

갯벌 미생물 유래 단백질 분해 효소제의 급여가 비육돈의 생산성, 아미노산 소화율, 혈액성상, 육질특성 및 분내 휘발성 지방산과 NH₃-N 함량에 미치는 영향

김해진* · 민병준* · 조진호* · 진영걸* · 유종상* · 김인호* · 장정순** · 이윤교***

단국대학교 동물자원과학과*, 인하대학교 의과대학**, (주)코파벳***

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

H. J. Kim*, B. J. Min*, J. H. Cho*, Y. J. Chen*, J. S. Yoo*, I. H. Kim*, J. S. Jang** and Y. K. Lee***

Department of Animal Resource & Science, Dankook University*

Department of Medicine, Inha University**, Kofavet, Inc***

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate effects of mud flat bacteria origin protease supplementation on growth performance, amino acid digestibility, blood characteristics, meat quality, fecal VFA (volatile fatty acids) and NH₃-N (ammonia nitrogen) concentration in finishing pigs. Eighty pigs (Landrace × Yorkshire × Duroc, 60.08 ± 2.69 kg average initial body weight) were used during experimental period. Dietary treatments included 1) high nutrient density diet, 2) high nutrient density diet + 0.1% protease, 3) low nutrient density diet and 4) low nutrient density diet + 0.1% protease. For overall period, ADG was improved in treatment of high nutrient density diet added protease compared with treatment of low nutrient density diet without protease (P<0.05). DM and N digestibilities were improved in treatments of high nutrient density diet and low nutrient density diet added protease compared with treatment of low nutrient density diet without protease (P<0.05). Essential amino acid digestibility was improved in treatment of low nutrient density diet added protease compared with other treatments (P<0.05). Nonessential amino acid digestibility was improved in treatment of high nutrient density diet added protease compared with treatments of high and low nutrient density diet (P<0.05). BUN (blood urea nitrogen) concentration in blood was increased in treatment of high nutrient density diet added protease compared with treatment of low nutrient density diet without protease (P<0.05). L*-value of *M. longissimus dorsi* muscle was increased in treatments of low nutrient density diet compared with treatments of high nutrient density diet (P<0.05). In conclusion, mud flat bacteria origin protease was effective for improving growth performance, amino acid digestibility and influencing BUN concentration and meat color in finishing pigs.

(Key words) : Growth performance, Amino acid digestibility, Blood characteristics, Meat quality, VFA, NH₃-N

Corresponding author : Dr. I. H. Kim, Dept. of Animal Resource & Science, Dankook University #29 Anseodong, Cheonan, Choongnam 330-714, Korea

Tel : 041-550-3652, Fax : 041-550-3604, E-mail : inhokim@dankook.ac.kr

I. 서 론

일반적으로 대두박은 단백질 함량이 풍부하고 아미노산의 조성이 우수하여 양돈 사료용 식물성 단백질 공급원으로 널리 사용되어 왔다. 하지만 대두박의 가격이 기타 식물성 박류에 비하여 높음으로써 대두박을 기타 식물성 박류로 대체할 경우 생산비를 절감할 수 있다. 그로 인해 다른 식물성 단백질 자원을 개발하여 이용해야 할 필요성이 대두되었고 많은 연구가 예전부터 행하여 졌다(Yang, 1980; Nilo 등, 1981; King 등, 1985).

양돈 사료에서 이용되는 식물성 박류에는 영양 저해인자로 알려진 phytic acid가 많이 함유되어 있으며, 이들은 단백질과 결합하여 protein-phytic 복합체를 형성하고, 용해도를 감소시켜 단백질 분해 효소의 작용을 저해할 뿐만 아니라 단백질의 체내 흡수를 감소시킨다(Beuchat, 1981; Kim과 Kim, 1996). 단백질의 체내 흡수를 높이기 위한 방법으로는 phytate를 제거하는 방법과 phytate와 결합된 단백질을 가수분해하여 단백질의 체내 이용성을 개선시키는 방법이 있다(Choi 등, 1993; Chun 등, 1995; Lee 등, 1995; Chun 등, 1998).

효소제를 사료에 첨가하는 목적은 사료내 항 영양인자를 효율적으로 분해하여 사료영양소의 이용율을 증대 시키는 데 있다. Lewis 등(1955)은 단백질 분해효소를 첨가시 자돈의 증체율과 사료효율이 개선되었다고 보고하였다. 최근에는 여러 기질에 동시에 작용하는 복합효소제가 개발되어 상용화 되었는데 민 등(1992)에 의하면 육성-비육돈에 복합효소제를 첨가한 사료를 급여한 결과 일당 증체량과 사료효율이 개선되었고, Bedford 등(1992)에 의하면 자돈사료에 효소제를 첨가한 결과 생산성이 향상되었다고 보고하였다. 그러나 Cunningham과 Brisson(1957)은 단백질과 탄수화물 분해효소를 첨가하여도 증체율과 사료효율에서 효과가 없었다고 하였다.

단백질 분해 효소제(protease)는 미생물을 배양하거나 과실의 열매, 동물의 위나 췌장에서 추출하여 제조(Beynon and Bond, 1989; Neurath, 1989)하며, 식육의 가공 및 연화(Lee, 1986), 물

고기 sauce의 속성발효(Suh 등, 1996) 등에 이용되고 있으며, 양조산업, 조미료 산업 등 식품 공업에 널리 이용되고 있다.

