

Bacillus sp. 접종 우모분이 비육돈의 생산성과 도체특성에 미치는 영향

김재황

경상대학교 응용생명과학부

Effect of Dietary *Bacillus* sp. Inoculated Feather Meal on the Performance and Carcass Characteristics in Finishing Pigs

J. H. Kim

College of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University

ABSTRACT

This study was carried out investigate the effect of replacing soybean meal with feather meal or *Bacillus* sp. inoculated feather meal in finisher pig diets on the performances, and amino acid composition and carcass characteristics of pork. One hundred fifty pigs were randomly allotted to five dietary treatments (① control, basal diet; ② BSM (*bacillus* sp. inoculated soybean meal) 10, 10% of soybean meal was replaced with *bacillus* sp. inoculated feather meal; ③ BSM 20, 20% of soybean meal was replaced with *bacillus* sp. inoculated feather meal; ④ CSM (conventional soybean meal) 10, 10% of soybean meal was replaced with conventional feather meal and ⑤ CSM 20, 20% of soybean meal was replaced with conventional feather meal) in a 70-days feeding trial. In overall period, body weight gain of BSM 20 (0.95 kg) was higher ($P<0.05$) than those of CSM 10 (0.80 kg) and CSM 20 (0.81 kg), respectively. And feed conversion of BSM 20 (2.94) was lower ($P<0.05$) than that for other treatments (3.06-3.41). Carcass weight of BSM 10 (81.84 kg) and BSM 20 (83.77 kg) were greater ($P<0.05$) than those of CSM 10 (74.75 kg) and CSM 20 (76.07 kg), respectively. Proportion of grade A carcass in BSM 20 (35.03%) was higher compared to the control treatment (32.78%). CIE L* of meat color was lowest in the BSM 10 (45.56), and highest ($P<0.05$) in the CSM 20 (59.96). In addition CIE a* of meat color of control (9.35) highest ($P<0.05$) than those of BSM 10 and BSM 20 were 7.56 and 7.42, respectively.

(Key words : *Bacillus* sp. inoculated feather meal, Soybean meal, Body weight gain, Backfat thickness, Amino acid)

I. 서론

우모(chicken feather)는 자연상태에서 분해가 잘 일어나지 않기 때문에 환경오염원으로 뿐

만 아니라 유용자원으로 재활용하는데도 어려움이 많다(Santos 등, 1996). 이것은 90% 이상이 keratin 단백질로 구성되어 있고, 구조상으로 disulfide 및 hydrogen bond에 의하여 강하

Corresponding author : J. H. 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, E-mail: jh58kim@gaechuk.gsnu.ac.kr

게 결합되어 있어 산이나 alkali와 같은 화학약제에 대하여 강한 안전성을 나타내고 있기 때문이다(Arai 등, 1996).

현재, 우모를 화학적 또는 고압·가열처리(142~153°C, 40~60 psi, 120~180분)하여 간단한 peptide로 전환시켜 가축의 단백질 대체사료로 우모분(feather meal)을 사용하고 있으나(Steiner 등, 1983), 이와 같이 제조된 우모분의 조단백질 함량은 약 80%, pepsin 소화율은 70% 정도로 일반 우모분의 조단백질 함량은 85% 이상, pepsin 소화율은 75% 이상에 비하여 사료가치가 떨어진다.

한편, Keratin을 분해하는 효소는 *Bacillus* sp.(Williams 등, 1990; Zaghoul 등, 1998), *Actinomyces* sp.(Bockle 등, 1995), *Fungi* (Filipello 등, 1994; Santos 등, 1996) 및 *Streptomyces* sp.(Chitte 등, 1999) 등 많은 종류의 미생물에 의해서 생성되며, 우모 분해능력이 우수한 *Bacillus lichineformis* PWD-1 균주가 생성한 우모 분해산물은 사료로 이용되는 대두단백질(soy protein)의 영양성분과 유사한 것으로 보고되고 있다(Williams 등, 1991).

특히, 단위동물은 옥수수과 대두박(soybean meal)을 주사료로 이용하고 있으나 국내에서는 원료사료의 부족으로 대부분을 수입에 의존하고 있으며, 또한 대두박은 원료사료 중 가장 값비싼 사료이기 때문에 실제 사육농가에서는 대체 단백질 사료의 개발에 고심하고 있다.

또한, 사료단백질 함량이 20% 일때는 우모분을 전체사료의 4%(대두박의 약 16~20%)까지, 사료단백질 함량이 22~26% 일때는 우모분을 전체사료의 8%(대두박의 약 30~40%)까지 대체·사용할 경우 증체율과 소화율이 향상된다(Khajarem 등, 1983).

