition of starter and finisher period of broiler diet

Ingredients (%)	Starter period	Finisher period
Corn	48.32	55.49
Wheat grain	7.00	5.00
Wheat flour	3.00	5.00
Soybean meal	26.00	17.00
Rapeseed meal	1.00	2.00
Corn gluten	3.00	4.00
DDGS	6.50	6.50
Tallow	1.50	1.25
Limestone	1.80	1.74
Tricalcium phosphate	1.00	1.17
Salt	0.15	0.22
Methionine	0.20	0.13
Lysine	0.18	0.15
Vitamin mixture 1	0.20	0.20
Mineral mixture 2	0.15	0.15
Total	100.0	100.0
Calculate value		
ME (Mcal/kg)	3.00	3.05
Crude protein (%)	20.0	18.0
Crude fat (%)	4.0	4.5
Crude fiber (%)	6.0	6.0
Crude ash (%)	8.0	8.0
Ca (%)	0.80	0.75
Available P (%)	1.50	1.50

¹ Provided vitamin mixture in broiler feed: vitamin A, 18,000 mg; vitamin D, 4,400 mg; vitamin E, 60.0 mg; vitamin K, 4.0 mg; vitamin B₁, 0.4 mg; vitamin B₂, 10.4 mg.

² Provided mineral mixture in broiler feed: Fe, 67.5mg; Cu, 6.75 mg; Mn, 97.5 mg; Zn, 90 mg; Se, 0.195 mg; I, 1.2 mg.

까지 냉장보관을 하였다. 분석 당일 보관한 계분 150 g을 30 × 35 cm 사이즈의 비닐 백에 밀봉시켜, 약 1시간 동안 해동을 진행하였다. 해동이 완료된 후, 밀봉된 비닐 백의 일부를 개봉하여 계분으로부터 산소, 이산화탄소, 메탄의 발생량과 유해가스인 암모니아, 황화수소의 발생량을 측정하였다. 암모니아는 Gastec(Model GV-100, GASTEC, Japan)을 이용해 측정하였으며, 황화수소 및 산소, 이산화탄소, 메탄은 OPTIMA 7 Bio-

gas(MRU Instruments Inc, Germany)를 이용하여 측정을 진행하였다. 각 주차별로 측정된 결과 값을 토대로 각 처리별로 발생된 계분의 악취 성상을 하나로 나타냈다.

5. 통계처리

시험에서 얻어진 모든 분석치는 각 대조구와 처리구간의 평균치와 SE를 표시하였다. 모든 시험결과는 SAS(Statistics Ana-

lytical System, 9.4 Version) 통계 프로그램의 general linear model(GLM) 방법에 따라 처리하였으며, 대조구와 처리 평균 간의 유의성은 Duncan의 다중검정을 이용하여 5% 수준의 유의성으로 통계적 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 성장률과 사료요구율

육계 사료에 효소제와 미생물제제의 첨가가 종료체중과 증체량에 유의적인 영향을 미치지 않았다(Table 2). 효소제의 첨가가 출하체중과 증체량에 미치는 영향에 대한 결과는 Kim et al.(2015, 2018)의 연구 결과와도 유사한 부분을 보였다. 그러나, Kim et al.(2007)은 4~5주 동안 대조구에 비해 protease를 첨가한 처리구가 증체량이 771.53 g에서 855.72 g으로 유의적으로 10.91% 높았고, 후기에 protease의 첨가 유무에 따른 효과를 나타냈다고 보고하였다. Shim et al.(2017)은 후기(22~35

