

단백질분해효소(bromelain) 처리 우모분이 Broiler의 생산성과 영양소 이용율에 미치는 영향

김재황* · 고영두**

한국응용미생물산업연구소*, 경상대학교 응용생명과학부**

Effect of Dietary Protease(bromelain) Treated Feather Meal on the Performance and Nutrient Utilization in Broilers

J. H. Kim* and Y. D. Ko**

Korea Applied Microorganism Industrial Research*,
College of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University**

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effect of replacing fish meal or soybean meal with feather meal or bromelain treated feather meal in broiler diets on the performances and nutrient utilization. Two hundred and twenty-five broilers were randomly allotted to five dietary treatments(① control, basal diet; ② PFM 50, 50 % of the fish meal replaced with bromelain treated feather meal; ③ PFM 100, 100 % of the fish meal replaced with bromelain treated feather meal; ④ PSM 20, 20 % of the soybean meal replaced with bromelain treated feather meal; and ⑤ PSM 40, 40 % of the soybean meal replaced with bromelain treated feather meal) in a 5-week feeding trial. In the overall period, body weight gain of the PFM 50(1,807 g), PSM 20(1,816 g) and PSM 40(1,823 g) were the highest and that of the PFM 100 was 1,744 g. The body weight gain of the control(1,698 g) was the lowest($p < 0.05$) among treatments. Feed conversion was significantly($p < 0.05$) improved when bromelain treated feather meal replaced 20% of the fish meal in the basal diet. Digestibilities of dry matter, ether extract, organic matter and phosphorus were not different among the treatments. Digestibility of crude protein of PFM 50(65.87 %), PSM 20(67.18 %) and PSM 40(67.56 %) were the highest, and that of the control(54.49 %) was the lowest($p < 0.05$) among treatments. Ammonia and hydrogen sulfide gases from the feces were significantly($p < 0.05$) decreased in chicks fed the PFM 50, PSM 20 and GFM 40 diets, when observed after 3 weeks of feeding trials. Feed costs of the control and PFM 50 were 604 and 629 won, respectively but that of PSM 50 was 820 won. Therefore, replacement of fish meal with bromelain treated feather meal in the diets for chicks could be useful for economic production.

(Key words : Protease(bromelain) treated feather meal, Fish meal, Soybean meal, Body weight gain, Digestibility)

I. 서 론

국내 우모의 생산량은 연간 2 만 여 톤에

달하며(피드저널, 2004), 우모를 고압·가열처리하여 건조·분쇄한 것을 우모분이라 하며, 우리나라 사료관리법에는 조단백질 함량 80

Corresponding author : Y. D. Ko, Animal Science Major, Division of Animal Science and Technology, College of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University Jinju, 660-701, Korea.
Tel : 055-751-5512, E-mail : ydko@nongae.gsnu.ac.kr

% 이상, pepsin 소화율 75 % 이상으로 규정하고 있다. 그러나, 우모 단백질의 85~90 %는 keratin으로 구성(Noval과 Nickerson, 1959)되어 있으며, 구조상으로도 disulfide 및 hydrogen bond에 의해 강하게 결합되어 있어 산이나 alkali와 같은 화학약제에 대해서도 분해가 잘 되지 않기 때문에(Arai 등, 1996) methionine, lysine, histidine 및 tryptophan 함량이 부족하며, 단백질 이용률도 27~63 %로 매우 낮아 사료적 가치는 상당히 낮다(Morris와 Balloun, 1973).

현재까지, 이와 같은 우모분의 사료적 가치를 개선시키기 위한 가공방법으로는 ① auto clave에 의한 가수분해처리(Wang과 Parsons, 1997), ② 화학적처리(Cherry와 Shewfelt, 1975), ③ 효소제처리(Geiger 등, 1941) 및 ④ *Bacillus* sp., *Actinomyces* sp., *Streptomyces* sp. 등의 미생물균주처리(김 등, 2003; 최와 장, 1999; Chitte 등, 1999; Bockle 등, 1995) 방법 등이 보고되고 있다.

그러나, 이와 같은 처리 방법들은 많은 시간과 노력 및 비용의 투자에 비하여 기대효과는 그다지 크지 않기 때문에 고품질의 우모분을 생산하기 위한 대체물질의 개발에 관심을 기울여야 할 것으로 사료된다.

한편, 육의 연화제로 널리 이용되고 있는 파인애플의 protease인 bromelain(최 등, 1992)을 분리·정제하여 단백질 분해효소로서의 효과를 인정하였으며, 우육 및 근육단백질의 용해율을 향상시키기 위한 연구가 수행되었다(조 등, 1994).

또한, 우모분을 단백질 사료로서 급여할 경우 조단백질 함량이 19~23 %일 때는 3%, 23 % 이상일 경우에는 6%(Summers, 1976), 조단백질 함량이 20 %일 때는 우모분을 4%(대두박의 약 16~20 % 대체)까지, 22~26 %일 때는 8%(대두박의 약 30~40 % 대체)까지 대체·사용할 경우에는 증체율과 사료효율 및 소화율이 향상된다(Khajarem 등, 1983).

