

# 비전분성 탄수화물 분해효소 혼합급여가 육계의 생산성, 혈중 대사물질, 및 장내미생물의 변화에 미치는 영향

선상수\*, 박철주  
전남대학교 동물자원학부

## Effect of Non-Starch Carbohydrase Supplementation on Productivity, Blood Parameters, and Cecal Microorganisms in Broiler Chickens

Sang Soo Sun\*, Cheol Ju Park  
Division of Animal Science, Chonnam National University

**요약** 본 연구는 혼합효소제를 육계사료에 첨가 급여 하였을때 생산성, 혈액성분, 및 장내 미생물의 변화를 구명하고자 실시하였다. 병아리(Ross 308) 300수를 공시하여 5개의 처리구 (대조구, 0.5MXG, 1.0MXG, 2.0MXG 와 1.0G)에 완전 임의배치하고 3반복으로 수행하였다. 결과는 체중, 사료섭취량, 사료효율 및 일당증체량은 대조구에 비하여 MXG 효소 처리구에서 모두 높게 나타났다. 도체중, 근위, 심장의 무게는 대조구에 비하여 효소 첨가구에서 높게 측정되었으나, 이는 도체중의 증가에 대한 영향으로 보인다. 그러나, 간장의 무게는 대조구에 비하여 처리구에서 유의적으로 낮게 측정되었다 ( $p<0.05$ ). 장내 전체 세균수는 대조구에 비하여 효소 첨가구(MXG)에서 유의적으로 감소하였다 ( $p<0.05$ ). 혈액성분 중에서 total protein, 혈중요소태질소(BUN) 와 포도당 함량은 변화가 없었다. 그러나, 면역항체인 IgG 농도는 대조구에 비하여 1.0 과 2.0 MXG 혼합 급여구에서 유의적으로 높았다 ( $p<0.05$ ). 결론적으로 혼합효소제 첨가는 육계에서 사료효율과 IgG 수준은 향상시켰으며, 간장의 무게와 장내 세균숫자는 감소시키는 효과가 있다.

**Abstract** This study examined the productivity, blood characteristics, and cecal microorganisms with the addition of mixed enzymes in broiler chickens. Three hundred chickens (Ross 308) were assigned randomly to five treatment groups (control, 0.5 MXG, 1.0 MXG, 2.0 MXG, and 1.0 G) with three replications. Based on the results, the weight, feed intake, feed efficiency, and daily gain increased slightly by the treatment assignment. Carcass, stomach, and heart weights increased slightly in all treatment groups compared to the control. On the other hand, liver weight was significantly low by enzyme addition compared to the control group ( $p<0.05$ ). The total number of appendix bacteria decreased significantly in all treatment groups compared to the control group ( $p<0.05$ ). The total protein, blood urea nitrogen (BUN), and glucose level did not differ after treatment. On the other hand, the IgG level was significantly higher in the 1.0 MXG and 2.0 MXG groups than in the control group ( $p<0.05$ ). In conclusion, the addition of a mixed enzyme (MXG) will improve the feed efficiency and IgG, as well as reduce the liver weight and total bacteria in broiler chickens.

**Keywords** : Mannanase, Xylanase, Glucanase, Chicken, Productivity

### 1. 서론

가금 사료의 단백질원으로 사용되는 전지대두, 대두박  
과 사료에 팜박, 야자박이 일반적으로 사용되는데 이러한

본 논문은 IPET의 농생명산업기술개발사업 연구과제로 수행되었음.

\*Corresponding Author : Sang soo Sun(Chonnam National Univ.)

email: sssun@nu.ac.kr

Received August 7, 2019

Revised September 2, 2019

Accepted December 6, 2019

Published December 31, 2019

원료들의 특징은 높은 섬유소 함량, 낮은 기호성, 일부 필수아미노산의 결핍과 높은 점성 등의 항영양적 특성을 갖는데 이는  $\beta$ -mannan과 관련이 있으며 장내에서의 이용률이 매우 제한적이다. 가금류에서 증체와 사료효율의 감소는 서로 다른 사료원료로 인한 장내 점도와 관련이 있다고 알려져 있다.  $\beta$ -mannan은 대두박, 팜박, 야자박과 호박 등의 사료원료에서 쉽게 찾을 수 있는 다당류이다. 이러한 사료에  $\beta$ -mannanase의 첨가는 점도 감소와 병아리의 증체와 사료효율을 향상 시킨다[1]. 최근에는 대두박을 함유한 사료에  $\beta$ -mannanase 첨가로  $\beta$ -mannan의 가수분해를 통한 긍정적 효과가 육계 [2]와 산란계 [3]에서 보고되고 있다.