일령)에 대조구에 비해 복합효소제를 첨가한 처리구가 1,038 g에서 1,119 g으로 유의적으로 7.80% 증가하였다고 보고하였으나, 본 실험의 경우 후기 동안 증체량은 대조구에 비해 효소제를 첨가한 처리구의 증체량이 각각 1.22%, 2.44%씩 감소하여 상반되는 결과를 나타내었다. 미생물제제를 첨가한 처리구는 종료체중과 각 기간별 증체량을 대조구와 비교했을 때 통계적인 유의성을 나타내지 않았다. 이러한 결과는 Kang et al.(2014), Oh et al.(2014), Kim et al.(2008)의 연구와 유사한 부분을 보였다. 하지만 Lee et al.(2011)에 의하면 대조구의 종료체중은 1,994.5 g이지만 유산균, 효모균, 고초균으로 구성된 복합생균제를 급여한 처리구는 1,899.2 g으로 대조구에 대비하여 유의적으로 4.78% 감소하였다. 본 실험의 경우, 종료체중이 대조구에 비하여 미생물제제를 첨가한 모든 처리구가 각각 0.93%, 0.79%씩 증가하여 상이한 결과를 보였다.

효소제를 급여한 처리구는 각 기간별 사료요구율, 단백질효율, 에너지효율을 대조구와 비교했을 때 통계적인 유의성이 인

Table 2. Effects of dietary enzyme and microorganism for total period, starter period and finisher period on growth performance in broilers

Treatment	Control	0.1% EZ ¹	0.2% EZ	M ²	MW ³
Total period (d 9~43)					
Final body wt (g)	2,941.45±71.53	3,060.90±84.64	3,030.84±75.46	2,969.90±66.36	2,968.82±106.95
Weight gain (g)	2,728.65±69.51	2,849.15±84.18	2,815.89±74.13	2,755.50±66.09	2,760.47±103.17
FCR (g/g)	1.73±0.05	1.74±0.05	1.78±0.04	1.83±0.05	1.84±0.07
Protein efficiency ⁴	3.16±0.08	3.15±0.09	3.07±0.08	2.99±0.07	3.00±0.11
Energy efficiency ⁴	0.19±0.00	0.19±0.01	0.19±0.00	0.18±0.00	0.18±0.01
Starter (d 9~22)					
Weight gain (g)	810.00±22.85	839.95±16.17	865.00±20.58	845.20±25.76	862.84±29.09
FCR (g/g)	1.50±0.05	1.50±0.03	1.46±0.03	1.50±0.05	1.49±0.05
Protein efficiency	3.40±0.10	3.36±0.06	3.45±0.08	3.39±0.10	3.42±0.12
Energy efficiency	0.23±0.01	0.22±0.00	0.23±0.01	0.23±0.01	0.23±0.01
Finisher (d 23~43)					
Weight gain (g)	1,360.15±38.09	1,343.60±66.71	1,326.95±59.02	1,376.70±42.45	1,366.24±70.64
FCR (g/g)	2.59±0.07	2.84±0.15	2.92±0.17	2.77±0.10	2.86±0.18
Protein efficiency	2.18±0.06	2.05±0.10	1.99±0.09	2.05±0.06	2.04±0.11
Energy efficiency	0.13±0.00	0.12±0.01	0.12±0.01	0.12±0.00	0.12±0.01

¹ EZ, 0.1%, 0.2% enzyme added to feed.

² M, 2%, microorganism added to feed.

³ MW, 2% of microorganism added to feed and water.

⁴ Values are Mean±SE.

정되지 않았다(Table 2). Shim et al.(2017)은 대조구의 사료요구율은 1.83이지만, 복합효소제를 첨가한 처리구가 1.69로 대조구에 비해 유의적으로 7.65% 감소하였다고 보고하였다. Kim et al.(2008)은 대조구의 사료요구율은 1.80이지만, 단백질 분해 효소제 Arazyme을 첨가한 처리구의 사료요구율이 1.56으로 유의적으로 13.3% 감소하였다고 보고하였다. 하지만 본 실험의 경우 효소제를 첨가한 처리구는 유의적인 차이는 없어서 다른 연구들과 대조적인 결과를 나타내었다. 미생물제제를 급여한 처리구의 경우 각 기간별로 측정된 사료요구율과 단백질효율, 에너지효율을 대조구와 비교했을 때 통계적인 유의성이 인정되지 않았다. Kang et al.(2014)은 5주간 대조구의 사료요구율은 1.57이지만, 유용 미생물을 첨가한 처리구는 1.38까지 감소하여, 6%의 유의적인 효과를 보였고, Oh et al.(2014)은 대조구의 사료요구율은 1.49지만, 혼합생균제를 급여한 처리구는 1.43으로 대조구에 비해 유의적으로 4.03% 감소한 결과를 보고하였으나, 본 실험의 경우 대조구에 대비해 미생물제제를 첨가한 처리구가 5.78%, 6.36%씩 증가하여, 상이한 결과를 보였다.

