

계분 발효사료가 육계의 성장과 영양소 이용율에 미치는 영향

장운호 · 김정우 · 김인호 · 김춘수

단국대학교 동물자원과학과

Effects of Dietary Levels of Fermented Poultry Manure on the Growth and Nutrient Availability of Broiler Chicks

Y. H. Jang, J. W. Kim, I. H. Kim and C. S. Kim

Department of Animal Resource and Science, Dankook University, Cheonan, Korea, 330-714

ABSTRACT

Dietary levels of fermented poultry manure(FPM) 0%, 5%, 10% and 20% were included in experimental diets. It is to examine the effects of diets containing different levels of FPM on the performance of broiler chicks, including the nutrient availabilities, compared with that of the commercial diet. In order to evaluate the nutritive value of FPM, feeding and metabolism trials were conducted with a total of 160 broiler chicks for a period of 4 weeks. Contents of CP, crude fat, crude ash, crude fiber and NFE of FPM were 19.43, 2.43, 15.44, 16.57 and 38.31 %, respectively. Although there were no statistical difference in the body weight gain among treatments, weight gain achieved by the group fed diets of 5% substitution of FPM was slightly better than others. The amount of feed intake was significantly higher for FPM included groups than for control group, especially in the group fed diets of 10% substitution of FPM. The feed efficiency tended to be better for the control group than the FPM groups. The feed efficiency tended to get worse as the levels of FPM increased. The digestibility of DM, CP and NFE tended to be similar among treatments, especially it was lower for the group fed diets of 20% substitution of FPM compared with that of another groups. In conclusion, up to 10% substitution of FPM to the diet can be utilized effectively as a broiler feed ingredient, without adversely affecting growth performance.

(Key words: fermented poultry manure, growth, performance, digestibility, broiler)

서론

축산폐기물에 의한 환경오염은 우리 나라와 같이 적은 면적의 국토에서 고립적인 축산을 경영하는 나라에 서는 매우 심각한 문제로 등장하고 있다. 배출되는 축산 폐기물은 지표수와 지하수의 오염을 야기시키고 있으며, 지하수의 경우에는 nitrate(NO₃)에 의한 오염이 심각하게 받아들여지고 있으며 지표수로 유입이 될

경우에는 하천과 강의 부영양화로 인하여 조류(algae)의 번식으로 인하여 물고기들을 폐사시키게 된다. 축산 폐기물에 들어 있는 여러 종류의 유기 물질을 영양원으로 하여 미생물들이 번식할 경우 물속의 용존 산소가 평소의 liter당 8 mg 정도의 수준에서 5 mg이하의 수준으로 떨어지게 되면 물고기들이 폐사하게 된다. 특히 사료에 포함된 인산염이 주로 phytic acid의 형태여서 돼지나 가금류에서는 거의 대부분을 소화할 수 없다. 분변에 그대로 포함되어 자연계로 배출되어

본 연구는 '94년도 농촌진흥청 농업특정연구개발사업의 일환으로 수행되었음.

폐기물의 인 함량을 높이는 역할을 하므로 그 위해성이 더욱이 증가한다. 이를 억제하기 위하여 축산폐기물의 인함량 규제강화는 축산 폐기물의 처리 비용을 한층 높이는 결과를 가져온다. 한편 앞으로 예측되는 세계적인 사료 자원의 공급 부족과 이에 따르는 사료 가격의 인상으로 인한 축산물 생산 비용의 양동이 전망되고 있어 대부분의 사료를 수입에 의존하는 우리나라로서는 이에 대한 대처 방안이 절실하다.

가축사료의 주원료인 옥수수, 대두박, 밀기울 등 농후사료의 대부분을 외국으로부터의 수입에 의존할 수밖에 없으며, 특히 외국에 비해 영세한 국내 축산업의 환경에서 환경오염원으로 인식되고 있는 축분이 사료의 일부로 대체되고 축산폐기물도 훌륭한 자원으로 재 활용할 수 있는 기술을 개발하는 연구사업은 매우 중요한 의미가 있다고 하겠다.