가금 사료에 주로 사용되는 원료인 곡류 및 박류 원료 사료에는 단위동물이 소화 이용하기 어려운 비전분성 다당류(NSP)가 다량 포함되어 있다. NSP는 섬유소와 비섬유성 다당류로 나누어지며, 옥수수를 포함한 곡류 원료 사료에는 비섬유성 다당류인 arabinoxylan 과  $\beta$ -glucan이 주를 이룬다.  $\beta$ -mannan은 체내에서 생성되는 효소로는 분해할 수 없기 때문에 사료 내  $\beta$ -mannanase 공급을 통해 이러한 문제점을 극복할 수 있다. 또한 xylan의 분해효소인 xylanase 첨가를 통해 장내 점도를 낮추고, 영양소 이용률을 증가시켜 사료에너지 절감 효과와 사료효율 개선 및 증체량을 향상시킬 수 있다[4].

사료 내 효소제의 첨가는 일반적으로 소화율 개선으로 인해 성장률과 사료효율을 향상시킨다. 단위가축 사료내 xylanase, phytase, amylase, protease, cellulase,  $\beta$ -glucanase 와 같은 효소제를 첨가할 경우 비전분성 탄수화물의 소화율을 증진시켜 사료효율을 개선하고 성장률에 효과가 있다고 보고하였다[4]. [5]은 높은 수준(35%)의 캐놀라박이 함유된 육계사료에  $\beta$ -glucanase와 xylanase를 첨가하여 급여한 결과 공장 내 NSP 함량이 유의하게 감소된다고 보고하였다. 그러나 [6]의 연구에 의하면 육계에서 xylanase 와  $\beta$ -glucanase가 포함된 복합효소제 급여에 의한 이점을 보지 못하였으나, [7]은 복합효소제 (xylanase,  $\beta$ -glucanase and pectinase)를 급여하면 가금의 생산성을 증진시킬 수 있다고 보고하였다.

그러나 지금까지의 연구들은 단일 탄수화물 분해효소를 이용하였거나 단백질 분해효소와 혼합되어있는 복합효소를 급여한 연구들이며, 탄수화물 분해효소들만의 혼합 복합제에 관한 연구는 없는 실정이다. 본 연구에서는 국내 토착미생물 자원으로부터 (방선균, 락토바실러스)

분리한 신규 고효성 비전분성 탄수화물 분해효소인 mannanase, xylanase, glucanase 를 혼합한 혼합효소제를 육계사료에 첨가 급여하여 생산성, 혈액성분 및 장내 미생물의 변화를 구명하고자 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시동물 및 사양관리

시험 동물은 암수가 혼합된 1일령의 로스 (Ross 308) 종 육계 300 수를 공시하여 5개 처리구에 처리당 20수를 완전입의배치 하여 3반복으로 수행하였다. 병아리 입식 후 적응기간을 거친 후 효소를 첨가 급여하여 전기 3주간, 후기 4주를 포함하여 총 52일 동안 사양 시험을 실시하였다. 시험동물은 대조구와 4개 처리구 (0.5 MXG, 1.0MXG, 2.0MXG, 1.0G) 로서 대조구는 시판 일반 육계사료를 급여하였으며, 처리구는 육계사료에 국내 토착 미생물 자원으로부터 (방선균, 락토바실러스) 분리한 신규 고효성 비전분성 탄수화물 혼합효소제 (mannanase 200 U/kg, xylanase 1,000 U/kg, 와 glucanase 500 U/kg) 를 각각 0.5배, 1.0배, 2.0배 첨가 급여하였다. 시험사료는 시판 육계 전기사료를 3주간 후기사료를 4주간 각각 급여하였다. 질병예방을 위하여 ND 와 IBD 백신을 음용수에 급여하였다. 사양 관리는 전남대학교 부속 동물사육장의 관행에 준하여 평사를 분획하여, 펜 (규격 230 cm× 200 cm× 60 cm) 에서 사육 하였다. 점등은 전 사양 기간 동안 24시간 종일 전등을 실시하였고, 계사 온도는 일령별로 32℃에서 22℃까지 사육실 온도 관리 프로그램에 따라 조절하였다. 동물실험은 동물보호법 제13조 및 제14조에 의거하여 「전남대학교 동물실험윤리위원회」 에 의해 사전 승인되었다.