갯벌 미생물 유래 단백질 분해효소제는 계면활성제 또는 중금속이 존재하는 환경, 극심한 pH 조건, 극심한 산화성 또는 환원성 환경에서도 활성을 유지하며 저온에서도 효소 활성이 유지된다(장 등, 2001).

따라서 본 연구는 비육돈 사료내 갯벌 미생물 유래 단백질 분해효소제를 첨가하였을 경우 비육돈의 성장률, 아미노산 소화율, 혈액성상 및 분내 휘발성 지방산과 암모니아태 질소 농도에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험설계

3원 교잡종(Landrace × Yorkshire × Duroc) 비육돈 80두를 공시하였으며 시험 개시시의 체중은 60.08 ± 2.69 kg 이었으며, 사양시험은 70일간 실시하였다.

시험설계는 Table 1과 같이 사용된 영양소 함량과 효소제의 첨가 유무에 따라 1) high nutrient density diet, 2) high nutrient density diet + 0.1% Protease, 3) low nutrient density diet 및 4) low nutrient density diet+0.1% Protease로 4개 처리를 하여 처리당 5반복, 반복당 4두씩 완전 임의 배치하였다.

2. 시험사료와 사양관리

시험사료는 옥수수-대두박을 기초로 배합하였다. 고영양소 사료의 대사에너지는 3,505 kcal/kg, 조단백질은 18.00%, Lysine은 1.03%, Methionine은 0.40%, Ca은 0.50%, P은 0.45%로 배합하였다. 저영양소 사료의 대사에너지는 3,296 kcal/kg, 조단백질은 15.14%, Lysine은 0.79%, Methionine은 0.24%, Ca은 0.50%, P은 0.46%로 NRC(1998)을 기초로 배합하였다. 기초 사료의 배합비율과 영양소 함량은 Table 1과 같다. 시험사료와 물은 자유채식토록 하였다.

3. 갯벌 미생물 유래 단백질 분해효소제의 추출방법 및 첨가형태

갯벌 미생물인 *Bacillus* sp.의 배양액으로부터 조추출액(crude extraction)을 조제하고, 조추출액을 흡착제를 사용하여 흡착시켜, 용출제를 사용하여 흡착된 것을 용출시켜 용출액으로 단백질 분해효소제를 분리하고 용출액을 칼럼 크로마토그래피를 사용하여 정제하였다(장 등, 2001; 장 등, 2004).

본 시험에 사용한 효소제는 역가는 500,000 unit/ml 이고 시험 사료에 첨가시 250배 희석하여 첨가하였다.

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredient, %	High nutrient density diet	Low nutrient density diet
Corn	45.83	55.37
Soybean meal	25.77	14.50
Wheat	14.00	14.00
Rapeseed meal	—	4.00
Animal fat	6.33	3.21
Lupinkernel. sweet	3.00	3.00
Molasses	2.50	3.70
Salt	0.30	0.30
Limestone	0.69	0.66
Dicalcium phosphate	0.50	0.58
DL-Methionine	0.14	—
L-Lysine HCl	0.56	0.33
Threonine	0.03	—
Mineral premix ¹⁾	0.15	0.15
Vitamin premix ²⁾	0.10	0.10
Saccharine	0.10	0.10
Chemical composition ³⁾		
ME(kcal/kg)	3,505	3,296
CP(%)	18.00	15.14
Lysine(%)	1.03	0.79
Methionine(%)	0.40	0.24
Ca(%)	0.50	0.50
P(%)	0.45	0.46

¹⁾ Supplied per kg diet : Cu, 140 mg; Fe, 145 mg; Zn, 179 mg; Mn, 12.5 mg; I, 0.5mg; Co, 0.25 mg, Se, 0.4 mg.

²⁾ Supplied per kg diet: vitamin A, 10,000 IU; vitamin D₃, 2,000 IU; vitamin E, 42 IU; vitamin K, 5 mg; riboflavin, 2,400 mg; vitamin B₂, 9.6 mg; vitamin B₆, 2.45 mg; vitamin B₁₂, 40 µg; niacin, 49 mg; pantothenic acid, 27 mg; biotin, 0.05 mg.

³⁾ Calculated values.

4. 조사항목 및 방법

(1) 증체율, 사료섭취량 및 사료효율

체중 및 사료 섭취량은 시험개시시, 5주째와 시험 종료시에 각각 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율을 계산하였다.

(2) 영양소 소화율

영양소 소화율을 측정하기 위하여 시험종료 7 일전에 표시물로서 산화크롬(Cr₂O₃)을 0.2% 첨가하여 급여 후 항문 마사지법으로 분을 채취하였다. 채취한 분은 60℃의 건조기에서 72시간 건조시킨 후 Willey mill로 분쇄 후 분석에 이용하였다. 사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC(1995)에 제시된 방법에 의해 분석하였다.

(3) 아미노산 소화율

아미노산 소화율을 측정하기 위하여 사료와 분 내 아미노산 함량은 24시간동안 110℃에서 6N HCl로 가수분해한 후, 아미노산 분석기(Biochrom 20, Pharmacia Biotech, England)를 이용하여 분석하였다.