따라서, 본 연구에서는 대체 단백질 사료의 개발을 위하여 Keratin태 단백질 분해균을 접종시킨 우모분과 시판 우모분을 대두박의 10%와 20%를 각각 대체·급여하였다. 이때 비육돈의 증체량, 사료요구율, 육의 아미노산 함량

및 도체특성과 품질을 조사·분석하여 우모분의 keratin태 단백질 분해균의 접종효과를 구명하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험기간, 장소 및 시험동물

사양시험은 2004년 9월부터 3개월간 경남 의령군 소재 농장에서 실시하였으며, 공시동물은 생후 95일령, 평균체중 약 50 kg의 삼원교 잡종(LY×D)을 5처리에 처리구당 3반복, 반복당 10두, 총 150두를 공시하였다.

2. 시험사료

첨가제로 이용된 일반 우모분(CP 80.41%, pepsin digestibility 70.80%)은 (주)신라산업에서 생산된 제품(130°C, 3 kg/m³, 120 min.)이며, *Bacillus* sp. 접종 우모분(CP 85.03%, pepsin digestibility 76.67%)은 본 연구진이 개발한 종균(*Bacillus* sp.)을 접종하여 사용하였으며(Table 1), 성장단계별 영양소 요구량(NRC, 1998)에 맞추어 제조된 기초사료와 시험사료의 배합비율과 화학적 조성은 Table 2, 3과 같다.

3. *Bacillus* sp.의 분리, 동정 및 접종 우모분 생산

도계장에서 채취한 균분리 재료를 phosphate buffer saline (PBS, pH 7.2)에 침지한 후 상층액을 WFM 또는 feather meal agar (FMA)에 접종하여 37~43°C에서 3~6일간 배양하였다. 다음 colony 주변에 clear zone을 형성하거나 milk agar에서 가수분해능이 우수한 균을 keratin 분해균으로 추정하고 순수 분리하였다. 그 후, 균의 동정은 형태학적, 배양적 및 생물화학적 특성을 기초로 1차 분류하고 Vitek (BioMerieux In.)으로 동정한 다음 API kit (Difco)로 확인하

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

Item	Conventional feather meal	<i>Bacillus</i> sp. inoculated feather meal
Chemical composition		
Dry matter	88.56	89.12
Crude protein	80.41	85.03
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
Cystine	4.74	4.73
Glycine	5.94	6.08

였다(강 등, 2003).

접종 우모분은 ketatin 분해능이 우수한 *Bacillus* sp.를 2차 가수분해 우모분에 0.1%를 접종하여 수분 함량 43.0%에서 3일간 발효시킨 후 시험에 이용하였다.

4. 사양관리

공시동물은 천장에 환기 fan이 설치된 slurry형 무창돈사(4×7m)에서 각 구 10두씩 수용하였으며, 각 돈방 당 사료급이기와 니플(nipple) 급수기는 같이 설치되어 있으며, 시험기간 중 돈사 내 소독 및 기타 사양관리는 농장 관행에 준하였다. 2주간의 예비시험을 설정하여 환경 및 시험사료에 적응시킨 다음 본 시험을 실시하였다.

5. 조사항목

(1) 일반성분

일반성분은 시료를 65℃ 건조기에서 3일간 건조시킨 후 hammer mill로 1 mm screen을 통과한 시료를 분석용으로 사용하였다. 시험사료와 분의 일반성분은 AOAC법(1995), 조단백질은 조단백질 소화장치와 자동분석기(Kjeldahl Unit, Germany), 조지방은 Soxhlet 추출법으로 분석하였다.

(2) 증체량과 사료섭취량

증체량은 시험개시(평균 50 kg), 시험개시 35일(평균 90 kg) 및 시험종료(평균 110 kg)시료 나누어 측정 후 계산하였다. 사료섭취량은 7일 간격으로 남은 사료의 잔량을 측정하여 계산하였다.

(3) 도체등급판정과 도체율

도체중(kg)은 도축 직후의 온도체 중량으로 측정하였고, 등지방 두께(mm)는 좌반도체 11~12번째 늑골사이 및 최종 늑골 바로 위쪽을 척추면과 수직되게 측정하여 평균으로 하였다.

Table 2. Formula and chemical compositions of the basal diets for finisher pigs

Ingredients	Early finisher (60~80 kg)				
	C	BSM 10	BSM 20	CSM 10	CSM 20
Yellow corn, grain	46.02	46.02	46.02	46.02	46.02
Wheat, grain	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Rice polishings	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Soybean meal, dehulled	30.80	27.72	24.64	27.72	24.64
<i>Bacillus</i> sp. inoculated feather meal	—	3.08	6.16	—	—
Conventional feather meal	—	—	—	3.08	6.16
Meat and Bone meal (50%)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tallow	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25
Cane molasses	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Salt-dehydrated	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Limestone	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Vitamin premix ¹⁾	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Mineral premix ²⁾	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Liq-Lys-Hcl (30%)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
DL-Methionine-99%	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L-Threonine	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Total	100	100	100	100	100
Chemical composition (DM basis)					
Crude protein	15.39	15.98	16.37	15.67	16.04
Crude fat	7.57	7.68	7.73	7.67	7.74
Crude ash	5.79	5.38	5.02	5.30	4.99
Ca	0.89	0.91	0.92	0.90	0.92
Total-P	0.68	0.67	0.67	0.66	0.67
ME (kcal/kg)	3,275	3,255	3,245	3,255	3,240