가축에서 발생하는 분뇨에는 아직도 상당한 양의 영양분들이 소화 흡수되지 않고 그대로 배출되고 있다. 특히 가금류의 경우 섭취한 사료가 장을 통과하는 시간은 소나 양과 같은 반추동물이 3~5일 걸리는데 비하여 3~5시간에 불과하여 그 소화율이 더욱 떨어져 악취와 함께 투여한 사료의 영양분중 55%정도까지가 소화 흡수되지 않고 분뇨중에 그대로 배출되는 것으로 알려지고 있다.

가축의 분은 미소화된 단백질(12~40%)과 탄수화물(40~70%)을 다량 함유하며 특히 질소원으로서 가축분의 사료적 가치는 높이 인정되고 있다(El-Sabban 등, 1970; Lowman and Knight, 1970; Smith 등, 1971). 또한, 가축분은 퇴비로 사용하는 것보다 사료자원으로 활용하는 것이 더 경제적 가치가 있으며(Yeck 등, 1975), 가축분내 유기 및 무기물을 동시에 이용한다는 측면에서도 가축분을 사료로 이용하는 것이 가장 효율적이라 할 수 있다.

근래에는 가축분을 배지로 하여 단세포 단백질(single cell protein: SCP)인 미생물을 생산하고 이를 고단백 가축사료로 활용하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다(Henry 등, 1976; Shuler 등, 1979; Moo-young 등, 1981; 김창원 등, 1987; 장윤호 등, 1998).

축산 폐기물 중 계분은 그 영양적 성분 및 조성이 타 축종보다 양호하여 최근까지 광범위하게 연구되고 있

다. 특히, 계분중에는 소화되지 않는 유기물이 적어도 50~60%에 달하고 조단백질 함량이 20~30%로서 영양소 구성면에서 볼 때 사료자원으로서 개발가치가 있다. 반면에 계분을 실제 사료로 이용함에 있어서는 여러가지 제한요소가 내재하고 있는데, 특히 계분의 가장 큰 결점인 NPN의 함량을 어떻게 조절하느냐 하는 점이 선결문제이다.

따라서 본 연구에서는 축산 폐기물인 계분을 사료로서 재활용할 목적으로 계분의 이용성을 높이기 위하여 미생물(*Candida* sp.)을 이용한 계분 발효사료(fermented poultry manure: FPM)의 영양성분 및 이들 발효사료를 육계 일반 사료에 중량 대비로 대체 급여시 성장 및 소화율에 미치는 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 시험기간 및 장소

사양시험은 1995년 2월 27일부터 3월 27일까지 부화 직후부터 총 4주간이었다. 그리고 사육시험은 단국대학교 동물자원과학과 동물 사육동에서 수행하였다.

2. 공시동물 및 시험설계

본 시험에서는 충남 천안시 중원부화장에서 브로일러 품종인 AVIAN 계통을 공시하였다. 사양시험에 160마리(암 80, 수 80)를 공시동물로 암수 구별하여 같은 사육조건에서 관리하면서 4처리에 처리별 4반복으로 10마리를 4단 battery cage에 완전 임의 배치하였다.

3. FPM 생산용 계분의 채취

계분은 충남 천안군 성거면에 위치한 연암축산원에 전문대학 내에 위치한 산란계 농장에서 수집하였고 계분을 생산한 산란계는 브라운 300이었다. 이때 사용된 계분의 일반조성분, 미생물의 분포, 아미노산 등은 다음 Table 1과 같다.

4. FPM의 생산

계분 고체발효사료의 제조는 계분과 밀기울을 1 : 1(중량)의 비율로 충분히 교반, 혼합한 후에 발효용 균주(*Candida* sp.)를 접종하고 30℃의 배양온도에서