### 2.2 생산성 및 장기무게 측정

사료섭취량은 급여량에서 남은 사료량을 측정하여 일 2회 반복 실시하였으며, 체중은 개체별로 1주일 단위로 측정하였다. 증체량은 실험종료시 체중에서 입주시 체중을 뺀 값으로 측정 하였으며 사료 효율과 사료요구량은 사료섭취량과 증체량을 토대로 산출하였다. 육성률은 실험기간동안 생존율을 나타낸 것이며 생산지수는 평균 생체중, 육성율, 사육기간 그리고 사료 요구율을 토대로 산출하였다. 실험 종료 후 처리구별로 5수씩 경추 탈골법으로 희생시킨 후 간, 근위, 심장, 소장, 맹장을 분리시킨 후

멸균증류수로 세척하여 미세저울을 이용해 장기별로 무게를 측정하였다. 도체에서 맹장을 분리시킨 후 맹장내 들어있는 내용물 전부를 튜브에 담고 그중 1 g 씩 취하였다.

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

Items	Starter (0~3wk)	Finisher (4~7wk)
	-----(-)-----	
Corn	49.24	52.84
Wheat	5.90	5.15
Soybean meal(CP, 44%)	30.92	28.88
Corn gluten meal(CP,60%)	3.82	3.91
Soybean oil	5.42	5.61
Tricalcium phosphate	0.19	0.08
Limestone	0.04	0.04
DL-Methionine	2.30	1.13
L-Lysine	1.42	1.61
Salts	0.25	0.25
Vit.-Min. premix*	0.50	0.50
Total	100	100
Nutrients composition#		
ME (Kcal/kg)	3,000	3,100
Crude Protein(%)	21.00	19.00
Ca(%)	1.12	0.94
P(%)	0.67	0.55
Methionine+Cysteine(%)	0.95	0.81

\* Supplied per kilogram of total diets: Fe(FeSO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>O), 80 mg; Zn(ZnSO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>O), 80 mg; Mn(MnSO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>O) 80 mg; Co(CoSO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>O) 0.5 mg; Cu(CuSO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>O) 10 mg; Se(Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>) 0.2 mg; I(Ca(IO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O) 0.9 mg; vitamin A, 24,000 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 6,000 IU; vitamin E, 30 IU; vitamin K, 4 mg; thiamin, 4 mg; riboflavin, 12 mg; pyridoxine, 4 mg; folacin, 2 mg; biotin, 0.03 mg; vitamin B<sub>8</sub>, 0.06 mg; niacin, 90 mg; pantothenic acid, 30 mg.

# The values were calculated according to the values of feedstuffs in NRC (1994).

### 2.3 맹장내 일반세균, 대장균과 Salmonella 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 1000 ml) 스토마커백 필터를 통해 나온 용액 1 ml을 test tube에 옮긴다. 이후 용액 1 ml을 0.1% peptone water 9 ml에 10-1부터 10-8까지

희석시킨 뒤 희석액 1 ml을 각 균주의 선택용 배지에 분주하여 35±1℃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. 3M Petrifilm *Salmonella*를 이용하여 시료를 enrichment 용액에 혼합하고 41.5℃에서 24시간 동안 배양하고, 희석액 2 ml을 gel plate에 접종하고 상온에서 1시간 놓아둔다. 배양된 시료 10 ul를 loop를 이용하여 스트리킹하고 41.5℃에서 24시간 배양한 후 colony수를 계산하였다.

### 2.4 혈액 분석

익정맥에서 채취된 혈액 시료는 원심분리(1,500 × g, 15 분) 하여 생화학분석까지 냉장고에 보관하였다. 혈액 내 분석성분은 혈액자동분석기 (Fuji Dri-Chem 3500i, Japan)를 이용하여 HDL- 과 LDL-cholesterol, 포도당 농도를 측정하였다. Lactate dehydrogenase(LDH)는 50 mM phosphate buffer(pH 7.5), 0.18 mM NADH, 0.6 mM sodium pyruvate와 혈청 시료를 첨가하여 UV-Vis spectrophotometer (UV-mini 1240, Shimazu, Japan)를 이용하여 340 nm에서 흡광도를 측정하였다. 혈청의 면역글로블린(IgG)은 Chicken ELISA Quantitation Kit (Bethyl Lab. Inc. USA)을 이용하여 분석을 실시하였다.