2. 도체중 및 장기무게

효소제 및 미생물제제 급여 처리구의 도체중과 선위, 근위, 심장, 소장, 맹장, 직장의 경우, 대조구와 비교했을 때 통계적인 유의성은 인정되지 않았다(Table 3). 하지만 생체중 대비 간의 무게는 0.1% EZ의 경우 2.94로 대조구에 비해 유의적으로 32.43% 증가하였으며($P<0.05$), 미생물제제를 첨가한 모든 처리구에 비해 유의적으로 높았다. 하지만 첨가 수준에 따른 통계적인 유의성은 인정되지 않았다.

이처럼 효소제의 첨가가 도체중과 장기무게에 미치는 영향은 Kim et al.(2018)과 Hajati et al.(2009)의 연구와 일치하는 부분을 보였다. 그러나 Hajati(2010)는 multi-enzyme을 첨가한 처리구의 체중 대비 간의 비율이 대조구와 유의적인 차이가 없다고 보고하였는데, 본 실험에서는 효소제를 0.1%(0.1% EZ) 첨가한 처리구의 간의 무게가 대조구에 비해 유의적으로 증가하여, 상이한 결과를 나타내었다. 이는 육계에게 효소제의 첨가는 고분자 유기물을 육계에게 소화 흡수가 가능한 상태로 전변시켜, 도체중 향상에 기여를 하는 것으로 사료되지만, 소장과 같은 소화 장기에 미치는 영향에 대해서는 추후 검토가 필요한

Table 3. Effects of dietary enzyme and microorganism on carcass and organ weight in broiler chickens

Treatment	Control	0.1% EZ ¹	0.2% EZ	M ²	MW ³
Carcass weight (g)	2,674.00±181.89	2,931.33±270.37	2,966.67±157.79	3,012.67±62.63	2,906.67±162.53
Proventriculus (g/100g BW)	0.75±0.15	0.77±0.22	0.59±0.05	0.53±0.07	0.40±0.09
Gizzard (g/100g BW)	1.16±0.09	1.06±0.09	1.22±0.13	1.03±0.05	0.95±0.14
Heart (g/100g BW)	0.78±0.02	0.95±0.22	0.79±0.03	0.77±0.02	0.68±0.03
Liver (g/100g BW)	2.22±0.11 ^b	2.94±0.22 ^a	2.35±0.03 ^{ab}	1.96±0.08 ^b	2.14±0.13 ^b
Small intestine (g/100g BW)	2.76±0.20	2.84±0.44	3.19±0.46	2.55±0.51	3.02±0.19
Caecum (g/100g BW)	0.59±0.10	0.58±0.05	0.82±0.28	0.65±0.08	0.64±0.02
Rectum (g/100g BW)	0.47±0.05	0.47±0.08	0.47±0.05	0.42±0.03	0.43±0.07

¹ EZ, 0.1%, 0.2% enzyme added to feed.

² M, 2% microorganism added to feed.

³ MW, 2% of microorganism added to feed and water.

⁴ Values are Mean±SE.

^{a-c} Values with different superscripts within same row are significantly different, ($P<0.05$).

것으로 판단된다.

