

펄자임 첨가사료가 육계의 생산성과 소화기관의 발달에 미치는 영향

김지민^{1,2*} · 강석민^{3*} · 윤정용³ · 양영록¹ · 김 원⁴ · 장정순⁵ · 최양호^{1,2†}

¹경상대학교 축산학과, ²경상대학교 농업생명과학연구원, ³경상대학교 대학원 응용생명과학부(BK21 Plus Program),
⁴밀테크㈜, ⁵펄자임㈜

Effects of Dietary Pearlzyme on Growth Performance and Development of Digestive Organs in Broilers

Jimin Kim^{1,2*}, Seokmin Kang^{3*}, Jeong Yong Yoon³, Young-Rok Yang¹, Won Kim⁴,
Jung-Soon Jang⁵ and Yang-Ho Choi^{1,2†}

¹Department of Animal Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

³Division of Applied Life Sciences (BK21 Plus Program), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

⁴Mill Tech, Inc., Seongnam 13558, Korea,

⁵Pearlzyme, Inc., Incheon 21999, Korea

ABSTRACT We investigated the effects of dietary pearlzyme (mudflat-bacteria origin protease) on growth performance and development of digestive organs in broilers. Two hundred forty, 4 day-old female Ross broiler chicks were divided into 2 groups (control vs. pearlzyme) which were randomly housed in 8 pens with 15 chicks/pen. They were fed one of two diets containing pearlzyme at 0 or 0.1% for 4 weeks. Dietary pearlzyme resulted in significant increase in body weight during the first week of the experiment ($p < 0.05$). With age, weight gain and feed efficiency continued to decrease reaching significant level during the last week. Mortality was 3.3% in control but not in pearlzyme during the entire period of the experiment. Dietary pearlzyme resulted in increased weight ($p < 0.05$) in the ceca and rectum, and increased length in the ceca ($p < 0.05$). However, there were tendencies to increase the weight of the gizzard ($p < 0.071$) but to decrease the length of the small intestine ($p < 0.068$). The results of the current study show that dietary pearlzyme affects weight gain and the development of digestive organs.

(Key words: pearlzyme, broilers, performance, digestive organs)

서 론

일반적으로 단백질분해효소는 위장관 내에서 기질이 되는 각종 동물성 및 식물성 단백질을 해당효소의 특성에 따라 펩타이드 결합의 특정부위를 절단시켜 궁극적으로는 작은 분자량의 펩타이드(peptide) 혹은 최종산물인 아미노산 수준까지 분해시킴으로써 단백질의 소화와 흡수에 기여한다. 펄자임(pearlzyme)은 인천항 인근 갯벌로부터 채취하여 분리·동정된 바실러스 종(*Bacillus* spp.) 균주를 배양한 다음, 효소를 추출한 것이다(Joo et al., 2002). 이 효소는 키모트립신과 비슷한 세린 프로테아제(chymotrypsin-like serine protease)

에 속하며, 단백질의 C-말단(C-terminal)에 작용하여 소수성 아미노산인 페닐알라닌(phenylalanine), 티로산(tyrosine), 트립토판(tryptophan), 류신(leucine) 및 메티오닌(methionine) 등을 절단하며, 생체 내에서는 트립신(trypsin)에 의해 활성화된다(Joo et al., 2001; Schechter, 2012).

펄자임은 고농도 염에서도 효소능 및 단백질분해능을 보유하며(Joo and Chang, 2005), 넓은 범위의 pH와 고온(60°C)에서도 활성을 유지한다(Joo et al., 2003). 또한 펄자임은 catalytic triad라는 특이구조를 갖고 있어(Dodson and Wlodawer, 1998), 산(acid)의 환경에서 효소의 활성부위를 보호하며 점진적으로 염기(base)환경에 이를 경우 최대 활성을 나타내

* Jimin Kim and Seokmin Kang contributed equally to this work.