Table 1. Composition and bacterial distribution of poultry feces

Item	Contents	Item	Contents
Water content	73 %	K	2.00 %
pH	4.0	Na	0.41 %
Soluble protein	4 mg /g-dw	Mg	0.53 %
Total protein	0.35 g /g-dw	Fe	0.41 %
Ammonia	56.3 μ g /g-dw	Mn	0.0038 %
Uric acid	62 mg /g-dw	Zn	0.0163 %
VFA		Cu	0.0078 %
Acetic acid	257.2 mM	NPN	0.75 %
Propionic acid	48.6 mM	Amino acids	
Isobutyric acid	0.8 mM	Cystine	0.0681 %
Butyric acid	9.8 mM	Methionine	0.2014 %
Isovaleric acid	2.2 mM	Aspartic acid	1.2799 %
Valeric acid	1.0 mM	Threonine	0.5604 %
Isocaproic acid	0.6 mM	Serine	0.4929 %
Caproic acid	0.12 mM	Glutamic acid	1.7445 %
Heptanoic acid	0 mM	Proline	0.5823 %
Nutrition bacteria	1.7×10^7 /g-dw	Glycine	1.0037 %
Bacteria	2.4×10^6 /g-dw	Alanine	0.0013 %
<i>E. coli</i>	5.1×10^6 /g-dw	Valine	0.9083 %
Proximate composition		Isoleucine	0.7206 %
CP	29.21 %	Leucine	1.0276 %
Crude fat	2.84 %	Tyrosine	0.4073 %
Crude fiber	10.66 %	Phenylalanine	0.6091 %
Crude ash	20.39 %	Lysine	0.6134 %
Minerals		Histidine	0.3325 %
Ca	5.15 %	Arginine	0.4621 %
P	1.89 %		

48시간 동안 호기적으로 발효처리하여 생산하였다. 혼합재료인 밀기울은 송탄시에 위치한 (주)퓨리나 사료 공장으로부터 구입하였으며 계분은 분변 후 24시간 이내의 것을 사용하였다.

5. 시험사료

1) 사양시험

계분의 체내 이용성을 높이기 위하여 미생물(*Candida* sp.)을 이용하여 발효 생산된 계분 고체발효사료를 육계 배합사료에 중량 대비로 각각 0%, 5%, 10%, 20% 대체하여 배합하였다. 본 시험의 사료배합비 및 배합된 사료의 분석결과는 Table 2에서 보는 바와 같

다.

6. 사양관리

본 시험의 사양관리는 공시동물물 수송하기전 철저한 소독을 하였다. 시험사료와 물은 자유로이 먹도록 하였으며 체중과 사료의 잔량은 매주 1회 오후에 조사하였다. 점등은 사양시험 기간동안 24시간 계속하였고, 그외의 사양관리는 본 사육동의 일반관례에 준하여 최대한 동일조건을 부여토록 실시하였다.

7. 대사시험

본 대사시험은 4주째 되던 날로부터 3일간 실시하였다. 3일간 섭취한 사료와 배설한 분뇨의 총량을 측정

Table 2. Composition of FPM experimental diet (%)

Ingredient	Control	FPM 5%	FPM 10%	FPM 20%
Wheat (C.P. 13.5%)	34.96	33.21	31.46	27.97
Yellow corn	29.35	27.88	26.41	23.48
Soybean meal (C.P. 44%)	21.90	20.81	19.71	17.52
Fermented poultry manure (FPM)	0.00	5.00	10.00	20.00
Corn gluten meal	2.05	1.94	1.84	1.64
Animal fat	3.20	3.04	2.88	2.56
Fish meal (C.P. 66%)	3.00	2.85	2.70	2.40
Tricalcium phosphate	1.25	1.19	1.13	1.00
NaCl	0.25	0.24	0.23	0.20
Rapeseed meal	2.50	2.38	2.25	2.00
Limestone	0.65	0.62	0.59	0.52
L-lysine (80%)	0.05	0.04	0.04	0.04
DL-methionine (50%)	0.15	0.14	0.14	0.12
Vitamins and minerals mix. ¹⁾	0.69	0.66	0.62	0.55
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition				
Energy, kcal ME/kg	2991	—	—	—
Crude protein, %	21.0	22.1	21.2	22.4
Crude fat, %	6.1	5.9	5.8	5.7
Crude fiber, %	2.5	3.6	3.8	5.3
Crude ash, %	3.9	6.5	7.0	7.7
Calcium, %	0.90	1.19	1.28	1.49
Phosphorus, %	0.68	0.75	0.75	0.71
Available phosphorus, %	0.43	—	—	—

¹⁾ Supplied per kilogram of diet : Vitamin A, 16,250 IU; Vitamin D₃, 3,250 IU; Vitamin E, 8 IU; Vitamin K₃, 4 mg; Vitamin B₂, 10 mg; Vitamin B₁₂, 12 mg; Ca-pantothenic acid, 4,000mg; Niacin, 50 mg; Choline chloride, 180 mg; Folic acid, 0.6 mg; Mn, 120 mg; Zn, 90 mg; Fe, 40 mg; Cu, 5 mg; Co, 1 mg; Ca, 71.5 mg.