따라서, 본 연구는 우모분의 사료적 가치를 향상시키기 위하여 파인애플의 protease인 bromelain을 처리한 우모분을 단백질 사료로

급여하고 있는 어분과 대두박에 다음과 같이 ① 기초사료 급여구(Control), ② 어분의 50 % 대체구, ③ 어분의 100 % 대체구, ④ 대두박의 20 % 대체구, ⑤ 대두박의 40 % 대체구로 설정하여 급여하였을 때 broiler의 증체량, 사료섭취량, 사료요구율, 영양소 소화율, 분의 유해가스 함량, 맹장내 미생물총 및 경제성을 조사·분석하여 단백질분해효소 처리 우모분의 Keratin태 단백질 분해효과 구명을 통한 대체 단백질사료 개발을 위하여 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험기간, 장소 및 시험동물

사양시험은 2004년 10월부터 5주간, 소화시험은 사양시험 종료 후 대사 cage에 옮겨 예비시험 7일간, 본 시험 5일간 경상대학교 부속동물사육장에서 실시하였다. 공시동물은 1일령 무감별추 300수(Ross Broiler, 평균체중 40.5 g ± 0.5 g)를 공시하여 1주간 예비시험을 실시한 후, 본 시험을 위해 2주령의 건강한 병아리 225수(평균체중 101.1 ± 1.2 g)를 선발하여 임의 배치하였다. 대사시험은 사양시험 종료 후 균일 체중 수컷 15수를 선발하여 대사 cage에 배치하였다.

2. 시험사료

첨가제로 이용된 일반 우모분(CP 78.94 %, pepsin digestibility 72.64 %)은 (주)신라산업에서, pineapple(CP 4.65 %)은 시장에서 구입하여 우모분과 pineapple 조효소액을 1:1로 혼합하여 12시간 발효시킨 후 사용하였다(Table 1). 본 시험에 공시된 시험사료는 육계의 성장단계별 영양소 요구량(NRC, 1994)에 맞추어 제조된 육계용 사료로 starter(1주령)는 예비시험 기간으로서 시판 입분임용 배합사료(CP 22.2 %, Ca 0.97 %, P 0.70 %, Methionine + Cystine 0.86 %, ME 3,059 kcal / kg)를 이용하여 group feeding 하였으며, 본시험은 2주령부터 grower

(2~3주령) 및 finisher(4~5주령)로 나누어 실시하였다. 시험구는 ① C (basal diet; Control), ② PSM 50(50% of the fish meal replaced with bromelain treated feather meal), ③ PFM 100(100% of the fish meal replaced with bromelain treated feather meal), ④ PSM 20(20% of the soybean meal replaced with bromelain treated feather meal), and ⑤ PSM 40(40% of the soybean meal replaced with bromelain treated feather meal)의 5개 처리구로 나누었으며, 본 시험에 이용된 기초사료와 시험사료의 성분함량과 화학적 조성은 Table 2 및 3과 같다.

Table 1. The chemical and amino acid compositions of general-feather meal and protease(bromelain) treated feather meal used in the experiment

Item	General feather meal	Protease inoculated feather meal
Chemical composition (%, DM basis)		
Crude protein	78.94	80.88
Pepsin digestibility	72.64	79.72
Amino acid composition(%)		
Arginine	5.47	5.66
Histidine	1.33	1.46
Isoleucine	4.12	4.27
Leucine	4.26	4.47
Lysine	1.39	1.60
Phenylalanine	4.76	4.88
Threonine	3.79	3.96
Valine	6.88	7.09
Glycine	6.35	6.55
Serine	8.69	8.94

3. 사양관리 및 실험방법

(1) 입추전 준비

본 시험을 수행하기 위한 초생추, 중추, 대추 및 대사 cage는 화염방사기로 소독하였으며, 계사는 과망간산칼리와 포르말린으로 훈증 소독하였다.

(2) 입추후 사양관리

계사의 온도 관리는 입추시 약 35℃에서 매주 3℃씩 감온하여 4주령부터 시험 종료 시까지는 22℃로 유지하였으며, 습도는 70% 내외로 조절하였다. 점등관리는 24시간 점등하고, 사료는 오전(08:00)과 오후(17:00)에 NRC (1994) 사양표준 요구량의 120%를 2등분하여 급여하였으며, 물은 자유섭취할 수 있도록 하였다.

4. 조사항목 및 분석방법

(1) 조효소액 추출

Pineapple 1 kg에 0.1 M sodium phosphate buffer, 5 mM cystein 및 2 mM EDTA을 증류수 (2,000 ml)에 녹여 pH 7.0로 조절하였다. 그 후, 균질화, 여과 및 원심분리(10,000 rpm, 30 분)하여 상등액(약 2,400 ml)을 조효소액으로 이용하였다(배와 노, 2000; 조 등, 1994).

(2) Pepsin 소화율

Soxhlet 장치와 Kjeldahl 장치를 이용하여 pepsin 용액(0.2% pepsin, 1:10,000)으로 소화되지 않은 잔유물을 이용하여 측정하였다(McLead와 Minson, 1978).

(3) 영양소 소화율

시험사료와 분의 일반성분은 AOAC법(1990)에 준하여 분석하였으며, 건물은 상압가열건조법, 조단백질은 조단백질 소화장치와 자동분석기(Kjeldahl Unit, Germany), 조지방은 Soxhlet 추출법, 인 함량은 ICP(Inductively Coupled Plasma) emission spectrophotometer로 측정하였다.

(4) 유해가스 발생량

육계중기인 3주령과 육계후기인 5주령에 배설된 분을 시험구당 3반복으로 각각 200 g 씩 정량하여 진공포장용 폴리비닐에 담아 외부가스가 혼입되지 않도록 sealing한 후 계사 내에서 24시간 발효시킨 다음, 가스포집기(Gastec GV-100S, Japan)를 이용하여 측정하였다.