¹⁾ Premix contains: Vit. A 2,750,000IU; Vit. D₃ 350,000 IU; Vit. E 10,000 IU; Vit. K₃ 900 mg; Vit. B₁ 550 mg; Vit B₂ 2,500 mg; Vit B₆ 900 mg; Vit B₁₂ 10 mg; Pantothenic acid 6,500 mg; Niacin 15,000 mg; Biotin 230 mg; Folic acid 250mg; Anti-oxidation 6,000 mg.

²⁾ Premix contains: FeSO₄ 40,000 mg; CoSO₄ 155 mg; CuSO₄ 67,000 mg; MnSO₄ 20,800 mg; ZnSO₄ 40,000 mg; Se (Na) 100 mg.

도체율은 생체중에 대한 온도체 중량을 백분율(%)로 나타내었다.

(4) 육의 pH와 육색

육의 pH는 시료를 적당한 크기로 절단하여 3 mm plate로 chopping 한 후 50 ml 튜브에 시료 3 g과 증류수 27 ml(1 : 9)를 넣어 Polytron homogenizer(IKAT 25 basic, MALAYSIA)로 13,500 rpm에서 10초간 균질하여 pH-meter로

측정하였다. 육색(color)은 도축 4시간 후 제 5~6 늑골 사이의 배최장근을 절개하여 Chroma meter (Model CR-210, Minolta Co., LTD., Japan)로 명도(L*), 적색도(a*) 및 황색도(b*)를 CIE(Commission Internationale de L'Eclairage) 값으로 측정하였고, 동일한 시료로 3회 반복 측정하였으며 이때 표준색판은 CIE L* = 89.2, CIE a* = 0.921, CIE b* = 0.783로 설정하였다.

Table 3. Formula and chemical compositions of the basal diets for finisher pigs

Ingredients	Late finisher (80~110 kg)				
	C	BSM 10	BSM 20	CSM 10	CSM 20
Yellow corn, grain	58.25	58.25	58.25	58.25	58.25
Wheat, grain	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Rice polishings	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Soybean meal, dehulled	19.00	17.10	16.20	17.10	16.20
<i>Bacillus</i> sp. inoculated feather meal	—	1.90	2.80	—	—
Conventional feather meal	—	—	—	1.90	2.80
Meat and Bone meal (50%)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tallow	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Cane molasses	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Salt-dehydrated	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Limestone	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Vitamin premix ¹⁾	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Mineral premix ²⁾	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Liq-Lys-Hcl (30%)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
DL-Methionine-99%	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L-Threonine	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Total	100	100	100	100	100
Chemical composition (DM basis)					
Crude protein	13.18	13.73	14.21	13.69	14.14
Crude fat	6.50	6.60	6.68	6.59	6.68
Crude ash	4.77	4.49	4.02	4.52	4.10
Ca	0.70	0.73	0.73	0.71	0.73
Total-P	0.58	0.55	0.56	0.56	0.57
ME (kcal/kg)	3,245	3,230	3,225	3,230	3,230

¹⁾ Premix contains: Vit. A 2,750,000IU; Vit. D₃ 350,000IU; Vit. E 10,000IU; Vit. K₃ 900 mg; Vit. B₁ 550mg; Vit B₂ 2,500 mg; Vit B₆ 900mg; Vit B₁₂ 10mg; Pantothenic acid 6,500 mg; Niacin 15,000 mg; Biotin 230mg; Folic acid 250 mg; Anti-oxidation 6,000 mg.

²⁾ Premix contains: FeSO₄ 40,000 mg; CoSO₄ 155 mg; CuSO₄ 67,000 mg; MnSO₄ 20,800 mg; ZnSO₄ 40,000 mg; Se(Na) 100 mg.

6. 통계처리

본 시험에서 얻어진 시험 결과들은 SAS Package(1990)를 활용하여 정리·분석하였으며, 처리구간의 유의성 검정은 Duncan's Multiple Range Test(1955)을 이용하여 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

Bacillus sp.를 접종한 우모분의 급여가 비육돈의 생산성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 ① 기초사료 급여구(Control), ② *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 대두박 10% 대체·급여구(BSM 10), ③ *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 대두박 20% 대체·급여구(BSM 20), ④ 일반 우모분으로 대두박 10% 대체·급여구(CSM 10) 및 ⑤ 일반 우모분으로 대두박 20% 대체·급여구(CSM 20) 등 총 5개구로 나누어 급여하였을 때 비육돈의 증체량, 사료섭취량 및 사료

요구율을 조사한 결과는 Table 4와 같다.