하였다. 배설한 분뇨의 총량을 각각 잘 혼합한 후 채취하여 건조기에서 건조시켜 이 건조된 분뇨를 가지고 분석시료로 사용하였다.

8. 조사항목 및 조사방법

계분발효사료(FPM)에 대한 조단백질 함량은 시료 1g을 90℃에서 건조시킨 후 시료를 황산 및 촉매로 강하게 가열하여 시료 중의 유기물을 분해하고 질소를 황산암모니아로 바꾼 다음 과잉의 알칼리를 가하여 중류하고 이때 유출되는 암모니아를 일정량의 산에 흡수시킨 후 이것의 양을 적정하는 Micro-Kjeldahl 방법 (Bradstreet, 1965)과 시료를 고온으로 가열하여 이

때 생성되는 재의 탄소, 수소, 질소의 대비함량을 측정하는 CHN analyzer(corder MT-3, Tanaco, Japan)로 분석하였다(APHA, 1992). 측정된 질소의 양을 단백질량으로 환산하기 위하여 환산 계수는 6.25를 사용하였다.

FPM의 amino acid 분석방법은 100ml 둥근 바닥 flask에 일정량의 시료를 달아 넣고 performic acid 용액 5ml를 가한다. Circulating water bath(0℃)에서 16시간 방치하여 methionine을 methionine sulfone으로 cystine을 cysteic acid로 전환시킨다. 그 다음 0.84g sodium metabisulfite를 넣고 SO₂를 유리시키기 위해 15분 동안 용액을 교반시킨다. 6N

HCl-phenol용액 50ml을 가한 다음 reflux condenser가 부착된 110~120°C heater에서 24시간 동안 가수분해시킨다. sample에 norleucine 표준용액 20ml을 넣고 과산화물을 방지하면서 sample을 40°C에서 5.0ml까지 증발시킨다. 증발된 sample에 sodium citrate buffer 50ml을 넣는다. Whatman membrane filter paper(pore size 0.2 µm diameter 25mm)로 여과한 다음 7.5N NaOH 40ml로 sample을 중화시킨다. 2N NaOH로 sample의 pH를 2.2로 조절하여 250ml 맞춘다. 분석기의 조건은 elution buffer로서 pH 3.2 sodium citrate(0.2N), pH 4.25 sodium citrate(0.2N), pH 10.0 sodium borate(0.2N), pH 10.0 sodium hydroxide(0.4N)를 사용하였으며, buffer의 flow rate는 35ml/hr이고 ninhydrin flow rate는 25ml/hr이었다. Internal standard로서 10nMol/50µl의 L-norleucine(1-2-aminohexanoic acid, Sigma, Co)을 사용하였다. 그리고, column temperature는 50~80°C이고 injection volume으로 20µl를 취해서 아미노산 분석기에 주입하여 정량하였다.

아미노산 함량은 표준 아미노산의 peak 면적에 대한 시료의 peak 면적 비율로서 다음 공식에 의하여 구하였다.

$$\text{아미노산(\%)} = \frac{\text{시료의 peak 면적} \times \text{아미노산 반응계수} \times \text{내부 표준계수} \times 100}{\text{표준 아미노산 peak 면적} \times \text{시료무게, mg}}$$

계분 발효사료와 모든 시험사료와 분뇨에 대한 일반 조성분 분석은 AOAC법 (1984)에 의해 실시하였다. 시험개시 초에 전체 계군의 체중을 측정하고 일주 간격으로 같은 시간에 체중을 측정하여 각 주령별 체중에서 개시시 체중을 감하여 증체량을 구하였다. 사료 섭취량은 체중 측정시 총 급여 사료량에서 잔여사료를 감하여 구하였다. 사료 효율은 총사료 섭취량을 총 증체량으로 나누어 계산하였다. 영양소 이용율은 대사율 공식(섭취된 성분량 - 분뇨중의 성분량 / 섭취한 성분량 × 100)에 의하여 고휘물, 조단백질, 조섬유, 가용 무질소물의 영양소 대사율을 구하였다. 단백질 효율 (protein efficiency ratio; PER)은 증체량을 단백

질 섭취량으로 나누어 계산하였다.

