

Bacillus sp. 접종 우모분이 Broiler의 생산성과 영양소 이용율에 미치는 영향

김재황* · 김삼철** · 고영두***

한국응용미생물산업연구소*, 경상대학교 의과대학**, 경상대학교 농업생명과학대학***

Effect of Dietary Bacillus sp. Inoculated Feather Meal on the Performance and Nutrient Utilization in Broiler

J. H. Kim*, S. C. Kim** and Y. D. Ko***

Korea Applied Microorganism Industrial Research*,

Gyeongsang Institute of Health Sciences, College of Medicine**,

College of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University***

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the replacing fish meal or soybean meal effect of with feather meal or Bacillus sp. inoculated feather meal in broiler diets on the performances and nutrient utilization. One hundred and eighty broilers were randomly allotted to six dietary treatments(① BFM100, Fish meal replacing at 100% level with bacillus sp. inoculated feather meal; ② BSM20, Soybean meal replacing at 20% level with bacillus sp. inoculated feather meal; ③ BFM100+BSM20, Fish meal and soybean meal replacing at 100% level and 20% level with bacillus sp. inoculated feather meal, respectively; ④ GFM100, Fish meal replacing at 100% level with general feather meal; and ⑤ GSM20, Soybean meal replacing at 20% level with general feather meal) in a 5-week feeding trial. In overall period, body weight gain of control was the highest(1,623g) and those of BFM 100, BFM 100 + BSM 20 and GFM 100 were 1,572g, 1,564g, and 1,078g, respectively. And that of GFM 100(1,078.3g) was the lowest(p < 0.05) among treatments. Digestibility of dry matter for BFM 100 + BSM 20(81.46%) was higher(p < 0.05) than that for other treatments, and that of crude protein was the lowest (p < 0.05). Digestibilities of organic matter were significantly(p < 0.05) improved when Bacillus sp. inoculated feather meal was replaced at 100% level with fish meal in the basal diet. Methane and hydrogen sulfide gases from the feces were significantly(p < 0.05) decreased in chicks fed the control, BFM 100 and GFM 100 diets, when observed after 3 weeks of feeding trials. Feed costs of the control and BFM 100 were 417 and 384 won, respectively but that of BSM 20 was 558 won. Therefore, replacement of fish meal with Bacillus sp. inoculated feather meal in the diets for chicks could be useful for economic production.

(Key words : Bacillus sp. Inoculated feather meal, Fish meal, Soybean meal, Body weight gain, Digestibility)

I 서 론

우모분은 가금의 깃털을 고온·고압 하에서 가수분해시켜 건조분쇄한 것으로 우리나라의 사료관리법에는 조단백질 함량 80% 이상, 펩신 소화율 75% 이상으로 규정하고 있으나 대부분

이 keratin태로서 amino acid 조성에 있어서 histidine, lysine, methionine, tryptophan 함량이 부족하며 아미노산 균형도 좋지 않고, 소화 이용성도 대단히 낮지만(Moran 등, 1966; Gehle 등, 1967; Wessels, 1972), glycine, cystine, arginine, leucine (Gregory 등, 1956)과 cystein은

이 논문은 2002년도 경상남도 생명공학기술개발과제의 연구비에 의하여 연구되었음.

Corresponding author : S. C. Kim, 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.

풍부하며(Paradopoulos, 1985), cobalamine과 미지성장인자가 함유되어 있어 동물성 가축사료로서 많이 사용하고 있다(Sibbald 등, 1962; Harms와 Goff, 1957).

최근, 우모 단백질의 주성분인 keratin의 황결합(S-S)을 가열·분해 시키거나 keratin태 단백질을 분해시킬 수 있는 keratinase를 처리함으로써 우모분의 사료적 가치를 향상시키기 위한 연구가 일부 진행되고 있다. 즉, *Bacillus* sp. (Zaghloul 등, 1998; Williams 등, 1990), *Vibrio* sp.(Sangali와 Brandelli, 2000), *Actinomycetes* sp. (Bockle 등, 1995), *Fungi*(Santos 등, 1996; Filipello 등, 1994) 및 *Streptomyces* sp.(Chitte 등, 1999) 등 많은 종류의 미생물 균주에 의해서 우모분의 사료적 가치가 향상되었다. 특히, 우모 분해 능력이 우수한 *Bacillus licheniformis* 균주가 생성한 우모 분해산물은 사료로 이용되는 대두단백질의 영양성분과 유사한 것으로 보고되고 있다(Williams 등, 1991).

또한, 고압·가열 처리한 우모분을 단백질 사료로서 급여할 경우 양계사료의 조단백질 함량이 15% 이하일 경우에는 사용하지 말고 조단백질이 19 ~ 23%일 때는 3%, 23% 이상일 경우에는 6%를 권장하며(Summers, 1976), 사료 단백질 함량이 20%일 때는 우모분을 4%(대두박의 약 16 ~ 20% 대체)까지, 단백질 함량이 22 ~ 26%일 때는 8%(대두박의 약 30 ~ 40% 대체)까지 대체·사용할 경우에는 증체율과 사료 효율 및 소화율이 향상된다(Khajarem 등, 1983).