(4) 혈액성상

혈액 채취는 사양시험 개시시와 종료시에 각각 처리당 임의로 5두를 선발하여 경정맥(Jugular vein)에서 vacuum tube(Becton Dickinson Vacutainer Systems, Franklin Lakes, NJ)를 이용하여 혈액을 5 ml 채취한 후 4℃에서 2,000×g로 30분간 원심 분리하여 얻은 혈청을 자동 생화학 분석기(HITACHI 747, Japan)를 이용하여 total protein, blood urea nitrogen(BUN)을 조사하였다.

(5) 육질 분석

육질 분석에 사용된 돈육은 각 처리구별로 6 두씩을 임의 선발하여 도살 후 4℃ 냉장고에 24시간 저장 후 반도체 등심 부위(*M. longissimus dorsi*)를 분할 정형하여 분석에 이용하였다. 육색은 Chromameter(Model CR-210, Minolta Co., Japan)를 사용하여 각 sample 당 4회 반복하여 측정하였으며, 이때 표준색판은 L*(lightness) = 89.2, a*(redness) = 0.921, b*(yellowness) = 0.783으로 하였다. 육안검사는 5명의 관능검사요원을 구성하

여 수행하였으며, National Pork Producers Council (NPPC, 1994) 기준안에 의해 신선육의 육색 (color : 1~5), 근내지방도(marbling : 1~5), 경도 (firmness : 1~5)를 조사하였다. pH는 도축 24시간 후에 5번째와 6번째 늑골 사이의 등심부위를 채취하여 pH meter(Istek model 77P)를 이용하여 측정하였다. 등심단면적은 구적기(MT precision model MT-10S)를 이용하여 등심단면적을 측정하였다.

(6) 분내 휘발성 지방산 및 NH₃-N 함량

분내 휘발성 지방산 농도 및 NH₃-N 농도를 측정하기 위하여 시험 종료시 각 처리구에서 동일한 시간동안 배설된 분을 처리당 5마리로부터 채취한 후, 분석에 이용하였다. 분내 휘발성 지방산의 농도 측정은 시료 5g을 취하여 10N H₂SO₄ 25 ml와 증류수를 첨가한 후, 수증기를 증류하였다. 유출액에 phenolphthalein 2~3방울을 첨가한 후, 0.1N NaOH를 첨가하여, 이 용액을 rotary evaporator를 이용하여 건조시킨 후, phosphoric acid 1 ml를 첨가하여 용해시킨 후 ethyl ether 5 ml를 첨가하여 수회 교반 한 후, 포화 NaCl 2 ml를 첨가하여 층을 분리시켰다. 층이 분리되면 에테르층을 취하여 0.45µm membrane filter를 이용하여 여과한 후 시험용액

을 gas chromatography(Hewlett Packard 6890 Plus, USA)에 주입하여 측정하였다. 또한 분내 NH₃-N 농도 측정은 Chaney와 Marbach(1962)의 방법에 따라 실시하였다.

4. 통계처리

모든 자료는 SAS(1996)의 General Linear Model procedure를 이용하여 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였고, 또한 SAS(1996)의 ANOVA 방법을 사용하여 분석을 하였으며, 처리간의 평균을 orthogonal contrast 이용하여 1) high nutrient density diets vs low nutrient density diets (nutrient effect)와 2) - protease vs + protease (protease effect) 로 분리하여 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 증체량, 사료섭취량 및 사료효율

비육돈에 있어 갯벌 미생물 유래 단백질 분해효소제의 급여가 증체량, 사료섭취량 및 사료효율에 미치는 영향은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Effect of mud flat bacteria origin protease supplementation on growth performance in finishing pigs

Item	High ¹⁾		Low ¹⁾		SE ²⁾	Probability ³⁾	
	- Protease	+ Protease	- Protease	+ Protease		Nutrient effect	Protease effect
0~5 weeks							
ADG, kg	0.748	0.778	0.707	0.719	0.044	0.272	0.634
ADFI, kg	2.242	2.315	2.124	2.165	0.104	0.216	0.599
Gain/Feed	0.334	0.336	0.333	0.332	0.027	0.850	0.999
5~10 weeks							
ADG, kg	0.866	0.885	0.789	0.884	0.038	0.333	0.160
ADFI, kg	3.149	2.823	2.911	3.137	0.170	0.825	0.775
Gain/Feed	0.275	0.314	0.271	0.282	0.015	0.232	0.104
0~10 weeks							
ADG, kg	0.807 ^{ab}	0.832 ^a	0.748 ^b	0.802 ^{ab}	0.023	0.079	0.117
ADFI, kg	2.696	2.569	2.518	2.651	0.120	0.693	0.980
Gain/Feed	0.299	0.324	0.297	0.303	0.013	0.279	0.268

¹⁾ Abbreviations: High, high nutrient density diet; Low, low nutrient density diet; - protease, added no 0.1% protease; + protease, added 0.1% protease.

²⁾ Pooled standard error.

³⁾ Probability of contrast: 1) high nutrient density diets vs low nutrient density diets; 2) - protease vs + protease.