† To whom correspondence should be addressed : yhchoi@gnu.kr

는 것으로 알려져 있다(Joo et al., 2003). 펠자임은 단백질분해효소 이외에도 발효대사물, 발효유기산, 반분해 대두단백질, 안전이 보장된 미생물(GRAS; generally recognized as safe)인 유익미생물 등을 포함하고 있는 연갈색의 분말로 전체 발효물이 사료 첨가제로 사용될 수 있다.

단백질분해효소를 사료에 첨가하는 목적은 사료 단백질을 효율적으로 분해시켜 사료영양소의 이용을 증대시키는 데 있다. 육계는 성장이 빠르기 때문에, 높은 함량의 단백질 사료를 필요로 한다. 그러나 조류의 특성상 장의 길이가 짧기 때문에 사료의 소화율이 상대적으로 낮다고 할 수 있다. 따라서 본 연구의 목적은 갯벌 미생물 유래 단백질분해 효소제인 펠자임을 사료첨가제로 이용하여 육계의 생산성과 소화기관의 발달에 미치는 영향을 조사하는 것이다.

재료 및 방법

1. 실험동물 및 사양관리

Ross 암컷 초생추 300수(강남부화장, 경기도 평택)를 크기가 동일한 6개의 펜(pen)에 사육밀도를 동일하게 각각 50수씩 나누어 입식하였다. 4일간의 적응시간을 거친 후 선발된 병아리 240수를 2처리구로 나누어 총 16개의 펜에 펜당 15수씩 사육밀도를 동일하게 하여, 2개의 처리구(control 및 pearlzyme)를 번갈아 반복 배치하였고, 그 후 32일령까지 4주 동안 기초사료(0%) 또는 펠자임(0.1%) 첨가사료를 급여하였다.

사육실의 온도는 입추 시 35°C에서 3일마다 2°C씩 감온하여 21일령에는 21°C, 그리고 상대습도 또한 입추 시 70%에서 7일령부터 60%로 유지되도록 하였다. 일일 점등시간은 23시간이며, 자정부터 오전 1시까지 1시간 동안 소등하였다(Feddes et al., 2002; Ghazi et al., 2014). 동물에게 사료와 물은 자유로이 섭취하도록 공급되었고, 펜의 넓이는 사료통을 포함하여 1.1 m²이며, 실험시작 시 사육밀도는 4주령 기준으로 ≤ 25 kg/m²이었다.

사양기간 동안 사육실 내의 온도, 습도, 사료섭취량 그리고 폐사율은 매일, 그리고 체중은 실험 시작 시에는 각 펜당의 전체무게를, 시작 후 1주째에는 각 펜당 무작위로 3마리의 무게를 2, 3, 그리고 4주째는 각 개체별 무게를 측정하였다. 구간증체량은 각 개체별 측정된 체중으로 계산하였고, 구간 사료효율은 각 개체별 구간증체량을 각 펜별 구간사료 섭취량으로 나누어 계산하였다.

2. 사료제조

먼저 육계 초기용 가루사료(Table 1, 3.95 kg)와 펠자임

Table 1. Formula and nutrient composition of the basal diet

Ingredients	%
Corn	53.90
Distillers dried grains	6.60
Soybean meal ¹	26.6
Corn gluten ¹	2.59
Animal fat	5.93
Limestone	0.30
Salt	0.30
Tricalcium phosphate	1.87
Lysine ¹	0.76
DL-methionine ¹	0.28
Threonine ¹	0.24
Choline ¹	0.14
Vitamin + mineral	0.40
Cocci-guard	0.05
Ingredient total:	100.00
Calculated values of nutrients	%
ME (kcal/kg)	3,525.00
Crude protein	20.00
Crude fat	8.63
Fiber	2.59
Crude ash	4.99
Calcium	0.87
Total phosphorous	0.72
Available phosphorous	0.45
Lysine	1.35
Available lysine	1.22
Cysteine + methionine	0.96
Available cysteine + methionine	0.90
Isoleucine	0.95
Calculated values of nutrients	%
Available isoleucine	0.82
Threonine	0.97
Available threonine	0.90
Tryptophan	0.26
Available tryptophan	0.24

Table 1. Continued

Ingredients	%
Valine	1.01
Sodium	0.21
Chlorine	0.30
Potassium	0.77
Sulfur	7.78
Choline (ppm)	1,800.00

Experimental diets were made by mixing the basal diet with the amounts of pearlzyme at 0.0 and 0.1%. Four day-old broilers were fed with either control or experimental diet for 4 weeks.