9. 통계 처리

모든 통계처리는 SAS(1985)의 GLM procedure 와 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)을 이용하여 처리구 간의 유의성 검정을 5% 수준에서 실시하였다.

결과 및 고찰

1. FPM의 일반 조성분

본 시험에 사용된 FPM의 일반 조성분은 Table 3에서 보는 바와 같다. 조단백질 함량은 19.43 %로서 일반사료 중의 조단백질 함량(21%)과 유사하였다. 그러나 조섬유와 조회분의 함량 백분비는 일반사료의 경우에 비하여 각각 3.4배와 6.6배 정도로 현저히 높은 반면에 조지방 함량은 일반사료의 40%의 수준으로 매우 낮았다. 이와 같이 조섬유와 조회분의 함량이 높고 조지방의 함량이 낮은 것은 계분발효사료의 주성분인 계분과 밀기울의 조섬유와 조회분의 함량이 높고 조지방 함량이 낮으며 또한 미생물들이 가용 영양소를 분해 이용하여 상대적으로 비이용 영양소 함량의 잔류가 많아진 것으로 고찰된다.

허정숙(1974)은 계분 70%에 쌀겨 15%, 밀기울 15%를 혼합한 후 균주를 접종하여 30°C에서 15시간 배양시킨 발효사료를 생산했는데 악취가 제거되고, vitamin B와 B₁₂가 현저히 증가했으나 일반 영양소 함량에는 큰 차이가 없었다고 보고했고 김춘수와 이영철(1977)은 계분 75%에 밀기울 25%을 혼합한 후 *Monila* 균을 접종하여 30°C, 호기적 조건하에서 48시간 발효시킨 발효계분의 조단백질이 28.05%, 비단백

Table 3. Chemical composition of fermented poultry manure (%)

Item	%
Crude protein	19.43
Crude fat	2.43
Crude ash	15.44
Crude fiber	16.57
NFE	38.31

Table 4. Condition of large scale fermentation for fermented poultry manure production and economic analysis for products

Item	Unit
Condition	
Temperature	30 °C
Airation	0.06 VVM ¹⁾
Agitation	150 rpm
Contents in medium	
Raw sugar	2 kg
Poultry feces extracts	50 L
Tab water	50 L
Working volume	100 L
Production cost	
Poultry feces extracts (50 L)	0 won
Raw sugar (2 kg)	600 won
Tab water (50 L)	50 won
Electric power	250 won
Total	900 won
Yield	1,035 won d.w.-kg ⁻¹

¹⁾VVM: volume of air volume⁻¹ medium min⁻¹

태 질소화합물이 13.46%, 조회분이 16.98%, 가용무결소물이 32.41%, 대사에너지가 1,743kcal /kg으로 발효시키기 전보다 대사에너지가 현저히 증가하였다고 보고하였다.

2. FPM의 생산단가

FPM 1 kg을 생산하는데 Table 4에서 보는 바와 같이 약 1,000원이 든다. Raw sugar를 당밀로 대체하면 400~500원선에서 1 kg의 FPM을 생산할 수 있을 것이다. 배합사료의 주 단백질원으로 사용되고 있는 대두박보다는 비싼 것으로 판단된다. 앞에서 거론하였듯이 계분에는 많은 유기물과 단백질을 함유하고 있고 질소와 인성분을 함유하고 있다. 계분이 어떠한 용도로 이용되던간에 계분에 함유되어 있는 많은 성분이 제대로 이용되지 못한다면 토양 및 수계 생태계에 이차적인 오염을 야기할 수 있다. 이렇게 발생된 이차적인 오염은 수계 생태계의 경우 부영양화를 유발하여 수질을 악화시키고 생태계의 파괴를 초래할 것이다. 그러므로 현 상태에서 경제성은 없지만 경제적인 측면

외에 폐자원으로 이용할 수 있고 수입 농산물의 양을 줄일 수 있으며 환경보호의 측면과 앞으로 닥칠 사료 자원의 공급부족 및 사료가격의 상승에 대한 대체방안으로서 FPM 연구에 의의를 두어야 할 것으로 사료된다.