Table 2. Formulas and chemical compositions of the basal and experimental diets for broiler chicks

Item	Starter (1 st week)	Grower(2 nd -3 rd week)				
		C*	PFM 50	PFM 100	PSM 20	PSM 40
Ingredients (%)						
Corn grain	58.57	58.40	58.40	58.40	58.40	58.40
Wheat grain	-	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
Soybean meal	29.56	26.30	26.30	26.30	21.04	15.78
Fish meal	0.56	2.50	1.25	-	2.50	2.50
Protease treated Feather meal	-	-	1.25	2.50	5.26	10.52
Papeseed meal	3.50	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
Corn gluten meal	4.62	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Meat and bone meal	0.46	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Cal-phos	1.76	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Salt dehydrated	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Fat & oil	0.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
L-lysine	0.03	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Methionine (98 %)	0.04	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Grower-Mixture**	0.04	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Others	0.46	-	-	-	-	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition (% DM basis)						
Dry matter	87.24	87.31	87.30	87.29	87.26	87.24
Crude protein	22.20	21.57	21.78	21.96	22.02	22.79
Ether extract	6.00	4.44	4.40	4.37	4.35	4.31
Crude fiber	2.12	2.97	2.98	3.10	3.00	3.02
Crude ash	5.46	4.98	4.99	5.02	4.97	4.96
Calcium	0.97	0.86	0.85	0.82	0.80	0.79
Total-Phosphorus	0.70	0.73	0.71	0.70	0.68	0.65
ME (kcal / kg)	3,059	3,041	3,034	3,026	3,030	3,028

* C, Control(basal diet); PFM 50, Replacing fish meal at 50 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PFM 100, Replacing fish meal at 100 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PSM 20, Replacing soybean meal at 20 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PSM 40, Replacing soybean meal at 40 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet.

** Mineral and vitamin mixtures for Grower stage : Co 183 mg / kg, Cu 2,333 mg / kg, I 320 mg / kg, Fe 8,000 mg / kg, Mn 20,000 mg / kg, Se 40 mg / kg, Zn 19,667 mg / kg, Vit-A 4,800 IU / kg, Vit-D 1,120 IU / kg, Vit-E 6,9334,800 mg / kg, Vit-K 1,400 mg / kg, Vit-B₁ 400 mg / kg, Vit-B₂ 2,400 mg / kg, Vit-B₆ 800 mg / kg, Vit-B₁₂ 5 mg / kg, Biotin 25 mg / kg, Choline 98,000 mg / kg, Folicin 200 mg / kg, Niacin 14,000 mg / kg, Pantothenic acid 4,200 mg / kg.

Table 3. Formulas and chemical compositions of the basal and experimental diets for broiler chicks

Item	Finisher (4 th -5 th week)				
	C*	PFM 50	PFM 100	PSM 20	PSM 40
Ingredients (%)					
Corn grain	61.20	61.20	61.20	61.20	61.20
Wheat grain	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40
Soybean meal	21.10	21.10	21.10	16.88	12.66
Fish meal	2.50	1.25	-	2.50	2.50
Protease treated Feather meal	-	1.25	2.50	4.22	8.44
Papeseed meal	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
Corn gluten meal	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Meat and bone meal	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Cal-phos	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Salt dehydrated	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Fat & oil	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
L-lysine	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Methionine (98 %)	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Finisher-Mixture**	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Others	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition (% , DM basis)					
Dry matter	87.50	87.52	87.49	87.47	87.42
Crude protein	19.65	19.83	19.97	20.12	20.78
Ether extract	5.70	5.63	5.59	5.61	5.57
Crude fiber	2.90	2.92	3.04	2.95	2.96
Crude ash	4.65	4.68	4.69	4.66	4.65
Calcium	0.80	0.80	0.78	0.77	0.75
Total-Phosphorus	0.69	0.67	0.65	0.65	0.64
ME(kcal / kg)	3,114	3,097	3,089	3,090	3,086

* C, Control(basal diet); PFM 50, Replacing fish meal at 50 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PFM 100, Replacing fish meal at 100 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PSM 20, Replacing soybean meal at 20 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PSM 40, Replacing soybean meal at 40 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet.

** Mineral and vitamin mixtures for Finisher stage : Co 250 mg / kg, Cu 3,250 mg / kg, I 458 mg / kg, Fe 11,259 mg / kg, Mn 28,500 mg / kg, Se 60 mg / kg, Zn 27,500 mg / kg, Vit-A 5,400 IU / kg, Vit-D 1,320 IU / kg, Vit-E 4,500 mg / kg, Vit-K 1,425 mg / kg, Vit-B₁ 600 mg / kg, Vit-B₂ 2,700 mg / kg, Vit-B₆ 1,088 mg / kg, Vit-B₁₂ 6 mg / kg, Biotin 12 mg / kg, Choline 102,000 mg / kg, Folicin 233 mg / kg, Niacin 15,375 mg / kg, Pantothenic acid, 4,500 mg / kg.

(5) 맹장 내 미생물총

사양시험이 끝난 직후 시험구별로 3수씩 도살 후, 맹장 내용물 1g을 채취하여 멸균된 생리식염수 9ml에 희석시켜, Total *bacteria*와 *Lactobacillus sp.*의 측정은 MRS agar(Difco), *Coliforms*과 *Salmonella*의 측정은 MacConkey agar(Difco)를 이용하여 37 °C에서 24시간 또는 25 °C에서 24시간 호기상태로 배양한 후 각각의 평판배지에서 발현된 colony 수를 계수하여 조사하였다.

4. 통계처리

본 시험에서 얻어진 결과들은 SAS Package (1996)를 활용하여 분석하였으며, 처리간 유의차검정은 Duncan 다중검정법(1955)을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

Protease(bromelain)를 처리시킨 우모분의 broiler에 대한 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율을 조사한 결과는 Table 4와 같다.