### 2.5 ND와 IBD에 대한 항체 역가측정

뉴캐슬병 (Newcastle disease, ND) 과 전염성 F낭병 (Infectious Bursal disease, IBD)에 대한 백신을 혼합하여 시험동물 모두에 응용 투여하였으며, ELISA 방법으로 역가를 측정하였다. ND 와 IBD를 각각 coating buffer (1 ug/ml) 100 ul 씩 96 well plate를 상온에서 12시간 coating 시켰다. PBS-Tween 20 buffer (0.05% Tween 20) 로 plate를 3회 세척한 후, 5% BSA 용액으로 37℃에서 1시간 blocking 시킨 다음 다시 세척하였다. ABTS (Sigma, USA) 기질용액을 각 well에 분주하고 37℃에서 30분간 반응 시킨 후 ELISA reader로 405 nm에서 흡광도를 측정하였다.

## 2.6 통계처리

시험에서 얻어진 모든 분석치는 각 대조구와 처리구간의 평균치와 SEM을 표시하였다. 모든 시험결과는 [8] 통계 프로그램의 general linear model(GLM) 방법에 따라 처리하였으며, 대조구와 처리 평균 간의 유의성은 Duncan의 다중검정을 이용하여 5% 수준의 유의성으로 통계적 차이를 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

체중, 사료섭취량 및 일당증체량은 대조구에 비하여 MXG 효소 처리구에서 모두 높게 나타났으며 (Table 2), 사료효율은 대조구에 비하여 0.5MXG 와 2.0MXG 급여구에서 높았으나 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. 그러나 사료효율과 생산성 지수는 대조구에 비하여 1.0G 급여구에서 낮게 측정되었다. 가금과 양돈 산업에 이용할 수 있는  $\beta$ -mannanase (72.5 MU/lb)가 들어있는 Hemicell HT 는 사료효율 향상을 위하여 널리 이용되고 있다 [9]. 또한 [10] 는 육계에 복합효소제 (xylanase 2,500,  $\beta$ -glucanase 300, and mannanase 20 U/kg) 를 첨가하여 실험한 결과 증체율과 에너지 이용성이 향상 되었다고 보고하였다. 본 연구에서는 복합효소 첨가시험에서 사양성적이 개선되었다는 기존의 연구효과는 나타나지 못하였으나 가금 사료내 단백질 분해효소 0.05% 와 xylanase 0.1%를 첨가한 시험에서 육계의 생산성과 도체성적을 유의적으로 ( $p < 0.05$ ) 증가시켰다는 연구결과와 유사하였다[11]. 또한  $\beta$ -glucannase 를 포함한 복합효소제를 0.3% 첨가 급여한 실험에서도 체중(19%), 생산지수(6.8%), 사료효율(5.5%) 및 육성율(5.0%)은 증가하였다고 하였다 [12]. 그러나 복합효소에는  $\beta$ -glucannase 10,000 U, xylanase 28,000 U, cellulase 13,000 U 를 포함하고 있어서 실제 첨가수준에는 많은 량의 효소가 첨가되어 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서는 탄수화물 분해효소만 있고 단백질 분해효소가 결여되어있는 결과라고 할 수 있다.

도체중, 근위, 심장의 무게는 대조구에 비하여 효소 첨가구에서 높게 측정되었으나(table 3), 이는 도체중의 증가에 대한 영향으로 보인다. 간장의 무게는 대조구에 비하여 처리구에서 유의적으로 낮게 측정되었다 ( $p < 0.05$ ). 또한 MXG 효소 첨가 급여에 따른 소장과 맹장의 무게는 대조구에 비하여 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나

복합효소제를 급여한 여러 연구들에서는 상이한 연구결과를 나타내었다. 효소복합제 (fungal xylanase, protease, 90 bacterial  $\alpha$ -amylase) 급여는 육계 소장의 상대적인 무게를 감소시켰으며 [13], xylanase 와 serine protease 급여는 육계 회장의 길이를 감소시켰다 [14]. 또한 xylanase 첨가급여는 근위의 상대적인 무게를 감소시켰지만, 육계에 1000~1500 IU/kg xylanase 를 첨가 급여한 결과 증체량과 도체율이 유의적으로 향상되었다는 연구보고는 본연구와 유사한 결과를 나타내었다 [15].