Paryad and Mahmoud(2008)는 yeast를 급여 시 체중 대비 간의 비율은 3.27에서 3.34로 유의적으로 2.14% 증가하고, 심장은 0.713에서 0.72로 유의적으로 0.98% 증가하여 첨가 수준을 높일수록 무게가 증가함을 보였다. 본 실험에서는 간과 심장의 무게가 첨가 수준에 따라 일관되게 증가하거나 감소하지 않아 상이한 결과를 나타내었다. 또한 Toghyani et al.(2011)은 probiotics를 육계 사료에 첨가한 결과, 체중 대비 근육의 무게가 2.05에서 2.13으로 3.90% 증가하였지만, 유의적인 차이가 없다고 보고하였으며, 미생물제제를 급여한 모든 처리구의 근육이 1.80%에서 12.81%까지 감소한 본 실험과는 다른 결과를 나타내었다. 이러한 보고들은 육계에 급여되는 사료의 종류와 첨가제를 구성하는 미생물의 종류에 따라 근육의 발달이 다르다는 것을 암시하고 있다.

3. 장내 미생물 성상

Total bacteria의 수는 대조구의 경우 7.03이었으나, 효소제를 급여한 0.1% EZ와 0.2% EZ는 8.79와 8.77로서 대조구에 비해 유의적으로 25.13%씩 높았다($P<0.05$). *E. coli*의 경우 효소제의 첨가 수준별에 따른 유의적인 차이는 없었다(Table 4). 하지만 미생물제제 처리구와 비교했을 때 Total bacteria는 효소제를 첨가한 모든 처리구가 미생물제제를 첨가한 MW에 비해 유의적으로 높았으며($P<0.05$), *E. coli* 수는 효소제를 첨가한 모든 처리구가 M에 비해 유의적으로 낮았다($P<0.05$). 이처럼 효소제 첨가에 의한 결과는 Kim et al.(2009)에서 보고한 연구 결과와 유사한 부분을 보였다. 그러나, Shim et al.(2017)은 육계 사료에 복합효소제를 첨가했을 때 맹장에서 유익균인 *Lactobacillus* spp.는 증가하고, 유해균인 Coliform은 유의적으로 감소하였다고 보고하였다. Nian et al.(2011)은 xylanase의 첨가가 맹장 내 Coliform의 수가 유의적으로 증가하였다고 보고하였다. 또한 Kim et al.(2009)은 단백질 분해효소인 Arazyme를 첨가 급여했을 때 산란계의 장내 총 균수에 유의적인

영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 이는 급여하는 효소제의 종류에 따라 육계의 장내 환경에 미치는 영향이 다르다는 것을 시사하는 것을 알 수 있으며, 서로 다른 종류의 효소제가 육계의 장내 미생물 조성에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

미생물제제를 첨가한 처리구의 Total bacteria의 수는 MW에서 7.42로 대조구와 유의적인 차이는 없었으나, M에서 8.34로서 대조구와 MW에서와 유의적인 차이가 있었다. 특히 대조구에 비해 유의적으로 18.63% 높았다($P<0.05$). *E. coli*의 수는 M에서 6.94로서, 대조구와는 유의적인 차이는 없었으나, MW에 비해 유의적으로 높았다. MW의 *E. coli* 수는 5.28로서 대조구와 M에 비해 유의적으로 각각 21.89%와 23.91%씩 낮았다($P<0.05$). 효소제 처리구와 비교했을 때 미생물제제를 첨가한 MW처리구가 효소제를 첨가한 모든 처리구에 비해 Total bacteria의 수가 유의적으로 낮았으며($P<0.05$), *E. coli*의 수는 M처리구가 효소제를 첨가한 0.2% EZ에 비해 유의적으로 높았다($P<0.05$). 이와 같은 미생물제제의 첨가에 따른 결과는 Lee et al.(2011)의 보고와 유사한 부분을 보였다. 한편, Kang et al.(2014), Oh et al.(2014), Lee et al.(2013)은 맹장에서 *E. coli* 및 Coliform과 같은 유해 미생물의 수가 생균제의 첨가 수준에 따라 유의적인 차이가 없다고 보고하였으나, 본 실험의 경우 미생물제제 처리구가 대조구에 비해 맹장의 유해 미생물의 수가 유의적으로 감소하여 상반되는 결과를 보였다. 일반적으로 육계의 사료에 생균제의 첨가는 장내 유익균의 수를 증가시키며, 경쟁적 배제에 의해 *E. coli* 같은 유해 미생물의 수를 감소시킨다고 한다(Kim et al., 2010).