육계 중기인 2~3주령의 증체량은 protease 처리 우모분으로 어분의 50%를 대체한 PFM 50구와 대두박의 20%와 40%을 대체한 PSM 20구와 PSM 40구에서 각각 645 g, 637 g 및 646 g으로서 대조구의 616 g에 비하여 높았다($p < 0.05$). 사료섭취량은 PSM 40구가 824 g으로서 대조구를 포함한 다른 처리구의 798~815 g에 비하여 많이 섭취하였다($p < 0.05$). 사료요구율은 대조구를 포함한 모든 처리구에서 1.26~1.30으로 차이는 없었다.

육계후기인 4~5주령의 증체량은 PFM 50구와 PSM 20구 및 PSM 40구에서 각각 1,162 g, 1,180 g 및 1,177 g으로 가장 높았으며, 다음은 PFM 100구가 1,122 g으로서 높았으며 대조구는 1,082 g으로서 가장 낮았다($p < 0.05$). 사료섭취량은 PFM 50구와 PFM 100구 및 PSM 40구에서 각각 1,905 g, 1,898 g 및 1,934 g으로 가장

높았으며, 다음은 PSM 20구가 1,843 g으로서 높았으며 대조구는 1,793 g으로서 가장 낮았다($p < 0.05$). 사료요구율은 PSM 20구가 1.56으로서 대조구를 포함한 다른 처리구의 1.62~1.69에 비하여 개선효과가 크게 나타났다($p < 0.05$).

육계 사양시험 전 기간인 2~5주령 동안의 증체량은 PFM 50구와 PSM 20구 및 PSM 40구에서 각각 1,807 g, 1,816 g 및 1,823 g으로 가장 높았으며, 다음은 PFM 100구가 1,744 g으로서 높았으며 대조구는 1,698 g으로서 가장 낮았다($p < 0.05$). 사료섭취량은 PSM 40구가 2,728 g으로서 가장 높았으며, 다음은 PSM 20구가 2,653 g으로 높았으며 대조구는 2,591 g으로서 가장 낮았다($p < 0.05$). 사료요구율은 PSM 20구가 1.46으로서 PFM 100구의 1.55 보다는 크게 개선되었으나($p < 0.05$), 대조구를 포함한 다른 처리구의 1.51~1.53와는 유의한 차이는 없었다.

사료내 단백질 수준의 불균형하거나 필수아미노산이 불균형된 단백질을 급여할 경우에는 증체량과 사료섭취량이 감소(Bellinger 등, 1995; Kim 등, 1996; 김 등, 2004)하며, 사료내 총필수아미노산 함량/총아미노산 함량 비율(essential amino acid for total amino acid ratios; ET%)의 차이는 성장을 지연시키는 한가지 요인(Tanaka 등, 1995, Kim 등, 1999)으로서 특히, ET%는 사료내 필수아미노산과 비필수아미노산의 조성에 크게 영향을 받는다(Stuki와 Harper, 1962).

본 연구의 결과, 우모분의 단백질에는 필수아미노산인 glycine, arginine, leucine, phenylalanine 및 valine 함량은 풍부하지만 우모분의 제한아미노산인 histidine, lysine 및 methionine 함량이 크게 부족되기 때문에 lysine과 methionine을 육계중기에는 각각 0.15%와 0.45%를, 육계후기에는 각각 2.5%와 0.13%를 보충·급여시킴으로서 아미노산 불균형에 의한 성장능력과 사료섭취량의 감소현상은 나타나지 않은 것으로 생각된다. 또한, protease(bromelain)를 접종시킨 모든 구에서 증체량은 증가되며 사료요구율에는 차이가 없었으며, 특히 우모분으로 대두박의 20%를 대체할 경우에는 증체량이나 사료요구율 면에서 개선효과가 우수하기

Table 4. Effects of dietary replacements using hydrolyzed feather meal treated with pineapple coenzyme juice on the growth performance(g/bird) in the broiler chicks