Table 2. The effect of mixed enzymes (MXG) addition on productivity of broiler chicken (g)

Items	Ctrl	T1	T2	T3	T4	SEM	P
Weight	2302	2425	2367	2531	2378	148	0.321
Feed Intake	4916	4639	5007	4979	5223	215	0.159
Daily Gain	41.45	43.01	41.96	44.89	42.09	3.81	0.840
Feed Eff.	0.447	0.491	0.444	0.478	0.427	0.021	0.073
Prod. Index	184.4	224.8	198.4	194.0	172.5	15.2	0.259

\* Control:Commercial diet, MXG:Mannanase+Xylanase+Glucanase

^ T1: 0.5MXG, T2: 1.0MXG, T3: 2.0MXG, T4: 1.0G

# SEM, Standard error of mean.

Table 3. The weight of the carcass and organs which were applied with MXG enzymes in broiler chicken (g)

Items	Ctrl	T1	T2	T3	T4	SEM	P
Carcass	1968	2219	1993	2127	2184	62	0.230
Liver	70.0 <sup>a</sup>	62.3 <sup>b</sup>	51.7 <sup>c</sup>	52.4 <sup>c</sup>	58.2 <sup>bc</sup>	3.9	0.041
Stomach	43.1	60.6	52.9	48.3	44.7	5.2	0.184
Cardiac	13.4	14.2	14.6	15.7	16.3	2.6	0.352
Small Intestine	63.6	69.3	73.6	60.7	65.2	4.5	0.159
Appendix	12.4	19.1	23.0	11.8	15.4	1.8	0.082

\* Control:Commercial diet, MXG:Mannanase+Xylanase+Glucanase

^ T1: 0.5MXG, T2: 1.0MXG, T3: 2.0MXG, T4: 1.0G

# SEM, Standard error of mean.

<sup>a-c</sup>Means within same row of each group without same superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ).

장내 전체 세균수는 대조구에 비하여 효소 첨가구(MXG)에서 유의적으로 감소하였다 ( $p < 0.05$ ). 그러나, *E. Coli* 와 *Salmonella*는 모두 대조구에 비하여 효소 급여구(MXG)에서 감소하는 경향을 보였으나 통계적인 유의

차는 나타나지 않았다 (table 4). 이와 유사하게 [16]은 효소제의 첨가로 인해 회장과 맹장에서 유익균인 *Lactobacillus spp.* 는 증가하였고, 유해균인 *Clostridium spp.* 과 *Coliform bacteria*는 감소하였다고 하였으며, 육계 사료에 xylanase를 첨가했을 경우 장내 유익균인 *Lactobacillus spp.*의 수가 유의적으로 증가하고 유해균인 *Coliform* 과 *Salmonella* 가 유의적으로 감소하였다고 보고한 [17]의 연구 결과와 유사하다. 이러한 결과는 외인성 효소제 사용은 사료내 탄수화물의 이용률이 달라짐으로서 장내 미생물 조성이 변화될 수 있다고 보고한 연구들과 일치 한다. 결과적으로 사료내 효소제 첨가는 장내 균총을 안정화 시키고 장내 환경을 개선하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 대조구에 비하여 복합효소 첨가구에서 *E. Coli* 와 *Salmonella*의 수가 감소하고 전체 미생물 숫자가 감소하여 명확하지는 않지만 이는 효소첨가 효과로 볼 수 있으며, 이는 또한 육계의 장내 환경이 개선되었다는 것을 예시하기도 한다.

Table 4. The total bacteria, *E. coli*, and salmonella in appendix applied with MXG enzymes in broiler chicken (x10<sup>7</sup>cfu/g)

Items	Ctrl	T1	T2	T3	T4	SEM	P
Total Bacteria	12.40 <sup>a</sup>	9.04 <sup>b</sup>	10.68 <sup>ab</sup>	6.36 <sup>c</sup>	8.29 <sup>c</sup>	1.57	0.042
<i>E.coli</i>	6.28	7.18	5.25	4.07	6.33	3.04	0.153
Salmonella	7.36	5.93	6.78	4.20	6.18	2.63	0.086

\* Control:Commercial diet, MXG:Mannanase+Xylanase+Glucanase  
 ^ T1: 0.5MXG, T2: 1.0MXG, T3: 2.0MXG, T4: 1.0G  
 # SEM, Standard error of mean.  
<sup>a-c</sup>Means within same row of each group without same superscripts are significantly different (p<0.05).