따라서, 본 연구에서는 우모분의 사료적 가치를 향상시키기 위해서 keratinase를 접종한 우모분을 단백질 사료로서 급여되고 있는 어분과 대두박을 전체 또는 수준별로 대체·급여하였을 때 broiler의 증체량, 사료요구율, 영양소소화율, 분의 유해가스 함량 및 경제성을 조사분석하여 우모분의 keratin태 단백질 분해 균의 접종효과를 구명하고자 실시하였다.

II 재료 및 방법

1. 시험기간, 장소 및 시험동물

사양시험은 2002년 8월부터 5주간, 소화시험

은 사양시험이 끝난 직후 대사 cage에 옮겨서 예비시험 7일간, 본 시험 5일간 경상대학교 부속동물사육장에서 실시하였다. 공시동물은 1일령 무감별주 250수(Arbor Acre Broiler, 41.8 ± 0.5g)를 공시하여 1주일간 예비사양기간을 거친 후, 본 시험을 위해 2주령의 건강한 병아리 180수(127.9 ± 1.3g)를 선발하여 임의 배치하였다. 대사시험은 사양시험에 이용되었던 육계 중에서 체중이 균일한 수컷 18수를 선별하여 대사 cage에 배치하였다.

2. 시험사료

첨가제로 이용된 일반 우모분(CP 80.41%, pepsin digestibility 70.80%)은 (주)신라산업에서, Bio 우모분(CP 87.03%, pepsin digestibility 76.67%)은 본 연구진이 개발한 종균(*Bacillus* sp.)을 접종하여 생산된 제품을 사용하였으며(Table 1), 성장단계별 영양소 요구량(NRC, 1994)에 맞추어 제조된 grower(2 ~ 3주령) 및 finisher(4 ~ 5주령) 사료를 급여하였다(Table 2).

Table 1. The chemical and amino acid compositions of general-feather meal and *Bacillus* sp. inoculated feather meal used in the experiment

Item	General feather meal	<i>Bacillus</i> sp. inoculated feather meal
Chemical composition (% DM basis)		
Dry matter	88.56	89.12
Crude protein	80.41	87.03
Crude ash	2.36	2.33
Pepsin digestibility	70.80	76.67
Amino acid composition (%)		
Arginine	5.59	5.59
Histidine	0.25	0.43
Isoleucine	2.43	2.45
Leucine	4.10	4.13
Lysine	1.39	1.51
Methionine	0.15	0.15
Phenylalanine	3.57	4.13
Threonine	2.76	2.94
Valine	4.38	4.42
Cysteine	4.74	4.73
Glycine	5.94	6.08

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

Item	Starter (1 st week)	Grower (2 nd ~ 3 rd week)	Finisher (4 th ~ 5 th week)
Ingredients (%)			
Corn grain	58.57	58.40	61.20
Wheat grain	–	2.40	3.40
Soybean meal	29.56	26.30	21.10
Rapeseed meal	3.50	1.60	2.25
Corn gluten meal	4.62	4.00	4.00
Fish meal	0.56	2.50	2.50
Meat and bone meal	0.46	1.50	1.20
Cal-phos	1.76	1.00	1.00
Salt dehydrated	0.20	0.20	0.20
Fat & oil	0.20	1.20	0.20
L-lysine	0.03	0.15	2.50
Methionine (98%)	0.04	0.45	0.13
Grower-Mixture*	0.04	0.30	–
Finisher-Mixture**	0.36	–	0.20
Others	0.46	–	0.12
Total	100.00	100.00	100.00
Chemical composition (% , DM basis)			
Dry matter	87.24	87.31	87.50
Crude protein	22.20	21.57	19.65
Ether extract	6.00	4.44	5.70
Crude fiber	2.12	2.97	2.90
Crude ash	5.46	4.98	4.65
Calcium	0.97	0.86	0.80
Available-Phosphorus	0.30	0.31	0.30
ME(kcal/kg)	3,027	2,961	3,074

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

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

3. 사양관리

(1) 입추 전 준비

사양 cage 및 대사 cage는 화염방사기로 소독하였으며, 계사는 입추 3일전 과망간산칼리(KMnO₄)와 포르말린(formalin)을 사용하여 훈증소독 하였다. 실내 환기와 온도 제어를

위해 창문과 출입구에 단열재로 보완하고, 적절한 냉·난방 시설과 환기시설을 설치하였다.

(2) 입추 후 관리

온도 관리는 입추시 약 35°C에서 매주 3°C씩 감온하여 시험 종료시에는 22°C를 유지하였으

며, 습도는 70% 내외로 하였다. 점등관리는 입추 후 24시간 점등하였다. 사료는 오전(08:00)과 오후(17:00)에 NRC사양표준(1994)의 120%를 2등분하여 급여하였으며, 신선한 물을 자유롭게 섭취시켰으며, 기타 사양관리는 경상대학교 가축사료·영양학 연구실의 관행법에 준하였다.