4. 계분의 유해가스 발생량

산소, 이산화탄소, 메탄, 황화수소 발생량은 전 처리에서 유의적인 차이가 없었으며, 암모니아 발생량은 효소제와 미생물제제의 첨가 수준별에 따른 통계적인 유의성이 인정되지 않았다(Table 5). 한편, 암모니아 발생량은 0.1% EZ에서 17.20ppm으

Table 4. Effects of dietary enzyme and microorganism on intestinal microflora in broiler chickens (\log_{10} cfu/g)

Treatment	Control	0.1% EZ ¹	0.2% EZ	M ²	MW ³
Total bacteria	7.03±0.22 ^b	8.79±0.00 ^a	8.77±0.07 ^a	8.34±0.26 ^a	7.42±0.02 ^b
<i>E. coli</i>	6.76±0.26 ^{ab}	6.03±0.59 ^{bc}	5.99±0.15 ^{bc}	6.94±0.11 ^a	5.28±0.18 ^c

¹ EZ, 0.1%, 0.2% enzyme added to feed.

² M, 2% microorganism added to feed.

³ MW, 2% of microorganism added to feed and water.

⁴ Values are Mean±SE.

^{a-c} Values with different superscripts within same row are significantly different ($P<0.05$).

Table 5. Effects of dietary enzyme and microorganism on noxious gas emission in broiler chickens

Treatment	Control	0.1% EZ ¹	0.2% EZ	M ²	MW ³
O ₂ (%)	17.43±1.23	17.58±1.81	18.08±0.81	17.47±1.45	18.2±0.94
CO ₂ (%)	2.60±1.02	2.79±1.52	2.15±0.87	2.77±1.21	2.07±0.76
CH ₄ (%)	0.01±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.03±0.01
NH ₃ (ppm)	15.20±3.89 ^{ab}	17.20±5.27 ^a	9.00±3.66 ^{ab}	10.75±1.89 ^{ab}	3.80±1.28 ^b
H ₂ S (ppm)	ND ⁴	0.33±0.21	0.17±0.17	ND	ND

¹ EZ, 0.1%, 0.2% enzyme added to feed.

² M, 2% microorganism added to feed.

³ MW, 2% of microorganism added to feed and water.

⁴ Values are Mean ± SE.

^{a-c} Values with different superscripts within same row are significantly different ($P<0.05$).

ND, no detection.

로 가장 높았고, MW에서 3.80 ppm로서 가장 낮았으며, 0.1% EZ에 비해 유의적으로 77.91% 낮았다($P<0.05$). 효소제에 대한 결과는 Protease를 육계 사료에 첨가했을 때 암모니아가 유의적으로 감소했다고 보고하였으며(Park and Kim, 2018), 단백질 분해 효소제 Arazyme을 첨가 시 맹장 내 암모니아 농도가 유의적으로 감소하여, 해당 첨가제가 소화관에서 아미노산 이용률을 개선시켰다고 보고하였다(Kim et al., 2009). 또한 Cho and Kim(2013)은 Lactulose의 급여가 암모니아와 황화수소의 농도를 유의적으로 감소하였다고 보고하였다. 하지만 본 실험에서는 효소제의 첨가가 암모니아의 발생량에 유의적인 영향을 미치지 않았다. 이에 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다. 한편 미생물제제를 첨가했을 때 나타난 결과는 Kang et al.(2014)에 의하면, 유용미생물과 생균제를 첨가한 처리구가 암모니아 배출량이 유의하게 감소되었다고 보고하였으며, Son and Cho (2007)는 *Aspergillus oryzae* 배양물이 육계의 암모니아 발생량을 감소시킨다고 보고하였다. 본 실험의 경우 유의적인 차이는 없었으나, 미생물제제를 첨가한 처리구가 대조군과 비교 시 암모니아 발생량이 감소했음을 확인할 수 있었으며, 육계의 사육 환경을 개선시킬 수 있는 가능성이 있다고 사료된다.