¹ Provided diet: 44% soybean meal, 60% corn gluten, 51% lysine powder, 100% DL-methionine, 100% threonine, and 50% choline powder.

분말 0.5 kg을 봉지에 함께 넣어 혼합하고, 이 1차 혼합물 4 kg과 육계 초기용 가루사료 46 kg을 배합기에 넣고 10분 동안 섞어서 펠자임 첨가사료(0.1%)를 제조하였다.

3. 장기무게 및 길이

실험시작 후 28일째인 32일령에, 각 처리구당 9수씩 선발하여 도계한 뒤 개복하여 근위, 소장, 맹장 및 직장을 각각 적출하였다. 각 장기를 종단으로 절단한 후 생리식염수로 각 장기 내부에 있는 이물질을 세척하고, 종이타올로 물기를 가볍게 제거한 다음 무게를 측정하였다. 그리고 각각의 장기를 일렬로 놓은 후 길이를 측정하였다. 가장 긴 길이를 바탕으로 근위의 길이를 측정하였고, 두 맹장의 길이를 측정한 후 합산하였다.

4. 통계처리

본 실험의 결과는 평균±표준오차로 표시하였으며, Student's *t*-test를 이용하여 펠자임의 효과를 분석하였다($p < 0.05$).

결 과

1. 사료섭취량

사료섭취량은 실험사료 급여 후 3주째(즉, 25일령)까지 두 집단 사이에 전혀 차이를 보이지 않았다. 그 이후 3~4주째에 펠자임 첨가구의 섭취량이 대조구에 비해 유의적으로 높았다($p < 0.05$, Table 2). 이러한 결과를 바탕으로 구간 누적 사료섭취량으로 환산하였을 때, 실험 개시 후 급여 후 3~4주 구간 사이에 펠자임 첨가구의 섭취량이 대조구에 비해 증가하는 경향을 보였다($p = 0.078$).

2. 체중, 증체량, 사료효율 및 폐사율

실험 개시(즉, 5일령)부터 종료 시까지(즉, 32일령) 4주 동안 체중에서 두 집단 사이에 전혀 차이가 없었다(Table 2). 그러나 구간 증체량으로 분석했을 때, 실험 개시 후 첫째 주에는 펠자임 첨가구의 증체량이 대조구에 비해 유의적으로 높았지만($p < 0.05$, Table 3), 실험사료 급여 후 3~4주째 대조구에 비해 처리구의 증체량이 감소하는 경향을 보였다($p = 0.082$).

사료효율은 실험 개시(즉, 5일령) 후 첫 한 주간 동안에 대조구에 비해 펠자임 첨가구에서 유의적으로 높았지만(Table 3), 마지막 한 주간에서는 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 또한 실험사료 급여 후 17일까지($p = 0.096$) 및 전 구간(1~28일)($p = 0.077$) 동안 대조구에 비해 감소하는 경향을 보였다($p = 0.086$).

대조구에서 실험개시 후 2 및 3주째에 각각 1.7%의 폐사율이 발생하였지만, 0 및 4주째에는 발생하지 않았다. 그러나 펠자임 첨가구에서는 폐사계가 전혀 발생하지 않았다(Table 4).

3. 해부 체중, 장기 무게 및 길이

해부 당시 두 처리구 사이에 체중 차이가 없었다. 그러나

Table 2. Effects of dietary pearlzyme for 4 weeks on body weight (g) in broilers

Treatment	Experimental weeks				
	0	1	2	3	4
Control	88.9±0.30	283±8.91	617±9.59	1,138±16.8	1,746±23.4
Pearlzyme	89.6±0.47	298±7.22	628±9.51	1,148±16.7	1,746±23.2
Student's <i>t</i> -test	0.124	0.104	0.208	0.333	0.499

Experimental diets were made by mixing the basal diet with pearlzyme at 0.0 and 0.1%. Four day-old broilers were fed with either control or experimental diet for 4 weeks. Data are means±SEM. * $p < 0.05$ vs. control.