4. 조사항목

(1) 사료섭취량, 증체량 및 사료요구율

사료섭취량과 증체량은 매주 측정하였으며, 사료요구율은 사료섭취량을 증체량으로 나누어 계산하였다.

(2) 영양소 소화율

사양시험이 끝난 직후 대사 cage에 시험구별로 각 3수씩 총 18수를 공시하여 변화된 환경에 적응시키기 위하여 예비기간을 7일간 두었으며, 매일 17시경에 채취한 분은 65°C의 건조기에서 3일간 건조시킨 후 분쇄기를 이용하여 1 mm 입자로 분쇄한 후 분석사료로 사용하였다. 시험사료와 분의 일반성분은 AOAC법(1995)에 준하여 분석하였다.

(3) 유해가스 발생량

육계중기인 3주령과 육계후기인 5주령에 분반이용 비닐을 깔고, 배설된 분을 시험구당 3반복으로 2종(CH₄, H₂S)의 가스 발생량을 조사하기 위하여 총 18개의 Sample을 각 200g씩 정량하고, 진공포장용 폴리비닐에 따로 담아서 가스가 유출되지 않도록 sealing한 후 계사내에서 24시간 발효시킨 다음, 가스포집기 H₂S와 (Gastec GV-100S, Japan) CH₄(Cosmos XP-316, Japan)로 각각 1분간 흡인한 후 검지관에 나타난 수치를 조사하였다.

5. 통계처리

본 시험에서 얻어진 시험 결과들은 SAS Package(1990)를 활용하여 정리·분석하였으며, 처리간 유의성 검정은 Duncan의 다중검정법(1955)을 이용하여 실시하였다.

III 결과 및 고찰

1. 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

Bacillus sp.를 접종한 우모분의 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 육계사료에 *Bacillus* sp.를 접종한 우모분의 대체수준을 ① 기초사료 급여구(Control)와 ② *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 어분 100% 대체 급여구(BFM 100), ③ *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 대두박 20% 대체 급여구(BSM 20), ④ BFM 100+BSM 20 대체 급여구, ⑤ 일반 우모분으로 어분 100% 대체 급여구(GFM 100) 및 ⑥ 일반 우모분으로 대두박 20% 대체 급여구(GSM 20) 등 총 6개구로 나누어 급여하였을 때 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율을 조사한 결과는 Table 3과 같다.

육계사육 전기인 1주령 때는 사료섭취량의 측정에 어려움이 있을 뿐만 아니라 새로운 환경에 대한 적응 때문에 예비 사육기간으로 하였다.

육계 중기인 2~3주령 동안의 증체량은 대조구가 644.0g으로 가장 높았으며, 다음은 어분 전량(2.5%)을 *Bacillus* sp.를 접종한 우모분으로 대체한 BFM 100구가 606.0g으로 높았으며, 일반 우모분으로 어분 전량(2.5%)을 대체한 GFM 100구는 411.6g으로서 가장 낮았다($p < 0.05$). 사료섭취량은 대조구와 BFM 100구가 769.0~774.6g으로 가장 많이 섭취하였으며, GFM 100구는 576.3g으로서 가장 낮았다($p < 0.05$). 사료요구율은 GFM 100구가 1.41로서 가장 높았으며, 대조구는 1.19로서 개선효과가 우수하였다($p < 0.05$).

육계후기인 4~5주령의 증체량은 BFM 100 + BSM 20구에서 1,034.3g으로 가장 높았으며, GFM 100구는 666.6g으로서 가장 낮았다($p < 0.05$).

사료요구율은 BFM 100 + BSM 20구가 1.10로서 타 구에 비하여 개선효과가 크게 나타났으며, GFM 100구는 1.88로서 가장 저조하였다($p < 0.05$).

육계 사양시험 전 기간인 2~5주령 동안의 증체량은 대조구가 1,622.7g으로 가장 높았으며, 다음은 BFM 100구와 BFM 100 + BSM 20구

Table 3. Effects of *Bacillus* sp. inoculated feather meal on the growth performance of broiler chicks