Table 5. Effect of MXG enzymes on total protein, BUN, IgG, Glucose concentration in blood of broiler chicken (g,mg/dl)

Items	Ctrl	T1	T2	T3	T4	SEM	P
Protein	3.28	4.08	3.78	4.16	5.05	0.45	0.078
BUN	1.84	1.05	1.25	1.29	1.63	0.17	0.082
IgG	11.26 <sup>a</sup>	13.27 <sup>ab</sup>	15.92 <sup>b</sup>	21.63 <sup>c</sup>	10.5 <sup>a</sup>	1.69	0.037
Glucose	225.1	231.6	241.6	229.8	215.9	23.6	0.217

\* Control:Commercial diet, MXG:Mannanase+Xylanase+Glucanase  
 ^ T1: 0.5MXG, T2: 1.0MXG, T3: 2.0MXG, T4: 1.0G  
 # SEM, Standard error of mean.  
<sup>a-c</sup>Means within same row of each group without same superscripts are significantly different (p<0.05).

혈액내 total protein은 대조구에 비하여 처리구에서 증가하였으며, 혈중요소태질소(BUN) 함량은 대조구에 비하여 감소하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다 (table 5). 또한 사료 내 복합효소제의 첨가는 IgG를 제외하고는 혈액성분에 변화를 나타내지 않았다. 이러한 결과는 육계 사료내 합성효소제를 첨가한 결과 혈중 glucose, triglyceride가 감소했다는 [18]의 보고와 반대되는 결과이다. 이러한 결과는 사료의 구성과 사육조건에 따라 다르게 나타나기 때문에 이에 대한 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서 혈액내 면역항체인 IgG 농도는 대조구에 비하여 MXG 혼합 급여구에서 유의적으로 높았다 (p<0.05). IgG는 닭의 B-cell에서 생성되는 면역물질 중 농도가 가장 높고, 생체 내 면역 활동에 중요한 역할을 한다고 알려져 있다 [19]. [9]은 육계에  $\beta$ -mannanase를 첨가한 처리구에서 IgA 와 IgG는 유의적 차이가 없었으나, IgM가는 유의적으로 증가하였다고 보고하였다. 이러한 결과는  $\beta$ -mannanase가 체내 면역력을 향상시켜 가축의 생산성을 높이는 추가적인 효과를 나타내는 것으로 생각된다.

MXG 효소 급여에 의하여 혈중 LDH 와 LDL-cholesterol 농도는 변화는 비록 통계적인 차이는 나타나지 않았지만, 대조구에 비하여 MXG 급여구에서 낮게 측정되었다(table 6). 그러나 혈중 HDL-cholesterol은 대조구에 비하여 MXG 효소 급여구에서 유의적으로 증가하였다 (p<0.05). 혈중에 높은 HDL 과 낮은 LDL 농도는 건강한 육계와 양질의 계육을 생산할 수 있다고 추측할 수 있다. 효소제 첨가 급여에 의한 유사한 연구결과들이 보고되었다.  $\beta$ -glucannase를 포함한 복합효소제를 0.3% 첨가 급여한 실험에서 대조구에 비하여 혈청내 HDL-cholesterol 수준을 16% 증가시키고 포도당의 농도는 20.6% 감소시켰다. 또한 LDH 효소 활성은 복합효소제 첨가에 의하여 30.5% 감소하였다 [12]. 이러한 결과는 혈중 포도당이 세포내로 전이가 증가하여 육계의 증체량이 높아져서 사료효율이 증가하였다고 볼 수 있다.

혈중 ND 와 IBD 항체는 대조구에 비하여 MXG 급여구에서 높게 유지되었으나 통계적인 유의차는 나타나지 않았다 (table 7). 효소제 급여는 항체의 역할을 유지하여 육계의 ND 와 IBD에 대한 면역력을 높여서 질병에 대한 항병력을 높일 수 있다고 보고한 연구들이 있다. [12]의 연구결과에 의하면  $\beta$ -glucannase 를 포함한 복합효소제를 0.3%첨가 급여한 실험에서 대조구에 비하여 처리구에서 ND 와 IBD 항체역가가 높게 나타났다. 또한

젖소에  $\beta$ -mannanase 첨가 급여한 실험에서도 면역력을 증진시켜 염증 반응을 감소시키는 결과를 나타내었다 [20]. 육계의 경우 백신에 의한 항체가 충분히 생성되지 못하면 ND 와 IBD 질병 발생률이 높아져 폐사가 늘어날 수 있다. 결과적으로 복합효소제의 첨가 급여는 면역항체(Ig) 높혀서 면역력을 증가시키는 것으로 보인다.