Table 3. Effects of dietary pearlzyme for 4 weeks on feed intake (g), weight gain (g) and feed efficiency in broilers

Weeks	Feed intake (g)		Weight gain (g)		Feed efficiency		p-value		
	Control	Pearlzyme	Control	Pearlzyme	Control	Pearlzyme	Feed intake	Weight gain	Feed efficiency
0~1	34.5±2.94	34.9±2.95	27.8±0.36	29.8±0.24*	0.52±0.01	0.55±0.00*	0.396	0.000	0.000
1~2	72.7±2.56	73.7±3.09	47.5±1.38	47.5±1.36	0.65±0.02	0.65±0.02	0.339	0.486	0.494
2~3	111.4±2.56	111.1±3.09	74.5±1.33	74.0±1.18	0.67±0.01	0.67±0.01	0.463	0.387	0.398
3~4	162.7±1.48	168.4±1.78*	88.0±1.49	84.7±1.85	0.54±0.01	0.50±0.01*	0.004	0.082	0.005
0~2	53.6±2.61	54.3±2.68	37.7±0.69	38.6±0.67	0.58±0.01	0.60±0.01	0.406	0.164	0.138
0~3	72.9±2.13	73.2±2.19	49.9±0.80	50.4±0.80	0.61±0.01	0.62±0.01	0.463	0.343	0.212
0~4	95.3±2.30	97.0±2.30	59.2±0.83	58.6±0.98	0.59±0.01	0.59±0.01	0.361	0.319	0.394
2~4	134.0±2.84	136.7±3.10	81.1±1.22	79.5±1.25	0.61±0.01	0.58±0.01*	0.262	0.184	0.048
1~4	112.5±3.12	114.5±3.28	69.6±1.12	69.0±1.10	0.62±0.01	0.61±0.01	0.326	0.342	0.126

Experimental diets were made by mixing the basal diet with pearlzyme at 0.0 and 0.1%. Four day-old broilers were fed with either control or experimental diet for 4 weeks. Data are means±SEM. * $p < 0.05$ vs. control.

Table 4. Effects of dietary pearlzyme for 4 weeks on mortality (%) in broilers

Treatment	Experimental weeks				
	0~1	1~2	2~3	3~4	0~4
Control	0	1.67	1.67	0	3.3
Pearlzyme	0	0	0	0	0

Experimental diets were made by mixing the basal diet with pearlzyme at 0.0 and 0.1%. Four day-old broilers were fed with either control or experimental diet for 4 weeks.

직장과 맹장의 절대 및 상대무게는 펄자임 급여구에서 유의적으로 무거웠고(Table 5, $p < 0.05$), 근위의 절대 및 상대무게는 무거워지는 경향이 있었다($p < 0.1$). 그러나 소장 및 복강 지방의 무게는 감소하는 경향이 있었다.

합산된 두 맹장의 절대 길이는 펄자임 급여구에서 유의적으로 길었고($p < 0.05$), 상대적 길이는 길어지는 경향($p < 0.074$)이 있었다. 소장의 절대 길이는 펄자임 급여구에서 짧아지는 경향($p < 0.068$)이 있었고, 상대 길이는 유의적으로 짧았다($p < 0.05$). 그러나 근위 및 직장에서는 차이가 없었다($p > 0.05$).