Item	Initial weight (g/bird)	Final weight (g/bird)	Weight gain (g/bird)	Feed intake (g/bird)	Feed / Gain (g/g)
Grower (2nd-3rd week)					
Control	129.3 ± 3.0	773.3 ± 10.9 ^a	644.0 ± 8.6 ^a	769.0 ± 8.7 ^a	1.19 ± 0.02 ^c
BFM 100 ¹⁾	129.0 ± 1.0	735.0 ± 15.6 ^b	606.0 ± 3.8 ^b	774.6 ± 5.6 ^a	1.28 ± 0.03 ^b
BSM 20	127.8 ± 2.8	627.3 ± 15.6 ^c	499.5 ± 3.8 ^d	633.0 ± 6.0 ^d	1.27 ± 0.03 ^b
BFM 100 + BSF 20	126.4 ± 2.8	656.0 ± 7.1 ^c	529.7 ± 3.7 ^c	670.8 ± 8.5 ^b	1.28 ± 0.02 ^b
GFM 100	127.0 ± 3.1	538.7 ± 8.9 ^d	411.6 ± 6.3 ^e	576.3 ± 8.9 ^e	1.41 ± 0.06 ^a
GSM 20	128.7 ± 2.9	650.3 ± 13.7 ^c	521.6 ± 4.5 ^c	694.0 ± 7.5 ^b	1.33 ± 0.03 ^b
Finisher (4th-5th week)					
Control	773.3 ± 10.9 ^a	1,752.0 ± 21.8 ^a	978.7 ± 11.0 ^b	1,240.0 ± 11.5 ^a	1.27 ± 0.06 ^b
BFM 100	735.0 ± 15.6 ^b	1,701.0 ± 17.9 ^b	966.0 ± 17.4 ^b	1,233.0 ± 13.1 ^a	1.28 ± 0.05 ^b
BSM 20	627.3 ± 15.6 ^c	1,445.3 ± 15.9 ^d	818.0 ± 16.6 ^c	1,069.1 ± 12.1 ^c	1.31 ± 0.04 ^b
BFM 100 + BSF 20	656.0 ± 7.1 ^c	1,690.3 ± 18.0 ^{bc}	1,034.3 ± 14.5 ^a	1,142.0 ± 15.8 ^b	1.10 ± 0.02 ^c
GFM 100	538.7 ± 8.9 ^d	1,205.3 ± 16.2 ^e	666.6 ± 19.5 ^d	1,250.1 ± 14.8 ^a	1.88 ± 0.03 ^a
GSM 20	650.3 ± 13.7 ^c	1,597.0 ± 16.5 ^c	946.7 ± 8.5 ^b	1,236.4 ± 12.1 ^a	1.31 ± 0.03 ^b
Overall (2nd-5th week)					
Control	129.3 ± 3.0	1,752.0 ± 21.8 ^a	1,622.7 ± 19.0 ^a	2,009.1 ± 29.3 ^a	1.24 ± 0.04 ^b
BFM 100	129.0 ± 1.0	1,701.0 ± 17.9 ^b	1,572.0 ± 18.5 ^b	2,007.6 ± 27.3 ^a	1.28 ± 0.04 ^b
BSM 20	127.8 ± 2.8	1,445.3 ± 15.9 ^d	1,317.5 ± 19.7 ^c	1,702.1 ± 22.6 ^c	1.29 ± 0.02 ^b
BFM 100 + BSF 20	126.4 ± 2.8	1,690.3 ± 18.0 ^{bc}	1,564.0 ± 18.8 ^b	1,812.8 ± 25.4 ^b	1.16 ± 0.02 ^c
GFM 100	127.0 ± 3.1	1,205.3 ± 16.2 ^e	1,078.2 ± 11.9 ^d	1,826.4 ± 15.5 ^b	1.70 ± 0.05 ^a
GSM 20	128.7 ± 2.9	1,597.0 ± 16.5 ^c	1,478.3 ± 20.4 ^c	1,869.4 ± 24.6 ^b	1.27 ± 0.03 ^b

¹⁾ Control, basal diet; BFM100, Fish meal replacing at 100% level with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; BSM20, Soybean meal replacing at 20% level with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; BFM100 + BSM20, Soybean meal replacing at 100% level with fish meal and 20% level with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; GFM100, Fish meal replacing at 100% level with general feather meal in the basal diet; and GSM20, Soybean meal replacing at 20% level with general feather meal in the basal diet.

^{a-c} Means ± SD with different superscripts in the same column and growing stages differ significantly ($p < 0.05$).

가 각각 1,572.0g과 1,563.9g으로 높았으며, GFM 100구는 1,078.3g으로 가장 낮았다($p < 0.05$). 사료섭취량은 대조구와 BFM 100구가 2,007.6 ~ 2,009.1g으로 가장 많이 섭취하였으며, BSM 20구는 1,702.1g으로서 가장 낮았다($p < 0.05$). 사료요구율은 BFM 100 + BSM 20구가 1.16으로 가장 우수하였으며, GFM구는 1.70으로서 가장 낮았다($p < 0.05$).

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). 한편, 사료내 단백질 수준이 높거나 낮을 경우, 또는 사료내 필수아미노산의

결핍이나 과잉의 경우에도 사료섭취량은 감소(Gietzen 등, 1989; Jiang and Gietzen, 1994; Bellinger 등, 1995)하며, 아미노산이 불균형된 단백질을 급여할 경우에도 사료섭취량과 증체량이 감소(Kim 등, 1996)한다.

본 연구의 결과, 우모분의 단백질에는 필수아미노산인 glycine, arginine, leucine, phenylalanine 및 valine 함량은 풍부하지만 우모분의 제한아미노산인 histidine, lysine 및 methionine 함량이 크게 부족되며, 비필수아미노산인 cystine과 glycine 함량이 풍부하므로 사료내 ET%와 필수아미노산과 비필수아미노산 조성비의 불균형으로 성장능력과 사료섭취량이 감소한 것으로 사료된다.