Table 6. Effect of MXG enzymes on chelesterol, LDH, and glucose concentration of blood in broilers chicken (mg/dL)

Items	Ctrl	T1	T2	T3	T4	SEM	P
HDL-Cholesterol	134.7 <sup>a</sup>	146.2 <sup>b</sup>	153.2 <sup>c</sup>	158.3 <sup>c</sup>	155.8 <sup>c</sup>	4.37	0.025
LDL-Cholesterol	122.6	114.5	112.8	118.9	123.1	5.72	0.073
LDH	815.0	725.8	901.5	883.8	735.2	76.3	0.152

\* Control:Commercial diet, MXG:Mannanase+Xylanase+Glucanase  
 ^ T1: 0.5MXG, T2: 1.0MXG, T3: 2.0MXG, T4: 1.0G  
 # SEM, Standard error of mean.  
<sup>a-c</sup>Means within same row of each group without same superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ).

Table 7. The effects of MXG enzyme on the antibody titer against Newcastle disease(ND) and infectious bursal disease(IBM) in broiler chicks' serum (x10<sup>4</sup>)

Items	Ctrl	T1	T2	T3	T4	SEM	P
Anti-ND	12.84	13.17	15.83	14.56	13.94	3.52	0.142
Anti-IBM	11.74	13.53	14.28	15.20	14.06	4.36	0.256

\* Control:Commercial diet, MXG:Mannanase+Xylanase+Glucanase  
 ^ T1: 0.5MXG, T2: 1.0MXG, T3: 2.0MXG, T4: 1.0G  
 # SEM, Standard error of mean.

### 4. 결론

결론적으로 혼합효소제 첨가는 육계에서 사료효율과 IgG 수준은 향상시켰으며, 간장의 무게와 장내 세균 수는 감소시키는 효과가 있다.

### References

[1] M. E. Jackson, D. W. Fodge, H. Y. Hsiao, Effects of beta-mannanase in corn-soybean meal diets on laying hen performance. *Poult. Sci.*, 78(12), pp 1737-1741. 1999. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/78.12.1737>

[2] J. Y. Lee, S. Y. Kim, J. H. Lee, J. H. Lee, S. J. Ohh, Effect of dietary  $\beta$ -mannanase supplementation and palm kernel meal inclusion on laying performance and egg quality in 73 weeks old hens. *J. Anim. Sci. Technol.*, 55, pp 115-22, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5187/JAST.2013.55.2.115>

[3] Y. B. Wu, V. Ravindran, D. G. Thomas, M. J. Birtles, W. H. Hendriks, Influence of phytase and xylanase, individually or in combination, on performance, apparent metabolisable energy, digestive tract measurements and gut morphology in broilers fed wheat-based diets containing adequate level of phosphorus. *Br. Poult. Sci.*, 45, pp 76-84, 2005. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.15115204>

[4] J. K. Jo, S. L. Ingale, J. S. Kim, Y. W. Kim, K. H. Kim, J. D. Lohakare, Effects of exogenous enzyme supplementation to corn- and soybean meal-based or complex diets on growth performance, nutrient digestibility, and blood metabolites in growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 90, pp 3041-3048, 2012. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3430>

[5] A. Kocher, M. Choct, R. J. Hughes, J. Broz, Effect of food enzymes on utilisation of lupin carbohydrates by broilers. *Br. Poult. Sci.*, 41, pp 75-82, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1080/00071660086448>

[6] D. J. Farrell, E. A. Martin, Strategies to improve the nutritive value of rice bran in poultry diets. I. The addition of food enzymes to target the non-starch polysaccharide fractions in diets of chickens and ducks gave no response. *Br Poult Sci.*, 39(4), pp 549-54, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1080/00071669888755>

[7] G. J. Wang, R. R. Marquardt, W. Guenter, M. Zhang, Z. Han, Effects of enzyme supplementation and irradiation of rice bran on the performance of growing Leghorn and broiler chickens. *Anim Feed Sci Technol.*, 66, pp 47-61, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(96\)01128-5](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(96)01128-5)

[8] SAS Institute Inc. SAS/STAT User's Guide: Version 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC, 2004. DOI: <http://www.riss.kr/link?id=M10330917>