일당증체량은 비육전기(0~35일간)에 *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 대두박 20%를 대체·급여한 BSM 20구가 1.05 kg으로서 대조구와 일반 우모분으로 대체·급여한 CSM 10구와 CSM 20구의 0.86~0.89 kg에 비하여 유의적으로($P < 0.05$) 높았다. 그러나, 비육후기(35~70일간)에는 *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 대두박 10%를 대체·급여한 BSM 10구가 0.89 kg으로서 일반 우모분으로 대두박 10%와 20%를 대체·급여한 CSM 10구와 CSM 20구의 0.73~0.74 kg에 비하여 유의적으로($P < 0.05$) 증가하였다. 비육 전기간(0~70일간)에는 BSM 20구가 0.95 kg으로서 CSM 10구와 CSM 20구의 0.80~0.81에 비하여 유의적으로($P < 0.05$) 증가하였으나, 대조구와 BSM 10구의 0.85~0.91 kg과는 차이가

없었다. 일당 사료섭취량은 비육전기에는 2.50~2.61 kg, 비육후기에는 2.86~2.98 kg 및 비육 전기간에는 2.72~2.79 kg으로 대조구를 포함한 모든 처리구에서 유의한 차이는 나타나지 않았다($P > 0.05$). 사료요구율은 비육전기에는 BSM 20구가 2.49로서 가장 우수하였으며, 대조구는 2.95로서 가장 높게 나타났다($P < 0.05$). 비육후기에는 대조구와 BSM 10 및 BSM 20구가 3.35~3.43으로 CSM 10 및 CSM 20구의 3.88~3.93에 비하여 유의적으로($P < 0.05$) 우수하였다. 비육 전기간에는 BSM 20구가 2.94로서 가장 우수하였으며, CSM 10구와 CSM 20구는 3.40~3.41로서 가장 높게 나타났다($P < 0.05$).

가축의 사료섭취량은 사료내 단백질 수준이 높거나 낮을 경우, 또는 사료내 필수아미노산의 결핍이나 과잉의 경우에 감소(Gietzen 등,

Table 4. Effects of dietary *Bacillus* sp. inoculated feather meal on the growth performance of finishing pigs

Items	Treatments*				
	Control	BSM 10	BSM 20	CSM 10	CSM 20
Live body weight(kg)					
Day 0	50.46±1.24	50.68±1.02	50.69±1.41	50.36±1.50	50.49±1.67
Day 35	80.64±1.48 ^b	83.52±1.57 ^b	87.28±1.60 ^a	80.78±1.40 ^b	81.57±1.52 ^b
Day 70	110.26±1.47 ^{bc}	114.65±1.62 ^{ab}	117.36±1.55 ^a	106.65±1.30 ^c	107.25±1.40 ^c
Daily body weight gain(kg)					
Days 0 ~ 35	0.86±0.06 ^b	0.94±0.06 ^{ab}	1.05±0.05 ^a	0.87±0.05 ^b	0.89±0.07 ^b
Days 36 ~ 70	0.85±0.05 ^{ab}	0.89±0.06 ^a	0.86±0.05 ^{ab}	0.74±0.06 ^b	0.73±0.06 ^b
Days 0 ~ 70	0.85±0.08 ^{ab}	0.91±0.10 ^{ab}	0.95±0.07 ^a	0.80±0.08 ^b	0.81±0.07 ^b
Daily feed intake(kg)					
Days 0 ~ 35	2.54±0.08	2.59±0.05	2.61±0.05	2.50±0.06	2.52±0.07
Days 36 ~ 70	2.86±0.07	2.98±0.06	2.95±0.06	2.87±0.05	2.87±0.06
Days 0 ~ 70	2.72±0.07	2.78±0.04	2.79±0.04	2.73±0.04	2.75±0.06
Feed conversion(feed/gain)					
Days 0 ~ 35	2.95±0.06 ^a	2.76±0.04 ^b	2.49±0.06 ^c	2.87±0.05 ^b	2.83±0.05 ^b
Days 36 ~ 70	3.37±0.14 ^b	3.35±0.12 ^b	3.43±0.08 ^b	3.88±0.15 ^a	3.93±0.11 ^a
Days 0 ~ 70	3.20±0.08 ^{ab}	3.06±0.07 ^{bc}	2.94±0.08 ^c	3.41±0.09 ^a	3.40±0.12 ^a

* Control, basal diet; BSM 10, 10% of soybean meal was replaced with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; BSM 20, 20% of soybean meal was replaced with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; CSM 10, 10% of soybean meal was replaced with conventional feather meal in the basal diet; CSM 20, 20% of soybean meal was replaced with conventional feather meal in the basal diet.