즉, *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 어분 전량(전체 비율의 2.5%) 대체 또는 어분 전량 +

대두박을 20%까지(전체 비율의 5.0%)를 대체할 경우에는 증체량이나 사료요구율 면에서 대조구와 큰 차이를 나타내지 않으나, 대두박만 대체수준을 20%까지 높일 경우에는 증체량이 감소되며 사료요구율이 증가하였다. 따라서, 어분과 대두박의 사료가격이 상승할 경우에는 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 각각 전체 사료의 2.5% 정도 대체·급여하는 것이 효과적인 것으로 사료된다.

2. 영양소 소화율

Bacillus sp.를 접종한 우모분의 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 ① 기초사료 급여구(Control)와 ② *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 어분 100% 대체 급여구(BFM 100), ③ *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 대두박 20% 대체 급여구(BSM 20), ④ BFM 100+BSM 20 대체 급여구, ⑤ 일반 우모분으로 어분 100% 대체 급여구(GFM 100) 및 ⑥ 일반 우모분으로 대두박 20% 대체 급여구(GSM 20) 등 총 6개구로 나누어 급여하였을 때 영양소 소화율의 결과는 Table 4와 같다.

건물소화율은 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 어분 전량과 대두박을 20% 대체한 BFM 100+BSM 20구가 81.46%로서 가장 우수하였으며($p < 0.05$), 대조구를 포함한 기타 처리구에서는 73.74 ~ 77.47%로서 비슷하였다. 조단백질

소화율은 대조구(57.49%)와 대두박 20%를 일반 우모분으로 대체한 GSM 20구(60.42%)에서 가장 낮았으며, *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 대체한 모든 처리구에서는 66.49 ~ 68.50%로서 대조구와 GSM 20구에 비하여 높았다($p < 0.05$). 조지방 소화율은 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 어분 100%를 대체한 BFM 100구가 92.15%로서 가장 높았으며, 대조구는 87.24%로서 가장 낮았다($p < 0.05$). Organic matter 소화율은 조지방 소화율과 비슷한 경향으로서 BFM 100구가 59.00%로서 가장 높았으며, 대조구를 포함한 타 처리구에서는 52.03 ~ 54.97%로서 비슷하였다($p < 0.05$).

본 시험을 통하여 우모분에 *Bacillus* sp.를 처리함으로써 건물의 소화율을 가수분해만 시킨 우모분에 비하여 약 8% 개선시켰으며 단백질은 약 10% 정도 개선시켰으므로 그 효과를 높이 인정할 수 있다.

Shih(1993)는 미생물로부터 분리되는 keratinase가 collagen, elastin 및 우모 keratin을 분해할 수 있어 이 효소를 사료에 첨가물로 사용할 경우 우모분의 단백질 소화율은 크게 향상된다고 보고하였다.

본 연구 결과, keratinase인 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분을 대체시킨 모든 처리구에서 건물과 조단백질의 소화율이 높은 것은 본 연구에 이용한 *Bacillus* sp. 균주가 우모의 keratin을 효율적으로 분해시킨 결과로 사료된다.

Table 4. Effects of *Bacillus* sp. inoculated feather meal on the nutrient digestibility of broiler chicks

Treatments*	Dry matter	Crude protein	Ether extract	Organic matter
 (%)			
Control	73.95 ± 2.43 ^b	57.49 ± 4.73 ^b	87.24 ± 1.79 ^b	52.03 ± 2.30 ^b
BFM 100 ¹	77.47 ± 3.16 ^{ab}	68.50 ± 4.57 ^a	92.15 ± 0.43 ^a	59.00 ± 3.22 ^a
BSM 20	74.87 ± 1.03 ^b	66.49 ± 4.38 ^a	89.37 ± 0.35 ^{ab}	54.97 ± 2.83 ^{ab}
BFM 100 + BSM 20	81.46 ± 0.95 ^a	67.79 ± 2.77 ^a	90.11 ± 1.92 ^{ab}	53.77 ± 2.86 ^b
GFM 100	73.74 ± 3.02 ^b	67.65 ± 4.06 ^a	88.59 ± 2.07 ^{ab}	52.04 ± 2.67 ^b
GSM 20	74.65 ± 1.01 ^b	60.42 ± 4.34 ^b	88.36 ± 1.24 ^{ab}	52.76 ± 2.90 ^b

* Control, basal diet; BFM100, Fish meal replacing at 100% level with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; BSM20, Soybean meal replacing at 20% level with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; BFM100 + BSM20, Soybean meal replacing at 100% level with fish meal and 20% level with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; GFM100, Fish meal replacing at 100% level with general feather meal in the basal diet; and GSM20, Soybean meal replacing at 20% level with general feather meal in the basal diet.

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

3. 유해가스 발생량

Bacillus sp.를 접종시킨 우모분이 환경오염에 영향을 미치고 있는 유해가스인 H₂S와 CH₄ gas 발생량의 결과는 Table 5와 같다.

전반적으로 육계 중기인 3주령에 비해 육계 후기인 5주령의 H₂S와 CH₄ 가스 발생량이 상당량 증가하는 경향이였다.