Item	Treatments*				
	C	PFM 50	PFM 100	PSM 20	PSM 40
Grower (2nd-3rd week)					
Initial wt.	100.0 ± 1.0	101.3 ± 1.8	101.0 ± 2.3	101.3 ± 1.4	102.0 ± 1.2
Final wt.	715.7 ± 10.7 ^b	746.1 ± 8.4 ^a	722.7 ± 11.5 ^{ab}	738.0 ± 12.6 ^{ab}	748.0 ± 10.8 ^a
Weight gain	615.7 ± 6.4 ^b	644.8 ± 5.9 ^a	621.7 ± 5.4 ^{ab}	636.7 ± 9.8 ^a	646.0 ± 8.6 ^a
Feed intake	798.0 ± 6.4 ^b	814.7 ± 7.3 ^b	801.0 ± 6.7 ^b	809.7 ± 7.9 ^b	823.9 ± 8.5 ^a
Feed/Gain	1.30 ± 0.02	1.26 ± 0.02	1.29 ± 0.03	1.27 ± 0.03	1.28 ± 0.02
Finisher (4th-5th week)					
Initial wt.	715.7 ± 10.7 ^b	746.1 ± 8.4 ^a	722.7 ± 11.5 ^{ab}	738.0 ± 12.6 ^{ab}	748.0 ± 10.8 ^a
Final wt.	1,797.5 ± 18.6 ^c	1,908.4 ± 17.5 ^a	1,845.1 ± 19.8 ^{bc}	1,917.5 ± 10.9 ^a	1,924.8 ± 11.8 ^a
Weight gain	1,081.8 ± 12.5 ^c	1,162.3 ± 11.9 ^a	1,122.4 ± 13.0 ^b	1,179.5 ± 11.7 ^a	1,176.8 ± 13.2 ^a
Feed intake	1,793.3 ± 13.1 ^c	1,905.2 ± 15.3 ^a	1,898.0 ± 12.7 ^a	1,843.3 ± 16.8 ^b	1,933.8 ± 18.7 ^a
Feed/Gain	1.66 ± 0.03 ^a	1.64 ± 0.02 ^{ab}	1.69 ± 0.04 ^a	1.56 ± 0.03 ^b	1.62 ± 0.04 ^{ab}
Overall (2nd-5th week)					
Initial wt.	100.0 ± 1.0	101.3 ± 1.8	101.0 ± 2.3	101.3 ± 1.4	102.0 ± 1.2
Final wt.	1,797.5 ± 18.6 ^c	1,908.4 ± 17.5 ^{ab}	1,845.1 ± 19.8 ^{bc}	1,917.5 ± 10.9 ^b	1,924.8 ± 11.8 ^a
Weight gain	1,697.5 ± 16.7 ^c	1,807.1 ± 15.8 ^a	1,744.1 ± 16.9 ^b	1,816.2 ± 9.7 ^a	1,822.8 ± 10.5 ^a
Feed intake	2,591.3 ± 19.3 ^c	2,719.9 ± 21.6 ^{ab}	2,699.0 ± 19.8 ^{ab}	2,653.0 ± 20.1 ^b	2,727.7 ± 23.4 ^a
Feed/Gain	1.53 ± 0.03 ^{ab}	1.51 ± 0.04 ^{ab}	1.55 ± 0.03 ^a	1.46 ± 0.03 ^b	1.50 ± 0.02 ^{ab}

* C, Control(basal diet); PFM 50, Replacing fish meal at 50 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PFM 100, Replacing fish meal at 100 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PSM 20, Replacing soybean meal at 20 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PSM 40, Replacing soybean meal at 40 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet.

^{a-c} Means ± SD with different superscripts in the same row differ significantly(p < 0.05).

때문에 현재와 같이 어분과 대두박의 사료가 격이 상승할 경우에는 매우 효과적인 사료 급여방법이라고 사료된다.

2. 영양소 소화율

Protease(bromelain)를 처리시킨 우모분의 broiler에 대한 영양소 소화율을 조사한 결과는 Table 5와 같다.

건물, 조지방, 유기물 및 인 소화율은 protease 처리 우모분을 대체시킴으로서 약간씩 증

가하는 경향이였으나, 대조구를 포함한 모든 처리구에서 각각 71.48 ~ 75.63, 87.42 ~ 92.28, 55.15 ~ 56.71 % 및 51.53 ~ 52.94 %로서 차이는 없었다. 조단백질 소화율은 PFM 50구, PSM 20구 및 PSM 40구에서 각각 65.87, 67.18 및 67.65 %로서 가장 높았으며, 대조구는 57.49 %로서 가장 낮았다(p < 0.05).

Shin(1993)는 미생물 keratinase가 collagen과 우모 keratin을 분해할 수 있기 때문에 우모분의 단백질 소화율을 크게 향상시킬 수 있다고 하였으며, *Bacillus* sp.를 접종시킴으로서 우모의 keratin

Table 5. Effects of dietary replacements using hydrolyzed feather meal treated with pineapple coenzyme juice on the nutrient digestibility (%) in the broiler chicks

Item	Treatments*				
	C	PFM 50	PFM 100	PSM 20	PSM 40
Dry matter	71.48 ± 2.43	73.46 ± 2.94	74.76 ± 3.17	75.63 ± 2.06	75.60 ± 4.61
Crude protein	57.49 ± 2.09 ^b	65.87 ± 2.52 ^a	62.37 ± 1.87 ^{ab}	67.18 ± 2.16 ^a	67.65 ± 2.89 ^a
Ether extract	87.42 ± 0.93	91.21 ± 2.68	89.85 ± 1.31	91.10 ± 0.95	92.28 ± 2.11
Organic matter	55.15 ± 2.33	56.65 ± 2.01	56.38 ± 3.07	56.53 ± 2.96	56.71 ± 2.76
Phosphorus	51.53 ± 2.81	52.38 ± 3.24	51.92 ± 2.05	52.49 ± 2.34	52.94 ± 2.18

* C, Control(basal diet); PFM 50, Replacing fish meal at 50% level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PFM 100, Replacing fish meal at 100% level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PSM 20, Replacing soybean meal at 20% level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PSM 40, Replacing soybean meal at 40% level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet.

^{a-b} Means ± SD with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$).

이 분해되어 우모분의 단백질 소화율은 약 10% 정도 개선된다고 하였다(김 등, 2004). 또한, 배와 노(2000)는 파인애플, 키위, 파파야, 무화과 및 배의 total activity는 각각 68.8, 59.5, 27.1, 22.8 및 20.5 mol/ml로서 파인애플이 가장 높다고 하였다. 본 연구에서도 keratinase인 bromelain을 처리시킨 우모분을 대체시킴으로서 조단백질 소화율이 높은 것은 본 연구에 이용한 keratinase인 bromelain 조효소액의 높은 효소활력으로 우모분의 keratin을 효율적으로 분해시킨 결과로 사료된다.

본 연구 결과, 우모분에 protease(bromelain)를 처리함으로써 조단백질 소화율은 어분의 50% 대체시 약 14.6%, 대두박의 20~40%를 대체할 경우에는 약 16.9~17.7% 정도 개선됨으로서 그 효과를 높이 인정할 수 있었다.