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

1989; Jiang과 Gietzen, 1994; Bellinger 등, 1995) 하지만, 아미노산이 불균형된 단백질을 급여할 경우에도 사료섭취량과 증체량이 감소 (Kim 등, 1996)한다고 보고하고 있다. 한편, 사료내 총필수아미노산 함량 / 총아미노산 함량 비 (essential amino acid for total amino acid ratios; ET%)의 차이도 성장지연의 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 필수 아미노산인 arginine, phenylalanine 및 valine 함량은 풍부하지만 우모분의 제한아미노산인 histidine, lysine 및 methionine 함량이 크게 부족되며, 비필수아미노산인 cystine과 glycine 함량이 풍부하므로 사료내 ET%와 필수아미노산과 비필수아미노산 조성비가 불균형하지만 시험사료 배합시 DL-methionine 0.1%과 Threonine 0.05%를 보충하여 주었을 뿐만 아니라 *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 대두박의 20%를 대체·급

여함으로서 증체량이 향상된 것으로 사료된다. 또한, 이와 같은 이유는 *Bacillus* sp. 접종 우모분에는 우모 단백질의 주성분인 keratin의 황 결합(S-S)을 가열·분해시키거나 keratin에 단백질을 분해시킬 수 있는 keratinase 처리를 함으로서 난분해성 단백질의 분해 및 UFG의 공급원으로서의 효과도 작용한 것으로 사료된다.

따라서, 비육돈을 사육할 경우에는 *Bacillus* sp. 접종 우모분을 대두박의 20% 수준으로 대체·급여할 경우 체중의 증가 및 사료요구율이 크게 개선되었다. 특히, 일당 증체량으로 환산할 경우에는 출하일령을 약 8일(0.1 kg × 70일 / 0.85 ≒ 8.2일) 정도 단축시킬 수 있을 것으로 사료된다.

2. 도체특성

Bacillus sp.를 접종한 우모분의 급여가 비육돈의 생산성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 비육돈의 도체특성을 조사한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Effect of dietary *Bacillus* sp. inoculated feather meal on the carcass characteristics and carcass grade of finishing pigs

Items	Treatments*				
	Control	BSM 10	BSM 20	CSM 10	CSM20
Live weight (kg)	110.26±1.47 ^{bc}	114.65±1.62 ^{ab}	117.36±1.55 ^a	106.65±1.30 ^c	107.25±1.40 ^c
Carcass weight (kg)	78.24±2.65 ^{ab}	81.84±2.21 ^a	83.77±2.13 ^a	74.75±2.41 ^b	76.07±2.52 ^b
Carcass rate (%)	70.95±1.30	71.38±1.29	71.38±1.35	70.08±1.20	70.93±1.24
Backfat thickness (mm)	17.94±1.30	15.65±1.37	15.27±1.28	16.24±1.26	16.57±1.31
Caracss grade distribution (%)					
A grade	32.78	30.91	35.03	28.35	27.52
B grade	45.62	34.64	41.62	38.27	38.47
C grade	10.38	22.38	16.70	15.47	14.33
D grade	11.22	12.07	6.65	17.91	19.68

* Control, basal diet; BSM 10, 10% of soybean meal was replaced with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; BSM 20, 20% of soybean meal was replaced with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; CSM 10, 10% of soybean meal was replaced with conventional feather meal in the basal diet; CSM 20, 20% of soybean meal was replaced with conventional feather meal in the basal diet.

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

도체중은 *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 대두박의 10%와 20%를 대체·급여한 BSM 10구와 BSM 20구가 각각 81.84 kg과 83.77 kg으로서 일반 우모분으로 대두박의 10%와 20%를 대체·급여한 CSM 10구와 20구의 74.75 kg과 76.07 kg에 비하여 유의적으로($P < 0.05$) 증가하였다. 도체율과 등지방 두께는 대조구를 포함한 모든 처리구에서 차이는 나타나지 않았다.

도체등급은 *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 대두박의 20%를 대체·급여한 BSM 20구가 A등급 출현율이 35.03%로서 대조구의 32.78%에 비하여 뚜렷하게 향상되고 있음을 알 수 있다. 그러나, 일반 우모분으로 대두박의 10%와 20%를 대체·급여한 CSM 10구와 CSM 20구의 A등급 출현율은 각각 28.35%와 27.52%로서 대조구보다도 낮았다. 특히, D등급 출현율은 일반 우모분으로 대두박을 대체·급여할 경우에는 오히려 대조구보다도 약 7~8% 높게 나타나므로 도체등급에 미치는 영향에 대한 다각적인 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

한편, 등지방 두께는 우모분을 첨가함으로써 낮아지는 경향은 있으나 1997년 8월 1일부터 개정된 축산물 등급제의 내용을 보면 도체중 71~79 kg에서 등지방 두께가 14~24 mm를 A등급으로 판정(농림부, 1997)하고 있기 때문에 등지방 두께는 모든 처리구에서 A등급에 포함되었다. 축산물 등급제 시행 이후 국내의 돼지 도체등급 판정 결과를 보면 1998년 11월에는 A등급 28.8%, B등급 31.8%, C등급 20.2%, D등급 15.4%, E등급 3.9%였으나 계속 개선되는 추세로서 2000년 11월에는 A등급 36.2%, B등급 29.2%, C등급 16.1%, D등급 15.8%, E등급 2.6%로 많이 향상되고 있는 추세이다(축산물 등급소식, 1998, 1999, 2000).