3주령의 H₂S 가스 발생량은 BSM 20구 및 GSM 20구에서 각각 27.1ppm 및 25.1ppm으로 가장 높았으며, 그 다음은 대조구로서 15.4ppm이었으며, 기타 대체구에서는 7.1 ~ 11.7ppm으로 낮게 나타났다($p < 0.05$). CH₄ 가스 발생량은 대조구와 GSM 20구에서 각각 162.3ppm 및 162.5ppm으로 가장 높았으며, *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 대체한 모든 구에서는 62.5 ~ 125.0ppm으로서 처리구 간에 유의적인 차이가 있으나 대조구에 비하여 크게 감소하였다($p < 0.05$).

5주령의 H₂S 가스 발생량은 일반 우모분으로 어분과 대두박을 대체하였을 경우가 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 대체하였을 경우보다 높게 나타났다. 즉, GFM 100구와 GSM 20구는 각각 62.4ppm과 58.2ppm으로 높았으며, 대조구를 포함한 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 대체한 다른 구에서는 23.3~38.9ppm으

로 낮게 나타났다($p < 0.05$). CH₄ 가스 발생량은 대조구를 포함한 모든 처리구에서 180.4~208.3 ppm으로 비슷하였다($p > 0.05$).

Barker와 Zublena(1995)는 H₂S 가스는 축사에서 발생하는 가스 중 가장 독성이 강한 가스로서 계분이나 돈분이 분해될 때 다량 발생되며, 유독성이 매우 강하기 때문에 0.7 ppm의 낮은 농도에서도 냄새가 감지되며, 6 ppm 이상에서는 유독가스의 냄새가 직선적으로 증가되기 때문에 허용한계를 10 ppm으로 규정하고 있다. 20 ~ 50 ppm에서는 눈, 코 및 목구멍에 심한 자극을 주며, 100 ppm에서 수 시간 노출시에는 코와 눈에 염증이 발생되며, 200 ppm에서 1시간 노출시에는 두통과 현기증을 유발한다고 하였다. 이와 같이 200 ppm 이상이 발생하는 경우는 본 시험에서도 가수분해 처리를 한 대조구에서 나타났으나 미생물처리로서 방지 할 수 있었다.

CH₄ 가스는 질식성 가스이지만 허용한계 농도는 1,000 ppm으로 높은 편이며, 500,000 ppm의 매우 높은 농도일 때 두통을 유발시킨다. 그러나, 환기가 불량한 축사에서는 농도가 매우 높아지고 농도가 높으면 생산성에 부정적인 영향을 끼칠 뿐만 아니라 50,000 ~ 150,000 ppm 범위에서 폭발하는 가스임으로 유의하여야만 한다.

Table 5. Effects of *Bacillus* sp. inoculated feather meal on hydrogen sulfide and methane gases from the broiler feces

Treatments*	3 th week		5 th week	
	H ₂ S	CH ₄	H ₂ S	CH ₄
	(ppm)			
Control	15.4 ± 1.7 ^b	162.3 ± 3.4 ^a	23.5 ± 6.5 ^c	208.3 ± 16.5
BFM 100 ¹	11.7 ± 1.4 ^c	87.5 ± 10.4 ^c	24.9 ± 5.2 ^c	180.4 ± 15.9
BSM 20	27.1 ± 3.1 ^a	116.7 ± 8.5 ^b	38.9 ± 7.9 ^b	186.7 ± 12.8
BFM 100 + BSM 20	8.5 ± 0.5 ^d	125.0 ± 10.6 ^b	20.1 ± 8.4 ^c	200.9 ± 15.1
GFM 100	7.1 ± 1.6 ^d	62.5 ± 9.0 ^d	58.2 ± 6.6 ^a	195.4 ± 13.4
GSM 20	25.1 ± 3.4 ^a	162.5 ± 10.7 ^a	62.4 ± 6.9 ^a	200.4 ± 14.5

* Control, basal diet; BFM100, Fish meal replacing at 100% level with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; BSM20, Soybean meal replacing at 20% level with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; BFM100 + BSM20, Soybean meal replacing at 100% level with fish meal and 20% level with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; GFM100, Fish meal replacing at 100% level with general feather meal in the basal diet; and GSM20, Soybean meal replacing at 20% level with general feather meal in the basal diet.

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

4. 경제성

Bacillus sp.를 접종시킨 우모분의 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 육계사료에 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분의 대체수준을 ① 기초사료 급여구(Control)와 ② *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 어분 100% 대체 급여구(BFM 100), ③ *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 대두박 20% 대체 급여구(BSM 20), ④ BFM 100+BSM 20 대체 급여구, ⑤ 일반 우모분으로 어분 100% 대체 급여구(GFM 100) 및 ⑥ 일반 우모분으로 대두박 20% 대체 급여구(GSM 20) 등 총 6개구로 나누어 급여하였을 때 경제성 분석의 결과는 Table 6과 같다.