^{ab)} Means in the same row with different superscripts differ(P<0.05).

전체 사양시험 기간동안 일당증체량은 고 영양소 사료에 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구가 저 영양소 사료를 급여한 처리구와 비교하여 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 고 영양소 사료를 급여한 처리구들이 저 영양소 사료를 급여한 처리구들과 비교하여 일당증체량이 증가하였으며($P<0.079$), 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구들은 단백질 분해효소제를 첨가하지 않은 처리구들과 비교하여 일당증체량이 증가하는 경향을 보였다($P<0.117$). 그러나 사료섭취량, 사료효율에서는 처리구간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

권 등(2000)은 고-저 영양소 사료를 육성-비육돈에 급여시 고 영양소 사료를 급여 하였을 때 증체량이 높게 나타났다고 보고하였는데, 본 연구에서도 고 영양소 사료를 급여한 처리구가 높게 나타나 유사한 경향을 보였다. 또한 저 영양소 사료에 단백질 분해효소제를 첨가 급여한 처리구는 고 영양소 사료를 급여한 처리구와 비교하여 유의적인 차이가 없어 저 영양소 사료내 단백질 분해 효소제 첨가에 의해 성장률이 개선된 것으로 사료된다. 또한 Lewis 등(1955)은 단백질 분해효소를 첨가시 자돈의 증체율과 사료효율이 개선되었다는 보고와 같이 본 연구에서는 증체량에서만 유의적인 차이를 보이고 사료효율에서는 유의적인 차이를 보이지 않아 단백질 분해효소제에 관한 계속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

2. 영양소 및 아미노산 소화율

비육돈에 있어 갯벌 미생물 유래 단백질 분해효소제의 급여가 영양소 및 아미노산 소화율에 미치는 영향은 Table 3에 나타내었다. DM과 N의 소화율은 고 영양소를 급여한 처리구들과 저 영양소 사료에 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구가 저 영양소 사료를 급여한 처리구와 비교하여 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구들은 단백질 분해효소제를 첨가하지 않은 처리구들과 비교하여 DM 소화율이 유의적으로 증가하였다($P<0.01$). 또한 고 영양소 사료를 급여한 처리구들은 저

영양소 사료를 급여한 처리구들과 비교하여 N 소화율이 유의적으로 증가하였다($P<0.01$). 필수 아미노산 소화율은 저 영양소 사료에 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구가 다른 처리구들과 비교하여 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구들은 단백질 분해효소제를 첨가하지 않은 처리구들과 비교하여 필수 아미노산 소화율이 유의적으로 증가하였다($P<0.0001$). 특히 lysine과 methionine의 소화율에서는 단백질 분해 효소제를 첨가한 처리구들이 단백질 분해 효소제를 첨가하지 않은 처리구들과 비교하여 소화율이 유의적으로 증가하였다($P<0.0001$). 비필수 아미노산의 소화율에서는 고 영양소 사료내 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구가 고 영양소 사료와 저영양소 사료를 급여한 처리구와 비교하여 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 고 영양소 사료를 급여한 처리구들은 저 영양소 사료를 급여한 처리구들과 비교하여 비필수 아미노산 소화율이 유의적으로 증가하였고($P<0.0001$), 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구들은 단백질 분해효소제를 첨가하지 않은 처리구들과 비교하여 비필수 아미노산 소화율이 유의적으로 증가하였다($P<0.0001$).

권 등(2000)은 고-저 영양소 사료를 육성-비육돈 급여시 고에너지 사료를 급여한 처리구에서 영양소 소화율이 높게 나타났다고 보고하여, 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 또한, 단백질 분해효소제는 영양소 이용율을 향상시킨다는 Lewis 등(1955)의 보고와 일치하였다.

Fan 등(1994)은 육성돈에 조단백질 함량을 달리한 사료를 급여하였을 때 사료내 조단백질 함량이 증가하면 아미노산의 소화율도 증가한다고 보고하였는데, 본 연구에서도 고 영양소 사료를 급여한 처리구가 저 영양소 사료를 급여한 처리구와 비교하여 아미노산 소화율이 증가하여 유사한 결과를 나타내었다. 또한 본 연구에서는 단백질 분해효소제의 첨가 효과도 나타났기 때문에 단백질 분해효소제가 아미노산 소화율을 증진시킨 것으로 사료되나 보다 많은 연구가 필요하다고 판단된다.

Table 3. Effects of mud flat bacteria origin protease supplementation on nutrients and amino acids digestibility in finishing pigs