본 연구의 결과, *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 대두박의 20%를 대체·급여할 경우 도체중량이 증가되며, A등급 출현율도 35.03%로서 전국평균 A등급의 36.2%와 비슷하지만 B등급

출현율은 41.62%로서 전국평균의 29.2% 보다 크게 향상되어 *Bacillus* sp. 접종 우모분의 대체·급여 효과가 크게 나타났다.

3. 돈육의 아미노산

Bacillus sp.를 접종한 우모분의 급여가 비육돈의 생산성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 돈육의 아미노산 함량을 측정된 결과는 Table 6과 같다.

등심육의 아미노산 함량은 *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 대두박의 20%를 대체·급여한 BSM 20구가 leucine, valine 및 glutamic acid 함량이 대조구를 포함한 다른 처리구에 비하여 유의적으로($P < 0.05$) 높았다. 특히, 등심육에는 glutamic acid가 14.48~19.12%로 가장 많으며, 다음으로는 aspartic acid (8.94~10.21%), lysine (8.96~10.00%), leucine (7.43~8.31%) 순으로 많이 함유되어 있었다.

일반적으로, 돼지 등심육의 아미노산 조성은 glutamic acid 함량이 가장 많으며, 다음으로 aspartic acid, lysine 및 leucine 함량 순으로 많이 포함되어 있다(Rule 등, 2002)는 결과에서도 같은 경향이였다.

특히, 식육의 단백질 중에서 collagen과 elastin 함량은 각각 tryptophan과 methionine 함량이 낮기 때문에 collagen과 elastin 함량이 많을수록 상대적으로 육의 영양가치는 낮아진다(Rule 등, 2002). 그러나, 본 연구의 결과 tryptophan 함량은 일반적인 등심육의 평균인 2.13%에 비하여 *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 대두박의 20%를 대체·급여할 경우 2.61%로 높기 때문에 돈육의 영양적 가치도 상당히 높은 것으로 사료된다.

4. 돈육의 pH, 육색 및 지방색

Bacillus sp.를 접종한 우모분의 급여가 비육돈의 생산성에 미치는 영향을 구명하기 위하여

Table 6. Effect of dietary *Bacillus* sp. inoculated feather meal on the amino acid composition of the loin eye of finishing pigs (%)

Items	Treatments*				
	Control	BSM 10	BSM 20	CSM 10	CSM 20
Arginine	1.87±0.08 ^b	2.14±0.05 ^a	2.03±0.03 ^{ab}	2.00±0.07 ^b	1.86±0.07 ^b
Histidine	6.91±0.12 ^a	6.54±0.10 ^b	6.45±0.22 ^b	6.31±0.19 ^{bc}	6.23±0.12 ^{bc}
Isoleucine	4.96±0.29	4.56±0.28	4.67±0.33	5.04±0.27	4.98±0.34
Leucine	7.93±0.15 ^{ab}	7.89±0.13 ^b	8.31±0.23 ^a	8.00±0.25 ^{ab}	7.43±0.18 ^c
Lysine	9.10±0.45	9.32±0.32	10.00±0.35	9.56±0.40	8.96±0.34
Tryptophan	2.06±0.26	2.33±0.36	2.61±0.41	2.45±0.37	2.59±0.23
Phenylalanine	4.26±0.27	4.31±0.34	4.25±0.28	4.24±0.14	4.17±0.24
Threonine	4.63±0.20	4.48±0.31	4.39±0.31	4.56±0.28	4.26±0.35
Valine	5.10±0.37 ^{ab}	5.03±0.30 ^b	5.98±0.28 ^a	5.38±0.17 ^{ab}	5.42±0.20 ^{ab}
Alanine	3.69±0.24	4.32±0.41	4.33±0.33	3.99±0.31	3.74±0.42
Glycine	4.24±0.31	4.34±0.43	4.58±0.30	4.59±0.29	4.21±0.34
Serine	3.69±0.30	3.78±0.32	3.89±0.27	3.72±0.22	3.58±0.33
Glutamic acid	17.47±2.04 ^{ab}	17.26±1.40 ^{ab}	19.12±1.06 ^a	15.78±1.53 ^b	14.38±1.57 ^b
Aspartic acid	9.69±2.46	10.67±1.35	10.21±2.34	9.65±1.23	8.94±1.42
Proline	3.58±0.31	4.00±0.36	3.96±0.51	3.48±0.48	3.36±0.64
Total	89.18	90.97	94.78	88.75	84.11

* Control, basal diet; BSM 10, 10% of soybean meal was replaced with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; BSM 20, 20% of soybean meal was replaced with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; CSM 10, 10% of soybean meal was replaced with conventional feather meal in the basal diet; CSM 20, 20% of soybean meal was replaced with conventional feather meal in the basal diet.