3. FPM 사양시험

1) 증체량

증체량은 Table 5에서 보는 바와 같이 FPM의 일 반사료 대체효과와 결과를 보면, 생후 1주까지의 증체 량에 있어서 대조구와 FPM 처리구간에는 유의적인 차이가 없었다. 그러나, 2주령시에는 FPM 5% 처리 구와 FPM 10% 처리구의 증체량이 FPM을 첨가하 지 않은 대조구에 비해 6%, 4% 증가하여 유의적인 차이를 보였지만 FPM 20% 처리구의 증체량은 다소 감소하는 경향을 보였다. 또한 3주령에서도 FPM 5% 처리구와 FPM 10% 처리구의 증체량이 대조구에 비 해 3%, 1% 증가하였지만 유의적인 경향은 보이지 않 았다. 그러나 FPM 20% 처리구의 증체량이 대조구에 비해 약 5% 감소하여 유의적인 경향을 보였다($P < 0.05$). 이와 같은 경향은 4주령에서 FPM 5% 처리구의 증체량이 대조구에 비해 1% 증가하였지만 FPM 10% 처리구와 FPM 20% 처리구의 증체량은 각각 1%, 7% 감소하였다.

한편 한석현과 강복신(1967)은 산란계분을 국균으 로 발효시킨 발효 계분으로 육계 사료중 10% 수준에 서 보리와 대체하였을때 증체에 있어서 더 좋았다고 보고했으며 계분발효사료가 사료로서 가치를 갖는 이 유는 계분중 함유되어 있는 질소와 탄수화물의 일부가 균체 단백질화한 때문이며 균체중 각종 vitamin의 생 성때문인 것 같다고 보고하였다. 김춘수와 이영철 (1977)도 *Monilia*균을 접종하여 생산한 발효계분은 소맥피, 대두박 들깨묵을 주로 대체하여 각각 10%, 15%, 20%, 25%를 브로일러 사료에 배합 급여하였을 때 발효계분 10% 처리구가 대조구와 비슷한 증체성적 을 나타냈다고 보고하였는데 본 시험에서는 FPM 5% 처리구가 대조구보다 더 좋은 증체성적을 나타내 고 있다.

한편, FPM의 대체 효과를 보면, 松川敬二(1956)

Table 5. Effects of FPM on average body weight gain, feed intake and feed/gain of growing broiler chicks (0 to 4 weeks)¹⁾

Item	Control	FPM 5%	FPM 10%	FPM 20%
Body weight gain, g				
0 to 1 week	84.9± 13.91	86.6±13.48	89.1± 14.50	90.3±14.41
0 to 2 weeks	283.6± 33.96 ^b	299.9±30.26 ^a	293.9± 40.32 ^{ab}	279.7±32.31 ^b
0 to 3 weeks	603.4± 80.79 ^a	623.6±57.75 ^a	608.2± 84.58 ^a	571.5±58.31 ^b
0 to 4 weeks	986.7±106.56 ^a	998.8±89.74 ^a	979.1±116.47 ^a	917.9±84.20 ^b
Feed intake, g	1493.1± 24.85 ^b	1561.8±15.62 ^{ab}	1643.5±141.90 ^a	1556.6±58.19 ^{ab}
Feed /gain	1.51	1.56	1.68	1.70

¹⁾Ten chicks per cage and four cages per treatment.

^{ab}Values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

는 병아리 4,000수에 대한 시험에서 사료급여량의 12%를 발효계분사료로 대체하여 12주간 사양시험한 결과 대조구에 비해 33g의 체중 증가를 가져왔다고 하였고 허정숙(1974)은 계분 70%에 쌀겨 15%, 밀기울 15%에 균주를 접종하여 제조한 계분발효사료를 이용한 비육과 번식사양시험에서도 좋은 효과를 보고하였다.