Item, %	High		Low		SE ²⁾	Probability ³⁾	
	- Protease	+ Protease	- Protease	+ Protease		Nutrient effect	Protease effect
DM	67.22 ^a	67.66 ^a	57.11 ^b	72.30 ^a	2.77	0.33	0.01
N	69.72 ^a	67.33 ^a	52.19 ^b	63.25 ^a	2.79	0.01	0.14
Essential amino acid							
Arginine	86.24 ^a	86.45 ^a	81.42 ^b	85.88 ^a	0.50	0.01	0.01
Histidine	54.99 ^a	57.76 ^a	34.91 ^b	56.08 ^a	4.59	0.04	0.03
Isoleucine	68.32 ^a	72.23 ^a	58.69 ^b	70.84 ^a	2.00	0.02	0.01
Leucine	69.89 ^a	73.61 ^a	59.13 ^b	71.40 ^a	1.27	0.01	0.01
Lysine	75.69 ^b	82.28 ^a	72.41 ^b	83.61 ^a	1.06	0.38	<.0001
Methionine	71.06 ^c	78.65 ^b	69.99 ^c	82.91 ^a	1.18	0.21	<.0001
Phenylalanine	73.25 ^a	76.22 ^a	63.63 ^b	74.85 ^a	1.19	0.01	0.01
Threonine	68.90 ^b	73.56 ^a	61.70 ^c	75.42 ^a	1.09	0.05	<.0001
Valine	65.74 ^a	69.98 ^a	54.39 ^b	67.74 ^a	2.12	0.01	0.01
Total	70.45 ^b	70.45 ^b	61.81 ^c	74.29 ^a	1.29	0.07	<.0001
Nonessential amino acid							
Alanine	55.13 ^a	60.47 ^a	40.62 ^b	59.01 ^a	1.79	0.01	<.0001
Asparatic acid	74.20 ^a	76.37 ^a	65.27 ^b	74.05 ^a	1.00	0.01	0.01
Cystine	74.11 ^a	76.59 ^a	64.09 ^b	76.53 ^a	0.96	0.01	<.0001
Glutamic acid	79.10 ^a	81.59 ^a	72.00 ^b	80.20 ^a	0.82	0.01	0.01
Glycine	63.61 ^a	67.57 ^a	51.67 ^b	66.18 ^a	1.78	0.01	0.01
Proline	80.45 ^a	83.83 ^a	71.96 ^b	83.62 ^a	1.22	0.01	0.01
Serine	75.79 ^a	77.93 ^a	66.81 ^b	76.15 ^a	0.91	0.01	0.01
Tyrosine	68.47 ^a	72.54 ^a	58.25 ^b	71.50 ^a	1.24	0.01	<.0001
Total	71.36 ^b	74.61 ^a	61.33 ^c	73.40 ^{ab}	1.00	<.0001	<.0001

¹⁾ Abbreviations: High, high nutrient density diet; Low, low nutrient density diet; - protease, added no 0.1% protease; + protease, added 0.1% protease.

²⁾ Pooled standard error.

³⁾ Probability of contrast: 1) high nutrient density diets vs low nutrient density diets; 2) - protease vs + protease.

^{abc)} Means in the same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

3. 혈액성상

비육돈에 있어 갯벌 미생물 유래 단백질 분해효소제의 급여가 혈액성상에 미치는 영향은 Table 4에 나타내었다. 혈액내 total protein 함량은 처리구간에 유의적인 차이는 없었다($P > 0.05$). 시험 종료시 혈중 요소태 질소(BUN) 함량은 고 영양소 사료에 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구가 저 영양소 사료를 급여한 처리구와 비교하여 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$). 그리고 고 영양소 사료를 급여한 처리구들은 저 영양소 사료를 급여한 처리구들과 비교하여 유의적으로 증가하였고($P < 0.03$), 단백질 분해효소제

를 첨가한 처리구들은 단백질 분해효소제를 첨가하지 않은 처리구들과 비교하여 유의적으로 증가하였다($P < 0.03$).

Chen 등(1995, 1996)과 Gomez 등(1998)은 BUN의 농도는 저단백질 사료를 급여한 돼지보다는 고단백질 사료를 급여한 돼지에서 더 높다고 보고하였는데, 이는 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. Eggum(1970)은 혈중 요소태 질소는 단백질 분해의 최종 산물로서 과량의 단백질의 흡수는 혈중 요소태 질소의 함량을 증가시키고 뇨내 요소의 배출을 증가시킨다고 하였고, 일반적으로 근육내 질소축적과 단백질 합성이 증가하면 혈중 요소태 질소 함량이 감소

Table 4. Effects of mud flat bacteria origin protease supplementation on total protein and BUN concentration in blood of finishing pigs

Item	High		Low		SE ²⁾	Probability ³⁾	
	- Protease	+ Protease	- Protease	+ Protease		Nutrient effect	Protease effect
Total protein, g/dL							
Initial	7.08	6.76	6.62	6.68	0.23	0.27	0.59
Final	7.52	7.32	7.50	7.32	0.15	0.95	0.23
Difference	0.44	0.56	0.88	0.64	0.27	0.36	0.83
BUN, mg/dL							
Initial	13.68	14.80	14.48	13.54	1.08	0.83	0.93
Final	18.44 ^{ab}	21.86 ^a	15.34 ^b	18.32 ^{ab}	1.33	0.03	0.03
Difference	4.76 ^{ab}	7.06 ^a	0.86 ^b	4.78 ^{ab}	1.72	0.10	0.10

¹⁾ Abbreviations: High, high nutrient density diet; Low, low nutrient density diet; - protease, added no 0.1% protease; + protease, added 0.1% protease.

²⁾ Pooled standard error.

³⁾ Probability of contrast: 1) high nutrient density diets vs low nutrient density diets; 2) - protease vs + protease.

^{ab)} Means in the same row with different superscripts differ(P<0.05).