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

여 돈육의 pH, 육색 및 지방색 함량을 측정할 결과는 Table 7과 같다.

등심육의 pH는 CSM 10구와 CSM 20구가 5.91로서 대조구(5.57)와 BSM 10구(5.59)와 BSM 20구(5.60)에 비하여 유의적으로($P < 0.05$) 증가하였다.

육색의 CIE L* 값은 BSM 10구가 45.56으로서 가장 낮았으며, CSM 20구는 59.96으로서 가장 높았다($P < 0.05$). CIE a* 값은 대조구가 9.35로서 BSM 10구와 BSM 20구의 7.56과 7.42에 비하여 높았다($P < 0.05$).

지방색의 CIE L* 값은 BSM 10구와 BSM

20구가 73.45와 73.28로서 대조구의 66.23에 비하여 높았다($P < 0.05$). CIE a* 값은 BSM 20구가 4.62로서 대조구의 3.04에 비하여 높았다($P < 0.05$).

일반적으로 정상육인 RFN육(Red, Firm and Non-exudative)은 육색의 Hunter L* 값이 50 이하이며, pH는 5.5~6.1이다. 특히, 일반 우모분을 20% 대체·급여할 경우 육색의 명도를 나타내는 CIE L* 값이 59.96으로서 다른 처리구보다 높은 것은 단백질 변성이 일어났기 때문(Offer 등, 1989; Renner와 Bonhomme, 1991; Hector 등, 1992)으로 사료된다.

Table 7. Effect of dietary *Bacillus* sp. inoculated feather meal on the pH, meat and fat color of selected tissues of finishing pigs

Items	Treatments*					
	Control	BSM 10	BSM 20	CSM 10	CSM 20	
pH	5.57±0.05 ^b	5.59±0.03 ^b	5.60±0.08 ^b	5.91±0.05 ^a	5.91±0.06 ^a	
Meat color	CIE L* ¹⁾	53.86±2.11 ^b	45.56±2.28 ^c	54.56±2.31 ^b	56.17±2.33 ^{ab}	59.96±2.45 ^a
	CIE a*	9.35±0.66 ^a	7.56±0.71 ^b	7.42±0.66 ^b	8.52±0.44 ^{ab}	8.07±0.48 ^{ab}
	CIE b*	6.07±0.44	4.90±0.85	5.09±0.51	5.46±0.73	5.67±0.35
Fat color	CIE L*	66.23±2.46 ^b	73.45±2.48 ^a	73.28±3.01 ^a	70.71±3.70 ^{ab}	71.76±2.89 ^{ab}
	CIE a*	3.04±0.25 ^b	3.45±0.56 ^{ab}	4.62±0.37 ^a	3.26±0.30 ^{ab}	3.33±0.18 ^{ab}
	CIE b*	4.45±0.42	4.26±0.44	4.86±0.51	4.68±0.39	4.65±0.26

* Control, basal diet; BSM 10, 10% of soybean meal was replaced with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; BSM 20, 20% of soybean meal was replaced with *Bacillus* sp. inoculated feather meal in the basal diet; CSM 10, 10% of soybean meal was replaced with conventional feather meal in the basal diet; CSM 20, 20% of soybean meal was replaced with conventional feather meal in the basal diet.

¹⁾ CIE L*, a*, and b* : Lightness, redness, and yellowness, respectively.

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

Murray 등(1989)은 도축 24시간 후에 측정 한 주관적 육질 평가기준과 Minolta chroma-meter 값을 비교한 결과 PSE육의 색깔은 L* 값 및 b* 값과 관련이 큰 것으로 보고하고 있는데, 이로 미루어 보아 *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 대체·급여하더라도 PSE육의 발생 가능성은 없는 것으로 판단된다.