고 찰

본 연구에서는 갯벌 미생물 유래 단백질분해 효소제인 펄자임을 사료첨가제로 이용하여 육계의 생산성과 소화기관의

발달에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과, 사료에 첨가된 펄자임의 급여 첫 한 주 동안 증체 효과를 보였지만, 급여기간이 경과함에 따라 섭취량의 증가에도 불구하고, 증체효과는 오히려 감소하였다. 대조구에서 4주간의 실험기간 동안 총 3.3%의 폐사율이 발생하였지만, 펄자임 첨가구에서는 폐사율이 전혀 발생하지 않았다. 육계 사료 내에 갯벌 미생물 유래 단백질분해 효소제(Kim et al., 2007), xylanase(Engberg et al., 2004; Kalmendal and Tauson, 2012), 그리고 serine protease(Kalmendal and Tauson, 2012)를 각각 또는 3가지의 효소복합제(fungal xylanase, protease, 90 bacterial α -amylase)(Gracia et al., 2003)를 첨가하였을 때 육계의 사료섭취량에 영향을 주지 않았다. Xylanase(Engberg et al., 2004) 또는 3가지 효소복합제(Gracia et al., 2003)는 육계의 증체량을 증가시켰지만, Kalmendal and Tauson(2012)이 발표한 논문에서는 xylanase와 serine protease는 체중을 증가시키는데 효과가 없었다. 증체량뿐만 아니라, 사료요구율 또는 사료효율에서도 각 논문마다 효소의 효과가 유 또는 무의미하게 나타난다(Engberg et al., 2004; Gracia et al., 2003; Kalmendal and Tauson, 2012). 이러한 결과는 사료에 첨가하는 효소의 종류 및 활성도에 따라서 효소가 사료섭취량, 증체량, 사료효율 등에 미치는 영향이 다르다는 것을 시사한다. 또한 사료의 에너지와 영양성분에 따라서 효소의 효과가 달라진다. 저에너지사료에 효소제를 첨가하면 고에너지사료와 비슷한 효과를 볼 수 있다(Kim et al., 2007; Kim et al., 2006). 갯벌 미생물 유래 단백질분해 효소제를 첨가한 저에너지사료를 섭

Table 5. Effects of dietary pearlzyme for 4 weeks on organ weights, length and their relative weights (g /100 g of body weight (BW)) and length (cm/100 g of BW) in broilers

	Treatment	Gizzard	Large intestine	Small intestine	Ceca	Abdominal fat
Organ weight (g)	Control	24.0±1.50	2.90±0.20	50.8±2.20	4.67±0.30	21.9±1.70
	Pearlzyme	26.6±1.20	3.40±0.20*	48.2±0.80	5.62±0.20*	19.0±1.50
Organ weights (g/100 g of BW)	Control	1.33±0.07	0.14±0.02	2.83±0.11	0.26±0.02	1.22±0.08
	Pearlzyme	1.51±0.09	0.19±0.01*	2.42±0.35	0.32±0.01*	1.08±0.10
Organ length (cm)	Control	5.96±0.16	8.14±0.51	151.6±2.74	27.6±1.10	-
	Pearlzyme	5.93±0.12	7.81±0.23	143.3±4.53	30.3±0.92*	-
Organ length (cm/100 g of BW)	Control	0.33±0.01	0.46±0.03	8.46±0.15	1.54±0.08	-
	Pearlzyme	0.33±0.01	0.44±0.02	8.05±0.19*	1.71±0.07	-
<i>p</i> -value	Weight	0.101	0.039	0.156	0.011	0.105
	Weight (g/100 g of BW)	0.071	0.032	0.14	0.03	0.138
	Length	0.443	0.284	0.068	0.041	-
	Length (g/100 g of BW)	0.464	0.352	0.052	0.074	-

Experimental diets were made by mixing the basal diet with pearlzyme at 0.0 and 0.1%. Four day-old broilers were fed with either control or experimental diet for 4 weeks. Data are means±SEM. * $p < 0.05$ vs. control.

취한 육계의 증체량은 증가되고, 사료요구율은 감소되어 고에너지사료 처리구와 유사한 효과가 나타난다(Kim et al., 2007).