한다고 보고하였다(Enrigh 등, 1990). 본 연구에서 단백질 분해 효소제를 첨가한 처리구들 BUN의 농도가 높게 나타난 것으로 보아 단백질 분해효소제가 체내 단백질의 흡수율을 높인 것으로 사료되나 단백질 분해 효소제가 단백질의 체내 이용성을 개선시켰다는 것에 대해서는 보다 체계적인 연구가 필요하다고 판단된다.

4. 육질 특성

비육돈에 있어 갯벌 미생물 유래 단백질 분해효소제의 급여가 육질 특성에 미치는 영향은 Table 5에 나타내었다. 육색에서는 명도를 나타내는 L* - 값은 저 영양소 사료를 급여한 처리구들이 고 영양소 사료를 급여한 처리구들과 비교하여 유의적으로 증가하였다(P<0.05).

Table 5. Effect of mud flat bacteria origin protease supplementation on meat characteristics in finishing pigs

Item	High		Low		SE ²⁾	Probability ³⁾	
	- Protease	+ Protease	- Protease	+ Protease		Nutrient effect	Protease effect
Meat color							
L*	37.70 ^b	40.88 ^b	56.82 ^a	57.28 ^a	1.38	<0.0001	0.20
a*	10.73	13.28	11.08	9.75	1.29	0.23	0.64
b*	4.55	5.23	6.47	6.52	0.78	0.06	0.64
Sensory evaluation ⁴⁾							
Color	2.67	2.83	2.83	2.67	0.24	1.00	1.00
Marbling	2.17	1.67	1.83	2.50	0.46	0.59	0.86
Firmness	1.67	1.50	2.17	2.00	0.38	0.21	0.67
pH	5.52	5.53	5.50	5.49	0.02	0.15	1.00
Loin muscle area, cm ²	49.03	42.53	45.54	46.48	3.17	0.94	0.40

¹⁾ Abbreviations: High, high nutrient density diet; Low, low nutrient density diet; - protease, added no 0.1% protease; + protease, added 0.1% protease.

²⁾ Pooled standard error.

³⁾ Probability of contrast: 1) high nutrient density diets vs low nutrient density diets; 2) - protease vs + protease.

⁴⁾ Meat color, 1:Pale pinkish gray, 3:Reddish pink, 5:Dark purplish red; Marbling content, 1:Devoid to practically devoid, 3:Small to modest, 5:Moderately abundant or more; Firmness, 1:Soft, 3:Middle, 5:Firm.

^{ab)} Means in the same row with different superscripts differ(P<0.05).

Table 6. Effects of mud flat bacteria origin protease supplementation on VFA and NH₃-N in fecal of finishing pigs

Item	High		Low		SE ²⁾	Probability ³⁾	
	- Protease	+ Protease	- Protease	+ Protease		Nutrient effect	Protease effect
VFA, ppm							
Acetic acid	4022	3351	2360	3500	784	0.49	0.97
Propionic acid	4985	3102	3932	4717	924	0.77	0.56
Butyric acid	5004	4409	4256	4807	1068	0.87	0.98
NH ₃ -N, ppm	129.20	122.60	130.80	133.60	11.95	0.61	0.88

¹⁾ Abbreviations: High, high nutrient density diet; Low, low nutrient density diet; - protease, added no 0.1% protease; + protease, added 0.1% protease.

²⁾ Pooled standard error.

³⁾ Probability of contrast: 1) high nutrient density diets vs low nutrient density diets; 2) - protease vs + protease.

적색도를 나타내는 a* - 값과 황색도를 나타내는 b* - 값은 처리구간에 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 육색과 근내지방도 그리고 경도에서는 처리구간에 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 등심단면적에 있어서도 처리구간에 유의적인 차이는 없었다(P>0.05).

돈육에 있어서 육색측정 한가지만으로 육질의 상태를 예측하기는 어렵지만, 특히 명도(L*)는 돈육의 육질을 분류할 수 있는 좋은 측정치이다(Kauffman 등, 1993; 김 등, 1998). Lawrie (1958)와 MacDougall과 Rhodes(1972)는 높은 최종 pH의 근육은 구조가 보다 견고해져 산소 확산률을 감소시켜 결과적으로 육색의 산화 및 육 표면에서의 반사광 량을 감소시키므로 육색이 짙어진다고 하였다. 본 연구에서도 유사한 결과를 나타내었다. 또한 Dugan 등(1999)은 급여하는 사료에 따라 육색이 변할 수도 있다고 하였는데 본 연구에서는 저 영양소 사료 급여한 처리구들에서 명도를 나타내는 L* - 값이 유의적으로 높게 나타났다. 그러나 이 등(2003)은 사료변화의 영양소 수준에 따른 사료급여는 돈육의 육색에 영향을 미치지 않는다고 보고하여 사료 내 영양소 함량과 단백질 분해효소제가 육색에 미치는 관계에 대한 더욱 체계적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

5. 분내 휘발성 지방산(VFA) 및 암모니아태 질소(NH₃-N) 함량

비육돈에 있어 갯벌 미생물 유래 단백질 분

해효소제의 급여가 분내 휘발성 지방산과 암모니아태 질소 함량에 미치는 영향은 Table 6에 나타내었다. 분내 휘발성 지방산 함량은 처리구간에 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 분내 암모니아태 질소의 함량에서는 고 영양소 사료에 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구가 다른 처리구들과 비교하여 낮은 함량을 보였으나 처리구간에 유의적인 차이는 없었다(P>0.05).