총 사료비는 대조구가 677원으로서 가장 비

싸게 나타났으며, 그 다음은 BFM 100 + BSM 20구(661원) 및 GSM 20구(655원) 이었으며, GFM 100구는 568원으로서 가장 값싸게 나타났다.

1kg 증체에 대한 사료비는 대조구가 417원이었으나, BFM 100구는 384원으로서 가장 낮았으며, BSM 20구는 558원으로서 가장 높게 나타났다. 즉, 1kg 증체에 대한 사료비를 대조구를 100으로 환산한 값과 비교하면 BFM 100구는 92.1로서 7.9%가 이익이지만, BSM 20구는 133.8로서 33.8%가 불리하였다.

경제성 분석 결과, *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 어분을 2.5% 대체·급여할 경우에는 대조구에 비하여 체중 1kg 증체에 대한 사료비용이 적게 소요되어 경제적으로 유리한 사료급여 방법이라고 사료된다. 특히, 어분과 대두박

Table 6. Effects of feeding the *Bacillus* sp. inoculated feather meal on economic efficiency in the broiler chickens

Item	Treatments*					
	Control	BFM 100	BSM 20	BFM 100 + BSM 20	GFM 100	GSM 20
Feed intake (g)						
Grower	769.0	670.8	576.3	774.6	633.0	694.0
Finisher	1,240.0	1,142.0	1,250.1	1,233.0	1,069.1	1,236.4
Feed cost** (won)						
Grower	265	227	192	261	216	259
Finisher	412	374	410	400	352	396
Overall	677	601	602	661	568	655
Weight gain (g)						
Grower	644.0	529.7	411.6	606.0	499.5	521.6
Finisher	978.7	1,034.3	666.6	966.0	818.0	946.7
Overall	1,622.7	1,564.0	1,078.2	1,572.0	1,317.5	1,478.3
Total cost/Total gain (won/kg)						
	417	384	558	421	431	443
Index	100	92.1	133.8	101.0	103.4	106.2

* Control, basal diet; BFM100, Fish meal replacing at 100% level with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; BSM20, Soybean meal replacing at 20% level with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; BFM100 + BSM20, Soybean meal replacing at 100% level with fish meal and 20% level with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; GFM100, Fish meal replacing at 100% level with general feather meal in the basal diet; and GSM20, Soybean meal replacing at 20% level with general feather meal in the basal diet.

** Feed cost: Grower feed(344won/kg), Finisher feed(332won/kg), Soybean meal(260won/kg), Fish meal(520won/kg), Bio-feather meal(240won/kg), General-feather meal(235won/kg), Broiler meat(950won/kg).

(KFIA, 2002).

의 가격 및 broiler 가격이 높을 경우에는 경제적인 효과가 더 높은 순이익이 발생될 뿐만 아니라 돈사 내 유해 가스의 발생량이 감소됨으로서 농가의 입장에서는 소득증대 뿐만 아니라 쾌적한 환경조건에서 친환경적 축산을 할 수 있을 것으로 사료된다.

IV 요약

본 시험은 우모분의 사료적 가치를 향상시키기 위하여 우모 단백질 분해균인 *Bacillus* sp.를 우모분에 접종하여 육계 단백질 공급원인 어분 및 대두박에 수준별로 대체하여 총 6처리구로 설정하였으며, 각 처리구당 3반복으로 임의배치하여 실시하였다.

시험사료 급여구의 증체량, 사료요구율, 영양소소화율, 분의 유해가스 함량 및 경제성을 조사·분석하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 사양시험 전기간(2~5주령)의 증체량은 대조구가 1,622.7g으로 가장 높았으며, 다음은 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 어분을 100% 대체한 구와 어분 100% + 대두박 20% 대체구가 각각 1,572.0g과 1,563.9g의 순이었으며, 일반 우모분으로 어분을 100% 대체한 구는 1,078.3g으로 가장 낮았다($p < 0.05$). 건물소화율은 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 어분 100% + 대두박 20% 대체구가 81.46%로서 가장 우수하였으며($p < 0.05$), 조단백질 소화율은 대조구(57.49%)와 일반 우모분으로 대두박을 20% 대체한 구(60.42%)에서 가장 낮았다($p < 0.05$). Organic matter 소화율은 *Bacillus* sp.를 접종한 우모분으로 어분을 100% 대체한 구에서 59.00%로 가장 높았다($p < 0.05$). 3주령의 H_2S 가스 발생량은 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 어분 100% + 대두박 20% 대체구와 일반 우모분으로 어분을 100% 대체한 구에서 각각 8.5ppm 및 7.1ppm으로 가장 낮았으며($p < 0.05$), CH_4 가스는 대조구와 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 어분을 100% 대체한 구와 일반 우모분으로 어분을 100% 대체한 구에서 각각 87.5ppm 및 62.5ppm으로 가장 낮았다($p < 0.05$). 5주령의 H_2S 가스 발생량은 일반 우모분으로 어분을 100% 대체한 구와 일반 우모분으로 대두박을

20% 대체한 구에서 각각 62.4ppm과 58.2ppm으로 타 구에 비하여 높았으며($p < 0.05$), CH_4 가스 발생량은 대조구를 포함한 모든 처리구에서 180.4 ~ 208.3ppm으로 비슷하였다($p < 0.05$). 1kg 증체에 대한 사료비는 대조구가 417원이었으나 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 어분 100% 대체한 구는 384원으로서 가장 낮았으며, 대두박으로 20% 대체할 경우에는 558원으로서 가장 높게 나타났다. 즉, 1kg 증체에 대한 사료비를 대조구를 100으로 환산한 값과 비교하면 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 어분을 100% 대체한 구는 92.1로서 7.9%가 이익이지만 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 대두박을 20% 대체한 구는 133.8로서 33.8%가 불리하였다.