3. 유해가스 발생량

Protease(bromelain)를 처리시킨 우모분이 환경오염에 영향을 미치고 있는 유해가스인 NH₃와 H₂S gas 발생량을 조사한 결과는 Table 6과 같다.

전반적으로 육계 중기인 3주령에 비해 육계 후기인 5주령의 NH₃와 H₂S 가스 발생량이 상

당량 증가하는 경향이었다.

3주령의 NH₃ 가스 발생량은 대조구가 3.5 ppm으로서 가장 높았으며, protease인 bromelain을 처리시킨 우모분으로 대체할 경우에는 약간씩 낮아지는 경향이었으나 유의한 차이는 없었다. H₂S 가스 발생량은 대조구가 12.8 ppm으로 가장 높았으며, 그 다음은 PFM 50구로서 10.1 ppm 이었으며, 기타 대체구에서는 7.3~8.4 ppm으로 낮게 나타났다($p < 0.05$). 그러나, PFM 50구와는 유의한 차이는 없었다.

5주령의 NH₃ 가스 발생량은 대조구가 25.3 ppm으로 가장 높았으며, 그 다음은 PFM 50구로서 18.9 ppm 이었으며, 기타 대체구에서는 16.0~16.4 ppm으로 낮게 나타났다($p < 0.05$). 그러나, PFM 50구와는 유의한 차이는 없었다. H₂S 가스 발생량은 대두박을 대체한 PSM 20구와 PSM 40구에서 18.4~20.5 ppm으로 대조구의 33.6 ppm에 비하여 낮게 나타났다($p < 0.05$). 그러나, 어분으로 대체할 경우에는 약 22.6~22.8 ppm으로 대조구나 대두박을 대체한 구와는 차이가 없었다.

NH₃ 가스는 자극성이 매우 강하기 때문에 5 ppm 이하의 낮은 수준에서도 검출되며, 가축의 경우에는 50 ppm일 때 생산능력이 감소

Table 6. Effects of dietary replacements using hydrolyzed feather meal treated with pineapple coenzyme juice on the ammonia and sulfuretted hydrogen gas emission(ppm) in broiler feces

Item	Treatments*					
	C	PFM 50	PFM 100	PSM 20	PSM 40	
3 rd week	NH ₃	3.5 ± 0.7	3.0 ± 0.8	2.6 ± 0.6	2.6 ± 0.3	2.4 ± 0.7
	H ₂ S	12.8 ± 1.8 ^a	10.1 ± 1.1 ^{ab}	8.4 ± 1.4 ^b	7.3 ± 1. ^b	8.2 ± 1.7 ^b
5 th week	NH ₃	25.3 ± 3.8 ^a	18.9 ± 2.5 ^{ab}	16.4 ± 2.7 ^b	16.2 ± 1.5 ^b	16.0 ± 2.0 ^b
	H ₂ S	33.6 ± 6.7 ^a	22.6 ± 7.0 ^{ab}	22.8 ± 7.5 ^{ab}	18.4 ± 8.8 ^b	20.5 ± 6.9 ^b

* C, Control(basal diet); PFM 50, Replacing fish meal at 50 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PFM 100, Replacing fish meal at 100 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PSM 20, Replacing soybean meal at 20 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PSM 40, Replacing soybean meal at 40 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet.

^{a-b} Means ± SD with different superscripts in the same row differ significantly(p < 0.05).

되며 건강에 큰 피해를 유발시키며, H₂S 가스는 유독성이 매우 강하기 때문에 6 ppm 이상에서는 유독가스의 냄새가 직선적으로 증가되며, 10 ppm 에서는 눈에 자극을 주고, 가축의 경우 20 ppm 에서 약한 공포를 느끼며 식욕감소 및 신경과민 현상이 일어난다고 하였다(Barker와 Zublena, 1975).

김 등(2004)은 broiler에 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 어분 100 % + 대두박 20 % 대체구의 3주령의 H₂S 가스 발생량은 7.1 ppm으로 낮아진다고 하여 본 연구에서 protease인 bromelain을 접종시킨 경우와 비슷하였다. 일반적으로 동물체내에서 단백질, 아미노산 등이 분해되어 발생하는 암모니아는 urea(포유동물) 또는 uric acid(조류)로 전환되어 배설되는데 생성된 urea 또는 uric acid의 20 ~ 25 %는 장관내 미생물에 의해서 암모니아로 분해되어 미생물 단백질합성에 이용되거나 혈액으로 다시 흡수(Wrong 등, 1981)되기 때문에 유해가스의 발생량을 감소시킨 것으로 생각되며, 특히 암모니아 가스의 발생량의 감소는 조단백질의 소화율이 높았기 때문에 질소의 이용율이 증가된 것에서 기인된 효과로 사료된다.

4. 경제성

Protease(bromelain)를 처리시킨 우모분의 broiler에 대한 경제성 분석의 결과는 Table 7과 같다.

총 사료비는 대조구가 1,026원이었으며 protease인 bromelain을 처리시킨 우모분으로 어분을 대체한 PFM 50 구는 1,136원과 PFM 100 구는 1,186원으로 조금 높았으나, 대두박을 대체한 PSM 20 구는 1,252원과 PSM 40 구는 1,494원으로서 가장 비싸게 나타났다. 1 kg 증체에 대한 사료비는 대조구가 604원으로서 가장 낮았으며, PSM 40구는 820원으로서 가장 높게 나타났다. 즉, 1 kg 증체에 대한 사료비를 대조구를 100으로 환산한 값과 비교하면 PFM 50구는 104.1로서 약 4%가 불리하였으며, PFM 100구 및 PSM 20구는 각각 112.6과 114.1로서 약 12 ~ 14%가 불리하였다. 그러나, PSM 40 구는 135.8로서 약 36%가 불리하였다.