IV 요약

본 시험은 우모분의 사료적 가치를 향상시키기 위하여 우모 단백질 분해균인 *Bacillus* sp.를 우모분에 접종하여 비육돈의 단백질 공급원인 대두박에 수준별로 대체하여 총 5처리구로 설정하였으며, 각 처리구당 3반복으로 임의배치하였다. 시험사료 급여구의 증체량, 사료요구율, 육의 아미노산 함량 및 도체특성을 조사·분석하였다. 사양시험은 5처리×3반복×10두로서 총 150두를 공시하여 70일간 실시하였다. 비육 전기간(0~70일간) 동안의 일당증체량은 *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 대두박의

20%를 대체·급여한 BSM 20구가 0.95 kg으로서 일반 우모분으로 10%와 20%를 대체·급여한 CSM 10구와 CSM 20구의 0.80~0.81 kg에 비하여 증가 하였으며, 사료요구율도 2.94로서 우수하였다(P<0.05). 도체중은 BSM 10구와 BSM 20구가 각각 81.84 kg과 83.77 kg으로서 CSM 10구와 20구의 74.75 kg과 76.07 kg에 비하여 유의적으로(P<0.05) 증가하였다. A등급 출현율은 BSM 20구가 35.03%로서 대조구의 32.78%에 비하여 뚜렷하게 향상되었다. 육색의 CIE L* 값은 BSM 10구가 45.56으로서 가장 낮았으며, CSM 20구는 59.96으로서 가장 높았다(P<0.05). CIE a* 값은 대조구가 9.35로서 BSM 10구와 BSM 20구의 7.56과 7.42에 비하여 높았다(P<0.05).

이상의 결과를 종합하면, 비육돈을 사육할 경우에는 *Bacillus* sp. 접종 우모분으로 대두박의 20%를 대체·급여함으로써 체중의 증가 및 사료요구율이 개선되었으며, 돼지 등심의 육색과 지방색에도 이상이 없을 뿐 아니라 육질 A등급 출현율도 크게 향상되었다. 특히, 일당

증체량으로 환산할 경우에는 출하일령을 약 8 일 정도 단축시킬 수 있기 때문에 대체 단백질 사료자원의 확보 뿐만 아니라 농가 소득증대에도 크게 기여할 것으로 사료된다.

V. 인 용 문 헌

1. APGS. A monthly issue; 1998(1-12), 1999(1-12) and 2000(1-12). Animal Products Grading Service.
2. AOAC. 1995. Official method of analysis (15th ed.), Association of Official Analytical Chemist. Washington, DC, USA.
3. 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.
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., Galunsk, B. and Muller, R. 1995. Characterization of a keratinolytic serine protease from *Streptomyces pactum* DSM40530. *Applied and Environ. microbiology.* 61:3705-3710.
6. 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.
7. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple *F* test. *Biometrics.* 11:1.
8. Filipello, M. V., Fusconi, A. and Rigo, S. 1994. Keratinolysis and its morphological expression in hair digestion by airborne fungi. *Mycopathologia.* 127:103-115.
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. Hector, D. A., Brew-Graves, C., Hassen, N. and Ledward, D. A. 1992. Relationship between myosin denaturation and the colour of low-voltage-electrically- stimulated beef. *Meat Sci.* 31: 299-307.
11. Jiang, J. C. and Gietzen, D. W. 1994. Anorectic response to amino acid imbalance : A selective serotonin in effect. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 47:59.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. MAF. 1997. Animal Products Grading Basis (a revised proposal). Ministry of Agriculture and Forest Issue, 1997(51). Ministry of Agriculture and Forest.
16. Murray, A. C., Jones, S. D. M. and Tong, A. K. W. 1989. Evaluation of the color met reflectance meter for the measurement of pork muscle quality. *Proc. 35th. International Congress of meat Sci. and Tech., Copenhagen, Denmark.* 188-194.
17. Offer, G., Knigth, P., Jeacocke, R., Almond, R. and Cousins, T. 1989. The structural basis of the water holding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food Stucture.* 8: 151-171.
18. Renerre, M. and Bonhomme, J. 1991. Effects of electrical stimulation boning-temperature and conditioning mode on display colour of beef meat. *Meat Sci.* 29:191-202.
19. Rule, D. C., Broughton, K. S., Shellito, S. M. and Maiorano, G. 2002. Comparison of muscle fatty acid profiles and cholesterol concentrations of bison, beef cattle, elk, and chicken. *J. Anim. Sci.* 80: 1202-1211.
20. 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.
21. SAS. 1990. SAS/STAT[®] User's Guide, version 6.01, 4th ed.; SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.
 22. Steiner, R. J., Kellems, R. O. and Church, D. C. 1983. Feather and hair meals for ruminants. IV. Effects of chemical treatments of feather and processing time on digestibility. J. Anim. Sci. 57: 495-502.
 23. 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.
 24. Tanaka, H., Shibata, K., Mori, M. and Ogura, M. 1995. Metabolism of essential amino acids in growing rats at graded levels of soybean protein isolate. J. Nutr. Sci. Vitaminol. 41: 433.
 25. 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.
 26. 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.
 27. 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: 207-213.
 28. 강호조, 이후장, 정태성, 김도경, 어용준, 김재황. 2003. 우모 분해균의 분리 및 특성에 관한 연구. 한국수의공중보건학회지. 27(3):129-134. (접수일자 : 2005. 3. 29. / 채택일자 : 2005. 7. 13.)