적 요

본 실험은 육계사료에 효소제와 미생물제제의 첨가가 육계의 생산성, 도체성적, 장내미생물 및 본논의 악취성상에 미치는 영향을 조사하기 위해 실시되었다. 병아리(2일령, Ross 308, 육계) 180수를 공시했으며, 대조군과 사료에 metallo-protease를 0.1%, 0.2%씩 첨가한 0.1% EZ군, 0.2% EZ군과 2.0% *Bacillus velezensis* CE를 사료에 첨가한 M군과 사료와 음수에

2.0%씩 첨가한 MW군으로 나누어, 5처리 3반복으로 반복 당 12수씩 임의배치하였다. 적응기간을 거친 후 전기 3주간, 후기 3주를 포함하여 총 43일 동안 사양하였다. 종료체중, 증체량, 사료요구율, 단백질효율, 에너지효율은 모든 처리에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 도체중, 선위, 근위, 심장, 소장, 맹장, 직장의 무게는 모든 처리에서 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 간의 무게는 0.1% EZ군이 대조군, M군, MW군보다 유의적으로 높았다($P<0.05$). Total bacteria 수는 0.1% EZ군과 0.2% EZ군이 대조군, MW군보다 유의적으로 높았다($P<0.05$). *E. coli* 수는 MW군이 대조군과 M군보다 유의적으로 낮았으며($P<0.05$), M군은 0.2% EZ군과 MW군보다 유의적으로 높았다($P<0.05$). 계분의 황화수소 발생량은 모든 처리간에 유의적인 차이는 없었으나, 암모니아 발생량은 0.1% EZ군이 MW군보다 유의적으로 높았다($P<0.05$). 본 실험결과, 단백질 분해 효소제를 0.1% 첨가할 경우 육계의 장기 중 간의 발달에 효과적임을 보였으나, 첨가수준별로 유의적인 차이가 없어 추후 연구가 필요하다고 판단되며, 미생물제제의 첨가는 장내 미생물과 계분의 악취 발생량을 개선시키는 효과가 있음을 보였다.

ORCID

Cheol Ju Park <https://orcid.org/0000-0001-1167-6983>

Sang Soo Sun <https://orcid.org/0000-0001-1010-6782>

REFERENCES

- Bedford MR 1996 The effect of enzymes on digestion. J Appl Poult Res 5(4):370-378.