FPM 처리구간 증체량을 보면, 1주령에는 FPM 20% 처리구에서 증체량이 높았고 FPM 10% 처리구, FPM 5% 처리구 순으로 증체량이 높았다. 그러나 2주령부터는 FPM 5% 처리구에서 증체량이 가장 높고 FPM 10% 처리구, FPM 20% 처리구 순으로 증체량이 높았으며 전체적인 증체량을 보아도 FPM 5% 처리구가 FPM 10% 처리구보다 약 2% 증가하였고, FPM 20% 처리구보다는 약 8% 증가하였다. FPM 20% 처리구가 FPM 5% 처리구와 FPM 10% 처리구에 비해 증체량이 유의적으로 감소하는 경향을 보이고 있다($P<0.05$).

이와 같은 현상은 Table 2에 제시된 바와 같이 FPM 20% 처리구의 증체량이 타 처리구에 비해서 떨어지는 원인은 사료 중의 조지방 함량이 대조구보다 낮은 반면에 조섬유와 조회분의 함량은 대조구 사료중의 함량보다 약 2배 정도 높고 또한 계분 중에는 13% 이상의 uric acid가 함유되어 있어 장에서 영양소 흡수를 저해하는데 성장저해 물질인 uric acid가 호기성 발효에 의해 FPM내에서 완전히 분해가 되지 않고 남아 있으므로 인하여 FPM 첨가수준이 20% 이상이 되면 브로일러의 성장에 저해요인으로 작용한 것으로 생

각된다.

2) 사료 섭취량 및 사료 효율

본 시험의 사료 섭취량은 Table 5에서 보는 바와 같이 대조구에 비해 FPM 5% 처리구에서 5% 증가하였으며, 이보다는 FPM 10% 처리구에서는 10% 더 증가하였다. FPM 20% 처리구에서도 4% 증가하였지만 FPM 10% 처리구보다는 사료 섭취량이 약간 감소하는 경향을 보였다. FPM 처리구의 사료 섭취량은 대조구보다 유의적으로 많았으며 FPM 10% 처리구에서 가장 높은 사료 섭취량을 보였다($P<0.05$). 이는 FPM중에 조섬유함량이 많기 때문에 오는 energy 부족에 원인이 있기도 하나 대조구에 비해 FPM 처리구가 유의적으로 많아진 것으로 보아 기호성이 향상된 것도 원인 중에 하나라고 생각할 수 있다.

사료효율은 Table 5에서 보는 바와 같이 대조구에 비해 FPM 처리구가 다소 낮았으며, FPM의 첨가수준이 높아질수록 대조구에 비해 사료효율이 감소하는 경향을 보였다. 그러나 대조구와 FPM 처리구간의 사료효율에 유의적인 차이는 찾아볼 수 없었다.

따라서 FPM 시험결과를 종합하면 FPM을 중량대비 사료의 5%, 10%, 20%로 대체할 경우, FPM의 첨가비율을 10% 수준까지 높일수록 증체량과 사료 섭취량은 유사하거나 증가하였다. 이것은 FPM의 첨가로 사료의 기호성이 증진되어 사료 섭취량이 증가하였으며 이러한 사료 섭취량의 증가가 증체량을 개선하는 경향을 보였다. 그러나 FPM 20% 처리구는 대조구에 비해 사료 섭취량이 다소 증가하였음에도 불구하고 증

Table 6. Digestibilities of nutrients in FPM experimental diets (%)

	Control	FPM 5%	FPM 10%	FPM 20%
Digestibilities				
DM	83.3	80.8	80.5	75.5
CP	75.0	73.1	73.8	70.0
Crude fiber	41.5	41.4	41.7	46.3
NFE	89.1	87.3	86.3	81.7
PER ¹⁾	4.20	3.96	3.81	3.76

¹⁾PER: Protein efficiency ratio = Gain in body weight(g) / protein consumed(g)

체량이 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며 사료효율도 대조구에 비해 감소하였다. 그러므로 본 사양시험의 결과에서는 배합사료를 중량대비로 FPM으로 대체할 경우, FPM 20% 이상 처리구는 대조군에 비해 유의적인 생산성 저하현상이 인정되고 있으나($P < 0.05$) FPM을 사료내의 모든 영양소가 균형을 이루는 조건하에서는 중량대비 사료의 10%까지 대체하여 급여할 경우에는 육계의 생산성에 큰 변화를 주지는 않는 것으로 나타났다.