경제성 분석 결과, protease인 bromelain을 처리시킨 우모분으로 어분의 50%를 대체·급여할 경우에는 대조구에 비하여 체중 1 kg 증체에 대한 사료비용은 약 4% 불리하지만, 증체 효과는 약 6.5%, 조단백질 소화율은 약 14.5%가 향상됨으로 지금과 같이 닭고기 가격과 어분 가격이 상승할 경우에는 경제적인 사료급여

Table 7. Effects of dietary replacements using hydrolyzed feather meal treated with pineapple coenzyme juice on the economical efficiency in the broiler chicks

Item	Treatments*				
	C	PFM 50	PFM 100	PSM 20	PSM 40
Weight gain, g					
Grower	615.7	644.8	621.7	636.7	646.0
Finisher	1,081.8	1,162.3	1,122.4	1,179.5	1,176.8
Overall	1,697.5	1,807.1	1,744.1	1,816.2	1,822.8
Feed intake, g					
Grower	798.0	814.7	801.0	809.7	823.9
Finisher	1,793.3	1,905.2	1,898.0	1,843.3	1,933.8
Overall	2,591.3	2,719.9	2,699.0	2,653.0	2,727.7
Feed cost**, won					
Grower	321	345	357	387	456
Finisher	705	791	829	865	1,038
Overall	1,026	1,136	1,186	1,252	1,494
Total cost / Total gain, won / kg	604	629	680	689	820
Index (%)	100	104.1	112.6	114.1	135.8

* C, Control(basal diet); PFM 50, Replacing fish meal at 50 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PFM 100, Replacing fish meal at 100 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PSM 20, Replacing soybean meal at 20 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet; PSM 40, Replacing soybean meal at 40 % level with feather meal treatment with pineapple coenzyme juice in the basal diet.

** Feed cost : Control treatments [Grower feed(402 won / kg), Finisher feed(393 won / kg)], Pineapple coenzyme juice treated feather meal treatments [Grower feed : PFM 50(424 won / kg), PFM 100(446 won / kg), PSM 20(478 won / kg), PSM 40(554 won / kg); Finisher feed : PFM 50(415 won / kg), PFM 100(437 won / kg), PSM 20(469 won / kg), PSM 40(545 won / kg)], Fish meal(623 won / kg), Soybean meal(288 won / kg), Pineapple coenzyme juice treated feather meal(667 won / kg), Pineapple(1,600 won / kg), Broiler meat(955 won / kg).

^{a-c} Means \pm SD with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(피드저널, 2004).

방법이 될 수 있을 것으로 사료된다.

IV. 요약

본 시험은 우모분의 사료적 가치를 향상시키기 위하여 pineapple 단백질 분해효소인 bromelain을 우모분에 처리하여 육계 단백질 공급원인 어분 및 대두박에 수준별로 대체하여 총 5 처리구로 설정하였으며, 각 처리구당 3반복으로 임의배치하여 실시하였다. 시험사료 급여구의 증체량, 사료요구율, 영양소 소화율, 분의

유해가스 함량 및 경제성을 조사·분석하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 사양시험 전기간(2~5주령)의 증체량은 protease인 bromelain을 처리시킨 우모분으로 어분의 50%를 대체한 구(1,807 g)와 대두박의 20% 대체구(1,816 g) 및 대두박 40% 대체구(1,823 g)에서 가장 높았으며, 다음은 어분의 100%를 대체한 구(1,744 g) 이었으며, 대조구는 1,698 g으로서 가장 낮았다($p < 0.05$). 사료요구율은 protease인 bromelain을 처리시킨 우모분으로 대두박의 20%를 대체한 구가 1.46으로서 개선효과가 크게

나타났다. 건물, 조지방, 유기물 및 인 소화율은 대조구를 포함한 모든 처리구에서 차이는 없었다. 조단백질 소화율은 protease인 bromelain을 처리한 우모분으로 어분의 50%를 대체한 구(65.87%)와 대두박의 20% 대체구(67.18%) 및 대두박 40% 대체구(67.56%)에서 가장 높았으며, 대조구는 57.49%로서 가장 낮았다($p < 0.05$). 3주령의 H₂S 가스 발생량은 protease인 bromelain을 집종시킨 우모분으로 어분의 100% 대체구와 대두박의 20% 대체구 및 40% 대체구에서 각각 8.4 ppm, 7.3 ppm 및 8.2 ppm으로 가장 낮았으며($p < 0.05$). 5주령의 NH₃ 가스 발생량은 protease인 bromelain을 처리시킨 우모분으로 어분의 100% 대체구와 대두박의 20% 대체구 및 40% 대체구에서 각각 16.4 ppm, 16.2 ppm 및 16.0 ppm으로 가장 낮았다($p < 0.05$). 1 kg 증체에 대한 사료비는 대조구가 604원이었으며 protease인 bromelain을 처리시킨 우모분으로 어분 50% 대체한 구는 629원으로 약 4%가 높았으며, 대두박의 40%를 대체할 경우에는 820원으로서 가장 높게 나타났다.

이상의 결과를 종합하면, 단백질의 분해 능력이 우수한 protease인 bromelain을 처리한 우모분을 broiler의 단백질 대체사료로 급여할 경우 증체효과와 조단백질 소화율 측면에서 어분의 50% 대체가 가능하며 1 kg 증체에 소요되는 비용면에서도 경제적인 것으로 사료된다.