- Cho JH, Kim IH 2014 Effects of lactulose supplementation on performance, blood profiles, excreta microbial shedding of *Lactobacillus* and *Escherichia coli*, relative organ weight and excreta noxious gas contents in broilers. *J Anim Physiol Anim Nutr* 98(3):424-430.
- Ghadban GS 2002 Probiotics in broiler production-a review. *Archiv für Geflügelkunde* 66(2):49-58.
- Hajati H 2010 Effects of enzyme supplementation on performance, carcass characteristics, carcass composition and some blood parameters of broiler chicken. *Am J Anim Vet Sci* 5(3):221-227.
- Hajati H, Rezaei M, Sayyahzadeh H 2009 The effects of enzyme supplementation on performance, carcass characteristics and some blood parameters of broilers fed on corn-soybean meal-wheat diets. *Int J Poult Sci* 8(12):1199-1205.
- Kang HK, Kim CH, Bang HT, Kim JH, Kim MJ, Kim DW, Na JC, Hwangbo J, Yang YR, Choi HC, Moon HK 2014 Effects of dietary effective microorganism (EM) on growth performance, microflora population and noxious gas emission in broiler. *Korean J Poult Sci* 41(4):227-233.
- Kim HJ, Cho JH, Chen YJ, Yoo JS, Min BJ, Jang JS, Kang KR, Kim IH 2007 Effects of mud flat bacteria origin protease supplementation by crude protein level on growth performance, nutrient digestibility, total protein and bun concentration in broiler. *Korean J of Poult Sci* 34:217-222.
- Kim SH, Kim DW, Park SY, Kim JH, Kang GH, Kang HK, Yu DJ, Na JC, Lee SJ 2008 Effect of dietary *Lactobacillus* on growth performance, intestinal microflora, development of ileal villi, and intestinal mucosa in broiler chickens. *J Anim Sci Technol* 50(5):667-676.
- Kim JU, Kim JY, Kim JS, Lee BK, Lee SY, Lee WS, You SJ, Ahn BK, Kim EJ, Park HY, Son KH, Shin DH, Kang CW 2009 Effects of spider-derived protease (Arazyme[®]) supplementation of corn-soy diets on the performance in laying hens at the late production. *Korean J Poult Sci* 36(1):47-55.
- Kim CH, Woo KC, Kim GB, Park YH, Paik IK 2010 Effects of supplementary multiple probiotics or single probiotics on the performance, intestinal microflora, immune response of laying hens and broilers. *Korean J Poult Sci* 37(1):51-62.
- Kim JM, Kang SM, Yoon JY, Yang YR, Kim W, Jang JS, Choi YH 2015 Effects of dietary pearlzyme on growth performance and development of digestive organs in broilers. *Korean J Poult Sci* 42(4):291-297.
- Kim KH, Jeong JY, Song IH, Lee SD, Ji SY, Lee YK, Nam KT 2018 Effects of dietary supplementation of enzyme complex on growth performance, carcass characteristics and meat storability in broiler chickens. *J Korean Academia-Industrial Cooperation Society* 19(12):740-748.
- Lee JT 2014 Analysis for manufacturing technology and market. trend of feed additive. Pages 409-410 In: Proceeding of the Journal of Korea Contents Association Conference, The Korea Contents Association, Daejeon, Korea.
- Lee SB, Kim BK, Park CH, Park GH, Jin YC, Kang HS, Kim YC, Kim YC, Bai SC, Kim SK, Choi YJ, Lee HG 2011 Effects of dietary pro-biotics and immunomodulator as an alternative to antibiotics in Korean native chicken. *J Anim Sci Technol* 53(5):409-418.
- Lee JH, Kim SY, Lee JY, Ahammed M, Ohh SJ 2013 Effect of dietary live or killed kimchi lactic acid bacteria on growth performance, nutrient utilization, gut microbiota and meat characteristics in broiler chicken. *Korean J Poult Sci* 40(1):57-65.
- 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-australasian J Anim Sci* 24(3):400-406.
- Oh ST, Kang CW, Kim EJ 2014 Effects of dietary supplementation of mixed probiotics on production performance and intestinal environment in broiler chicken. *Korean J Poult Sci* 41(2):143-149.
- Park JH, Kim IH 2018 Effects of a protease and essential oils on growth performance, blood cell profiles, nutrient retention, ileal microbiota, excreta gas emission, and breast meat quality in broiler chicks. *Poult Sci* 97(8):2854-2860.
- Paryad A, Mahmoudi M 2008 Effect of different levels of supplemental yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on performance, blood constituents and carcass characteristics of broiler chicks. *Afr J Agric Res* 3(12):835-842.
- Shim YH, Kim JS, Hosseindoust A, Ingale SL, Choi YH, Kim MJ, Ohh SM, Ham HB, Chae BJ 2017 Effects of supplementation of multienzymes in diets containing different

- energy levels on growth performance, nutrient digestibility, blood metabolites, microbiota and intestinal morphology of broilers. *Ann Anim Resour Sci* 28(3):97-107.
- Son JH, Cho IK 2007 Effect of dietary supplementation of *aspergillus oryzae* ferment on growth performance of broiler chicks and microbial population and fecal ammonia production. *Korean J Poult Sci* 34(4):287-294.
- Toghyani M, Toghyani M, Tabeidian SA 2011 Effect of probiotic and prebiotic as antibiotic growth promoter substitutions on productive and carcass traits of broiler chicks. *Int Proc Chem Biol Environ Eng* 9:82-86.
-
- Received Oct. 15, 2020, Revised Nov. 24, 2020, Accepted Dec. 26, 2020