[9] X. T. Zou, X. J. Qiao, Z. R. Xu, Effect of  $\beta$ s-mannanase (Hemicell) on growth performance and immunity of broilers. *Poult. Sci.*, 85, pp 2176-2179, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/85.12.2176>

[10] J. Sanchez, A. Thanabalan, T. Khanal, R. Patterson, B. A. Slominski, E. Kiarie, Growth performance, gastrointestinal weight, microbial metabolites and apparent retention of components in broiler chickens fed up to 11% rice bran in a corn-soybean meal diet without or with a multi-enzyme supplement. *Animal Nutrition*, 5, pp 41-48, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.12.001>

[11] K. H. Kim, J. Y. Jeong, I. H. Song, S. D. Lee, S. Y. Ji, Y. K. Lee, K. T. Nam, 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), pp 740-748, 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.12.740>
- [12] J. K. Cho, S. J. Jung, E. J. Joo, J. Y. Choi, B. S. Kim, B. S. Youn, K. T. Nam, S. G. Hwang, Effects of dietary enzyme mixture fortified with b-glucanase activity on the growth performance, serum components, and meat quality of broiler chicks. Korean J. of Food Sci. Ani. Resour., 27(4), pp 409-415, 2007.  
DOI: <https://doi.org/10.5762/168.131.67.22>
- [13] M. I. Gracia, M. A. Latorre, M. Garcia, R. Lazaro, G. G. Mateos, Heat processing of barley and enzyme supplementation of diets for broilers. Poult Sci., 82, pp 1281-1291, 2003.  
DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/82.8.1281>
- [14] R. Kalmendal, R. Tauson, Effects of a xylanase and protease, individually or in combination, and an ionophore coccidiostat on performance, nutrient utilization, and intestinal morphology in broiler chickens fed a wheat-soybean meal-based diet. Poultry Sci. 91, pp 1387-1393, 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2011-02064>
- [15] H. Hu, S. Dai, A. Wen, X. Bai, Efficient Expression of Xylanase by Codon Optimization and Its Effects on the Growth Performance and Carcass Characteristics of Broiler. Animals 9, pp 65-74. 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9020065>
- [16] Y. H. Shim, J. S. Kim, A. Hosseindoust, S. L. Ingale, Y. H. Choi, M. J. Kim, S. M. Ohh, H. B. Ham, B. J. Chae, 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), pp 97-107, 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.12718/AARS.2017.28.3.97>
- [17] Y. M. Nian, Y. J. Guo, A. Ru, F. D. Peron, Effect of xylanase supplementation on the net energy for production, performance and gut microflora of broilers fed corn/soy-based diet Asian-Aust. J. Anim. Sci., 24, pp 1282-1287, 2011.  
DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10441>
- [18] A. A. Onilude, B. A. Oso, Effect of fungal enzyme mixture supplementation of various fibre-containing diets fed to broiler chicks 2: On blood, liver, and kidney total lipids, tri-acylglycerols, and cholesterol. World J. Microbiol. Biotechnol., 15, pp 315-320, 1999.  
DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008987919600>
- [19] C. H. Kim, K. S. Shin, K. C. Woo, I. K. Paik, Effect of dietary oligosaccharides on the performance, intestinal microflora and serum immunoglobulin contents in laying hens. Korean J Poult Sci., 36(2), pp 125-131, 2009.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5536/KJPS.2009.36.2.125>
- [20] B. M. Roque, G. C. Reyes, T. A. Tewoldebrhan, J. A. D.

Apphuamy, J. J. Lee, S. Seo, E. Kebreab, Exogenous  $\beta$ -mannanase supplementation improved immunological and metabolic responses in lactating dairy cows. J. Dairy Sci., 102, pp 4198-4204, 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15568>

### 선 상 수(Sang Soo Sun)

[정회원]



- 1988년 8월 : U of Alberta, Animal Science (MS)
- 1992년 8월 : S.Dakota 주립대, Animal Science (Ph.D.)
- 1992년 8월 ~ 1995년 1월 : U of Minnesota, Post-Doc
- 1995년 1월 ~ 현재 : 전남대학교 동물자원학부 교수

<관심분야>

동물생리, 사료영양

### 박 철 주(Cheol Ju Park)

[정회원]



- 2019년 2월 : 전남대학교 동물자원학부 (축산학학사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 전남대학교 동물자원학과 (박사과정)

<관심분야>

동물복지, 애원동물