본 연구에서는 소화기관의 무게와 길이를 조사함으로써 외인성 단백질분해 효소제인 펄자임이 소화기관의 발달에 미치는 영향을 평가하였다. 펄자임 첨가사료를 육계에 급여하였을 때 소장의 길이와 무게는 감소하였고, 직장과 맹장의 길이와 무게는 증가하였다. 이러한 결과는 효소의 처리가 소화기관의 전체 또는 소화기관의 일부분인 십이지장, 공장 그리고 회장의 무게 또는 길이에 영향을 주었다는 다른 연구자들의 결과와 일치한다. 닭의 소화기관의 기능 및 소화율을 조사하기 위하여 소장, 맹장 및 직장에서 내용물(Engberg et al., 2002; Engberg et al., 2004; Gracia et al., 2003; Kalmendal and Tauson, 2012), 소화기관의 길이와 무게(Engberg et al., 2004; Gracia et al., 2003; Kalmendal and Tauson, 2012), 췌장 소화효소(Engberg et al., 2004), 세균 종류(Engberg et al., 2004), 소화 기관 내의 점도(Engberg et al., 2002; Gracia et al., 2003), pH(Engberg et al., 2002; Engberg et al., 2004), 또는 ATP(Engberg et al., 2002; Engberg et al., 2004)가 분석되었다. 효소 복합제(fungal xylanase, protease, 90 bacterial α -amylase)는 육계 소장의 상대적 무게를(Gracia et al., 2003), xylanase는 육계의 십이지장과 공장의 상대적 무게(Engberg et al., 2004)를 감소시켰다. 또한 xylanase

와 serine protease는 육계 회장의 길이를 감소시켰다(Kalmendal and Tauson, 2012). 뿐만 아니라 사료 중 효소의 첨가는 소화기관 내의 환경도 변화시킨다. 3가지 효소 복합제는 육계 창자 내의 점도를 감소시키고, 공장의 용모 높이와 범위를 증가시켰고(Gracia et al., 2003), xylanase는 소장의 혐기성 세균과 ATP의 농도를 증가시키고, pH를 감소시켰다.

근위의 무게는 사료 내의 곡물의 종류와 입자 크기에 따라서 증감될 뿐만 아니라(Engberg et al., 2002), 효소의 첨가 유무에 따라서도 부분적으로 증감된다(Engberg et al., 2002; Gracia et al., 2003). 가루사료를 섭취한 닭에 비해 펠릿사료를 섭취한 닭의 근위 무게는 감소하였고, 근위의 pH와 ATP는 증가하였다. Xylanase는 근위의 상대적 무게를 감소시켰지만(Engberg et al., 2002), 3가지 효소 복합제(fungal xylanase, protease, 90 bacterial α -amylase)는 근위 무게에 영향을 주지 않았다(Gracia et al., 2003). 본 연구의 결과, 펄자임 첨가사료를 섭취한 육계의 근위 무게가 증가하는 경향을 보였고, 이는 다른 연구자들의 결과와 상반된다. 이러한 결과는 사료에 첨가된 효소의 종류 및 활성도에 따라서 직장에 미치는 영향이 다르다는 것을 시사하며, 후후 추가적인 연구가 필요하다.

본 연구에서는 펄자임이 육계사료에 첨가되었을 때 첫 주 동안에 증체 효과를 보였고, 급여기간이 경과함에 따라 사

료섭취량의 증가에도 불구하고 오히려 감소하였다. 또한 펄자임 급여구에서는 폐사계가 발견되지 않았으며, 소장의 길이와 무게가 감소되었고, 직장과 맹장의 길이와 무게는 증가하였다. 이러한 결과는 펄자임과 같은 외인성단백질분해 효소제를 사료에 첨가했을 때 증체효과는 급여 초기에 단기간 관찰될 수 있으며, 소화기관의 발달에 영향을 미칠 수 있다는 것을 시사한다.