박 등(2001)은 이유자돈 사료에 효소제를 첨가하였을 때 암모니아 가스 발생량은 처리구간에 차이를 나타내지 않았다고 보고하였는데, 이는 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

IV. 요 약

본 연구는 비육돈 사료내 갯벌 미생물 유래 단백질 분해 효소제를 첨가하였을 때 성장률, 아미노산 소화율, 혈액성상, 육질 특성 및 분내 휘발성 지방산과 NH₃-N 함량을 알아보기 위해 실시하였다. 3원 교잡종(Landrace × Yorkshire × Duroc) 비육돈 80두를 공시하였으며, 시험개시시의 체중은 60.08 ± 2.69 kg이었다. 시험설계는 기초사료내 영양소 함량과 효소제의 첨가 유무에 따라 high nutrient density diet 처리구, high nutrient density diet에 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구(high nutrient density diet+0.1% protease), low nutrient density diet 처리구, low nutrient density diet 처리구에 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구(low nutrient density diet + 0.1% protease)로 4처리를 하여 처리당 5반복,

반복당 4마리씩 완전임의 배치하였다. 전체 사양시험 기간동안 일당증체량은 고 영양소 사료에 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구가 저 영양소 사료를 급여한 처리구와 비교하여 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). DM과 N의 소화율은 고 영양소 사료를 급여한 처리구들 및 저 영양소 사료에 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구가 저 영양소 사료를 급여한 처리구와 비교하여 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 필수 아미노산 소화율은 저 영양소 사료에 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구가 다른 처리구들에 비해 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 비필수 아미노산 소화율에서는 고 영양소 사료에 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구가 고 영양소 사료와 저 영양소 사료를 급여한 처리구들에 비해 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). BUN 함량은 고 영양소 사료에 단백질 분해효소제를 첨가한 처리구가 저 영양소 사료를 급여한 처리구와 비교하여 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 육색에서는 명도를 나타내는 L^* - 값은 저 영양소 사료를 급여한 처리구들이 고 영양소 사료를 급여한 처리구들과 비교하여 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 결론적으로 비육돈 사료내 깃털 미생물 유래 단백질 분해 효소제의 첨가는 성장률을 향상시켰고 아미노산 소화율 개선하였으며, BUN 함량과 육색에 영향을 미친 것으로 사료된다.
(색인어 : 성장률, 아미노산 소화율, 혈액성상, 육질 특성, 휘발성 지방산, NH_3-N)

V. 인 용 문 헌

1. AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
2. Bedford, M. R., Patience, J. F., Classen, H. L. and Inbarr, J. 1992. The effect of dietary enzyme supplementation of rye- and barley-based diet on digestion and subsequent performance in weanling pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 72:97.
3. Beuchat, L. R. 1981. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour proteins. *J. Agric. Food Chem.* 46:71-75.
4. Beynon, R. J. and Bond, J. S. 1989. Proteolytic enzymes. In: Beynon, R. J and Bond J. S.(Ed.), *A Practical Approach*, IRL Press, pp. 1-4.
5. Chaney, A. L and Marbach. E. P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8:131.
6. Chen, H. Y., Lewis, A. J. and Miller, P. S. 1996. The effects of dietary protein concentration on performance and visceral organ mass in finishing arrow and gilts. *Univ. of Nebraska. Swine Rep.* pp. 25-27.
7. Chen, H. Y., Miller, P. S., Lewis, A. J., Wolverton, C. K. and Stroup, W. W. 1995. Changes in plasma urea concentration can be used to determine protein requirement of two populations of pigs with different protein accretion rates. *J. Anim. Sci.* 73:2631.
8. Choi, C., Chun, S. S. and Cho, Y. J. 1993. Extraction of protein from defatted sesame meal using the enzyme from *Bacillus* sp. CW-1121(in Korean). *Kor. Agric. Chem. Soc.* 36:121-126.
9. Chun, S. S., Cho, Y. J., Cho, K. Y. and Choi, C. 1995. Change of functional properties and extraction of sesame meal protein with phytase and protease. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30:895-901.
10. Chun, S. S., Cho, Y. J., Kim, Y. H., Woo, H. S. and Choi, C. 1998. Change of functional properties and extraction of protein from abolished protein resource by phytase(in Korean). *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 27:46-50.
11. Cunningham, H. M. and Brisson, G. J. 1957. The effect of proteolytic enzyme on the utilization of animal and plant proteins by newborn pigs and the response to predigested protein. *J. Anim. Sci.* 16:568.
12. Dugan, M. E. R., Aalhus, J. L., Jeremiah, L. E., Kramer, J. K. G. and Schaefer, A. L. 1999. The effects feeding conjugated linoleic acid on subsequent pork quality. *Can. J. Anim. Sci.* 79:45.
13. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics.* 11:1.
14. Eggum, B. O. 1971. Blood urea measurement as a technique for assessing protein quality. *Br. J. Nutr.* 24:983.
15. Enrigh, W. J., Quirke, J. F., Gluckman, P. D., Breier, B. H., Kennedy, L. G., Hart, I. C., Roche, J. F., Coert and Alten, P. 1990. Effects of long