V. 인 용 문 헌

1. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.
2. Arai, K., Naito, S., Dang, V. B., Nagasawa, N. and Hirano, M. 1996. Crosslinking structure of keratin. VI. Number, type, and location of disulfide crosslinkages in low-sulfur protein of wool fiber and their relation to permanent set. J. Appl. Polym. Sci. 60:169-179.
3. Barker, J. C. and Zublena, J. P. 1975. Livestock manure nutrient assesment in North Carolina. 7th. International Symposium on Agricultural and Food Processing Wastes. p. 98.
4. Bellinger, L. L., Williams, F. E., Rogers, Q. R. and Gietzen, D. W. 1995. Liver denervation attenuates the hypophagia produced by and imbalanced amino acid diet. Physiol. Behav. 59:925.
5. Bockle, B., Galunski, B. and Muller, R. 1995. Characterization of a keratinolytic serine protease from *Streptomyces pactum* DSM40530. Applied and Environ. microbiology. 61:3705-3710.
6. Cherry, C. T. and Shewfelt, A. L. 1975. Characterization of protein isolates from keratinous material of poultry feather. J. Food Sci. 40:331.
7. Chitte, R. R., Nalawade, V. K. and Dey, S. 1999. Keratinolytic activity from the broth of a feather-degrading thermophilic *Streptomyces thermoviolaceus* SDS. Lett Appl Microbiol. 28:131-136.
8. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics. 11:1.
9. Geiger, W. B., Paterson, W. I., Mizelt, L. R. and Harris, M. 1941. Nature of the resistance of wool to digestion by enzyme. J. Res. National Bureau Standards. 27:459.
10. Khajarem, S., Khajarem, J., Phalaraksh, K. and Churasatein, S. 1983. The utilization of hydrolyzed feather meal as a protein source in pig and poultry rations. Depart. of Amin. Sci., Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.
11. Kim, C. H., Tanaka, H. and Ogura, M. 1996. Metabolism of lysine, threonine and leucine in growing rats on gluten or zein diets at various dietary protein levels. Biosci. Biotech. Biochem. 60: 1580.
12. Kim, C. H., Ra, C. S., Kim, B. Y., Shin, J. S. and Song, Y. H. 1999. Effects of various et ration in dirts on rat's growth, body composition, concentrations of body free amino acid and urinary nitrogen concentration. Korean J. Anim. Nutr. Feed. 23(4):301-310.
13. McLead, M. N. and Minson, D. J. 1978. The accuracy of the pepsin-cellulase technique. Anim. Feed Sci. Technol. 3:277.
14. Morris, W. C. and Balloun, S. L. 1973. Effect of processing methods on utilization of feather meal protein by broiler chicks. Poultry Sci. 52:858-866.
15. Noval, J. J. and Nickerson, W. J. 1959. Decomposition of native keratin by *Streptomyces fradiae*. J. Bacteriol. 77:251-263.
16. NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th. Revised Edi. National Academy Press. Washington, DC.
17. SAS. 1996. SAS /STAT Software for PC. Release 6. 11, SAS Institute, Cary, NC, USA.
18. Shin, C. H. J. 1993. Recent development in poultry

- waste digestion and feather utilization. A Review. Poultry Sci. 72;1617-1620.
19. Stucki, W. P. and Harper, A. E. 1962. Effects of altering the ratio of indispensable to dispensable amino acids in diets for rats. J. Nutr. 78:278.
 20. Summers, J. D. 1976. Feather meal and the potential of other keratin proteins for poultry. Feedstuffs. March 29. vol. 48.
 21. Tanaka, H., Shibata, K., Mori, M. and Ogura, M. 1995. Metabolism of essential amino acids in growing rats at graded levels of soybean protein asolate. J. Nutr. Sci. Vitaminol. 41:433.
 22. Wang, X. and Parsons, C. M. 1997. Effect of processing systems on protein quality of feather meals and hog hair meals. Poultry Sci. 76:491-496.
 23. Wrong, O. M., Edmonds, C. J. and Chadwick, V. S. 1981. Nitrogen compounds. In: The large Intestine: Its role in mammalian nutrition and homeostasis. J & S, New York. 133-211.
 24. 김재황, 고영두 외 20명. 2003. 유용 복합미생물을 이용한 수출형 고품질 우모분 개발. 경상남도 연구보고서.
 25. 김재황, 김삼철, 고영두. 2004. *Bacillus* sp. 접종 우모분이 Broiler의 생산성과 영양소 이용율에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 46(4):603-612.
 26. 배영희, 노정혜. 2000. 배, 키위, 무화과, 파인에플, 파파야에 존재하는 단백질 분해효소의 특성 비교. 한국조리과학회지. 16(4):363-366.
 27. 조성자, 정수현, 서형주, 이 호, 강덕호, 양한철. 1994. 제주산 키위에서 분리한 단백질분해효소 actinidin의 정제 및 특성. 한국식품영양학회지. 7(2):87-94.
 28. 최 청, 손규목, 조영제, 천성숙, 임성일, 석영란. 1992. 한국산 파인에플에서 분리한 bromelain의 정제와 특성. 한국농화학회지. 35(1):23-29.
 29. 최 일, 장형수. 1999. 사료첨가제 개발을 위한 우모분 분해균주의 분리 및 배양학적 특성. 한영사지. 23(1):59-66.
 30. 피드저널. 2004. 월간 피드저널. (사)한국단미사료 협회. vol. 12.
- (접수일자 : 2005. 1. 21. / 채택일자 : 2005. 3. 31.)