적 요

본 연구의 목적은 펄자임(갯벌 미생물 유래 단백질분해 효소제) 첨가가 육계의 생산성과 소화기관의 길이와 무게에 미치는 영향을 조사하는 것이다. 4일령의 암컷 Ross 240수를 각 15수씩 2개의 처리구(Control vs. Pearlzyme)로 나누어, 처리구당 8개의 펜에 무작위로 배치하였다. 육계는 그 후 32일령까지 4주 동안 2개의 사료(Control vs. Pearlzyme) 중에 하나를 섭취하였다. 그 결과, 펄자임 첨가사료는 급여 첫 한 주 동안에 유의적인 증체효과를 보였지만($p < 0.05$), 시간의 경과와 함께 그 효과는 감소되어 마지막 한 주 동안에는 사료섭취량의 증가에도 불구하고, 증체량 및 사료효율이 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 대조구에서 4주간의 실험기간 동안 총 3.3%의 폐사율이 발생하였지만, 펄자임 첨가구에서는 폐사계가 전혀 발생되지 않았다. 그러나 펄자임 첨가사료에서는 육계의 소화기관 특히 직장과 맹장의 무게, 그리고 맹장의 길이가 유의하게 증가하였고($p < 0.05$), 근위의 무게는 증가하고($p = 0.071$), 소장의 무게는 감소하는($p = 0.068$) 경향이 있었다. 따라서 본 연구의 결과는, 육계 사료에 첨가된 펄자임은 급여 첫 한 주 동안에는 증체효과를 보였지만, 급여기간이 경과함에 따라 그 효과는 오히려 감소되었으며, 소화기관의 발달에 영향을 미친다는 것을 시사한다.

(색인어: 펄자임, 육계, 생산성, 소화기관)

사 사

본 연구는 2015년도 경상대학교 연구용역비(밀테크㈜, 펄자임㈜)의 지원 및 사양실험(이동훈, 이창원(10), 전원빈, 이태희, 이창원(09))의 도움으로 수행되었다.

REFERENCES

Dodson G, Wlodawer A 1998 Catalytic triads and their relatives. Trends in Biochem Sci 23:347-352.

Engberg RM, Hedemann MS, Jensen BB 2002 The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens. Br Poult Sci 43:569-579.

Engberg RM, Hedemann MS, Steinfeldt S, Jensen BB 2004 Influence of whole wheat and xylanase on broiler performance and microbial composition and activity in the digestive tract. Poult Sci 83:925-938.

Feddes JJ, Emmanuel EJ, Zuidhof MJ 2002 Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. Poult Sci 81:774-779.

Ghazi S, Amjadian T, Norouzi S 2014 Single and combined effects of vitamin C and oregano essential oil in diet, on growth performance, and blood parameters of broiler chicks reared under heat stress condition. Int J Biometeorol 59: 1019-1024.

Gracia MI, Latorre MA, Garcia M, Lazaro R, Mateos GG 2003 Heat processing of barley and enzyme supplementation of diets for broilers. Poult Sci 82:1281-1291.

Joo H-S, Kumar CG, Park G-C, Kim KT, Paik SR, Chang C-S 2002 Optimization of the production of an extracellular alkaline protease from *Bacillus horikoshii*. Process Biochem 38:155-159.

Joo H-S, Park G-C, Kim K-M, Paik SR, Chang C-S 2001 Novel alkaline protease from the polychaeta, periserrula leucophryna: Purification and characterization. Process Biochem 36:893-900.

Joo HS, Chang CS 2005 Oxidant and sds-stable alkaline protease from a halo-tolerant *Bacillus clausii* i-52: Enhanced production and simple purification. J App Microbio 98: 491-497.

Joo HS, Kumar CG, Park GC, Paik SR, Chang CS 2003 Oxidant and sds-stable alkaline protease from *Bacillus clausii* i-52: Production and some properties. J Appl Microbiology 95:267-272.

Kalmendal R, Tauson R 2012 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. Poult Sci 91:1387-1393.

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 HJ, Min BJ, Cho JH, Chen YJ, Yoo JS, Kim IH, Jang JS, Lee YK 2006 Effects of mud flat bacteria origin protease supplementation on growth performance, amino acid digestibility, blood characteristics, meat quality, fecal VFA and NH₃-n concentration in finishing pigs. J Anim Sci & Technol 48:49-58.
- Schechter I 2012 On the size of the active site in proteases. I. Papain. Biochem Biophys Resh Comm 425:497-502.
-
- Received Sep. 21, 2015, Revised Nov. 12, 2015, Accepted Nov. 26, 2015