- term administration of pituitary-derived bovine growth hormone and estradiol on growth in steers. *J. Anim. Sci.* 68:2345.
16. Fan, M. Z., Sauer, W. C., Hardin, R. T. and Lien, K. A. 1994. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in pigs: Effect of dietary amino acid level. *J. Anim. Sci.* 72:2851-2859.
 17. Gomez, S., Phillip, S. M., Lewis, A. J. and Chen, H. Y. 1998. Responses of barrows consuming a diet formulated on an ideal protein basis at different feeding levels. *Univ. of Nebraska. Swine Rep.* pp. 30-33.
 18. Kauffman, R. G., Sybesma, W., Smulders, F. J. M., Elikelenboom, G., Engel, B., van Laack, R. L. J. M., Hoving-bolink, A. H. and Sterrenberg, P. G. 1993. The effectiveness of examining early postmortem musculature to predict ultimate pork quality. *Meat. Sci.* 34:283.
 19. Kim, K. H. and Kim, D. H. 1996. Improved soy food products through food science and nutrition application(in Korean). *Food Sci. Ind.* 29:37-43.
 20. King, J., Aguirre, C. and De Pablo, S. 1985. Functional properties of lupin protein isolates(*lupinus albus cv Multolipa*). *J. Food Sci.* 50:82-86.
 21. Lawrie, R. A. 1958. Physiological stress in relation to dark-cutting beef. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 9:721.
 22. Lee, S. H., Cho, Y. J., Chun, S. S., Kim, Y. H. and Cho, C. 1995. Functional properties of proteolytic enzyme-modified isolated sesame meal protein. *Korean J. Food Sci.* 27:708-715.
 23. Lee, T. K. 1986. Purification and some characterization of the proteolytic enzyme in fruit body of *Neungee*. *J. Kor. Soc. Food Nutr.* 15:276-285.
 24. Lewis, C. J., Carton, D. V., Liu, G. H., Speer, V. C. and Ashton, G. C. 1955. Enzyme supplementation of baby pig diets. *J. Agr. and Food Chem.* 3:1047.
 25. MacDougall, D. B. and Rhodes, D. N. 1972. Characteristics of the appearance of meat. III. Studies on the colour of meat from young bulls. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 23:637.
 26. Neurath, H. 1989. The diversity of proteolytic enzyme. In: Beynon, R. J and Bond J. S.(Ed.), *A Practical Approach*, IRL Press, pp. 1-4.
 27. Nilo, R., Dench, J. E. and Caygill, J. C. 1981. Nitrogen extractability of sesame(*Sesamum indicum* L.) seed and the preparation of two protein isolates. *J. Sci. Food Agric.* 32:565-570.
 28. NPPC. 1994. Procedures to Evaluate Market Hog. 3rd ed. National Pork Producers Council, Des Moines, Iowa, USA.
 29. NRC. 1998. Nutrient requirements of swine. National Academy Press, Washington, D.C. SAS. 1996. SAS user's guide. Release 6.12 edition. SAS Institute. Inc., Cary, NC.
 30. Suh, H. J., Chung, S. H., Son, J. Y., Lee, H. K. and Bae, S. W. 1996. Studies on the properties of enzymatic hydrolysates from file fish. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 28:678-683.
 31. Yang, C. I. 1980. Studies on the nutritional quality of rapeseed protein isolates. *Korean J. Food Sci.* 12:109-115.
 32. 김동훈, 이무하, 김일석, 김태현, 이영창, 채현석, 김용배, 정일병. 1998. CIE L* 기준에 의한 PSE 육과 정상육의 육질 및 도체특성에 관한 연구. *한국축산학회지.* 40(6):643.
 33. 권오석, 김인호, 홍종욱, 홍의철, 이상환. 2000. 육성비육돈에 있어서 고-저 영양소 수준의 사료급여가 생산성에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지.* 42(5):571-578.
 34. 민태선, 한인규, 정일병, 김인배. 1992. 사료내 항생제, 복합설과제, 유산동, 복합효소제, 생균제의 첨가가 돼지의 성장능력 및 도체특성에 미치는 효과. *한국영양사료학회지.* 16(5):265.
 35. 박대영, 남궁환, 백인기. 2001. 효소제 및 생균제의 첨가가 이우자돈의 생산성과 암모니아 가스 발생에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지.* 43(4):485-496.
 36. 이제룡, 서종태, 정재두, 이진우, 하영주, 이정일, 광석준, 이종동. 2003. 비육돈 사료의 영양소 수준이 돈육 품질에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지.* 45(6):1039-1046.
 37. 장정순, 주한승, 백승렬, 김종욱, 류경희, 김경미. 2001. 갯지렁이로부터 분리한 신규한 프로테아제. 특허 공보 제9788호.
 38. 장정순, 주한승, C. G. Kumar. 2004. 고효성의 알칼리성 단백질 분해효소를 대량 생산하는 바실러스 속 I-52, 특허등록번호 제 046582호. (접수일자 : 2005. 8. 9. / 채택일자 : 2005. 12. 19.)