이상의 결과를 종합하면, keratin태 단백질의 분해 능력이 우수한 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분을 broiler의 단백질 대체사료로 급여할 경우 생산성에는 *Bacillus* sp.를 접종시킨 우모분으로 어분 전량 또는 어분 전량 + 대두박 20% 대체가 가능하며 1kg 증체에 소요되는 비용에서 아주 경제적이었다.

V 인용 문헌

1. AOAC. 1995. Official method of analysis(15th ed.), Association of Official Analytical Chemist. Washington, DC, USA.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple *F* test. *Biometrics.* 11:1.
7. Filipello, M. V., Fusconi, A. and Rigo, S. 1994. Keratinolysis and its morphological expression in

- hair digestion by airborne fungi. *Mycopathologia*. 127:103-115.
8. Gehle, M. H., Speers, G. M., Miller, D. L. and Balloun, S. L. 1967. Nutritive value of hydrolyzed hog hair as a protein source for chicks and poultry. *Poultry Sci.* 46:156-164.
 9. Gietzen, D. W., Leung, P. M. B. and Rogers, Q. R. 1989. Dietary amino acid imbalance and neurochemical changes in the three hypothalamic areas. *Physiol. Behav.* 46:503.
 10. Gregory, B. R., Wilder, O. H. M. and Ostby, P. C. 1956. Studies on the amino acid and vitamin composition of feather meal. *Poultry Sci.* 35:234-235.
 11. Harms, R. H. and Goff, O. E. 1957. Feather meal in hen nutrition. *Poultry Sci.* 36:358-361.
 12. Jiang, J. C. and Gietzen, D. W. 1994. Anorectic response to amino acid imbalance : A selective serotonin in 3 effect ?. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 47:59.
 13. KFIA. 2002. A monthly Feed Ingredients Bulletin. Korea Feed Ingredients Association. vol. 475(10).
 14. 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.*
 15. 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.
 16. Kim, C. H., Ra, C. S., Kim, B. Y., Shin, J. S. and Song, Y. H. 1999. Effects of various et ration in dirt 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.
 17. Moran, E. T., Jr., Summers, J. D. and Slinger, S. J. 1966. Keratin as a source of protein for the growing chicks. *Poultry Sci.* 45:1257-1266.
 18. NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th. Revised Edi. National Academy Press. Washington, DC.
 19. Paradopoulos, M. C., Boushym, A. R. and Ketelaars, E. H. 1985. Effect of different processing conditions on amino acid digestibility of feather meal determined by chicken assay. *Poultry Sci.* 64: 1729.
 20. Sangali, S. and Brandelli, A. 2000. Isolation and characterization. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 87:17-24.
 21. Santos, R. M. D., Firmino, A. A. P., Sa' Carlos, C. M. and Felix, R. 1996. Keratinolytic activity of *Aspergillus fumigatus*. *Current Microbiology.* 33: 364-370.
 22. SAS. 1990. SAS/STAT® User's Guide, version 6.01, 4th ed.; SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.
 23. Shih, J. C. 1993. Recent development in poultry waste digestion and feather utilization- Review. *Poultry Sci.* 72:1617.
 24. Sibbald, I. R., Slinger, S. L. and Pepper, W. F. 1962. The utilization of hydrolyzed feather meal by growing chicks. *Poultry Sci.* 41:844-849.
 25. 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.
 26. Summers, J. D. 1976. Feather meal and the potential of other keratin proteins for poultry. *Feed-stuffs.* March 29. vol. 48.
 27. 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.
 28. Wessels, J. P. H. 1972. A study of the protein quality of different feather meals. *Poultry Sci.* 51: 537-541.
 29. Williams, C. M., Richter, C. S., Machenzie, J. M. and Shih, J. C. H. 1990. Isolation, identification, and characterization of a feather-degrading bacterium. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:1509-1515.
 30. Williams, C. M., Lee, C. G., Garlich, J. D. and Shih, J. C. H. 1991. Evaluation of a bacterial feather fermentation product, feather-lysate, as a feed protein. *Poultry Science.* 70:85-94.
 31. Zaghoul, T. I., Al-Bahra, M. and Al-Ameh, H. 1998. Isolation, identification, and keratinolytic activity of several feather-degrading bacterial isolates. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 70-72:207-213.
- (접수일자 : 2004. 2. 16. / 채택일자 : 2004. 6. 11.)