3) 영양소의 소화율

각 시험처리구의 영양소 소화율을 보면 그 성적은 Table 6과 같다. 건물 소화율은 FPM을 첨가하지 않는 대조구에 비해 FPM 5% 처리구와 10% 처리구가 약 3% 낮았으며 FPM 20%는 9% 낮았다. 조단백질 소화율은 대조구에 비해 FPM 5% 처리구와 10% 처리구가 약 2% 낮았으며 FPM 20% 처리구는 7% 낮았다. 가용무질소물 소화율도 FPM 5%, 10%, 20% 처리구 각각 2%, 3%, 8%로 낮았다. 그러나 조섬유 소화율에서는 대조구에 비해 FPM 5%, 10% 처리구가 같았으며 FPM 20% 처리구에서는 오히려 12% 증가하였다. 건물, 조단백질, 조섬유와 NFE의 소화율에 있어서 FPM을 10%까지 첨가한 처리구와 대조구 간에는 유사한 소화율 수준을 보이고 있는 것으로 나타났다. 한편, FPM 20% 처리구에 있어서 조섬유의 소화율은 대조구보다 양호하여 약간의 소화율 개선 효과를 나타냈으나 건물, 조단백질과 NFE의 소화율은 대조구보다 다소 저조하였다.

4) 단백질 효율 (protein efficiency ratio; PER)

각 시험처리구의 단백질 효율을 보면 그 성적은 Table 6과 같다. 브로일러에 대한 이들의 처리구간 단백질 효율은 대체로 증체성과 그 경향을 같이 하고 있으며 FPM의 첨가수준이 증가할수록 단백질 효율이 떨어졌다. 이는 조단백질의 섭취량은 높으나 브로일러에 이용되는 단백질량은 점차 감소하고 있음을 알 수 있다.

적 요

계분 발효사료를 일반 배합 사료와 물량대비로 얼마나 대체할 수 있는가와 이들 사료를 육계에 급여시 증체량, 사료 섭취량, 사료 효율, 영양소별 소화율에 대하여 조사하였다.

- (1) 계분 발효 사료(FPM)의 조단백질 함량은 19.43%로서 배합 사료 중의 조단백질 함량(21%)과 유사하였다. 그러나 조섬유와 조회분의 함량 백분비는 배합 사료의 경우에 비하여 각각 3.4배와 6.6배 정도로 현저히 높은 반면에 조지방 함량은 배합 사료의 40%의 수준으로 매우 낮았다.
- (2) 생후 4 주간의 증체량은 FPM 20% 처리구(918g)의 증체량은 다른 처리구에 비하여 유의적으로 적었다($P < 0.05$).
- (3) 사료 섭취량은 대조구보다 FPM 처리구(5%, 10%, 20%)에서 높은 경향을 찾아볼 수 있었으며 특히, FPM의 대체 수준이 10%에서는 유의적인 차이를 인정할 수 있었다($P < 0.05$).
- (4) 대조구의 사료 효율은 사료내 FPM의 급여수준이 높아질수록 사료효율은 저하되었다.

- (4) 대조구의 사료 효율은 사료내 FPM의 급여수준이 높아질수록 사료효율은 저하되었다.
- (5) 건물, 단백질 및 가용무질소물의 소화율은 대조구와 FPM 처리구 사이에 유사한 경향을 나타냈으나, 특히 FPM 20% 첨가수준에서 제일 낮은 소화율을 나타냈다. 그러나 섬유소 소화율에서는 FPM 20% 처리구에서 가장 높은 소화율을 나타냈다.
- (6) 배합사료를 FPM으로 대체 급여할 경우, FPM을 배합 사료에 몰당 대비로 5% 대체하여 급여할 경우에는 대조구보다 5% 정도 양호한 증체효과가 있으며 FPM을 10%까지 대체하여 급여하여도 육계의 생산성에 큰 변화를 주지는 않는 것으로 나타났다.
- (색인: 계분발효사료, 성장, 성적, 소화율, 육계)

인용문헌

- AOAC 1984 Official Methods of Analysis (14th Ed.). Association of official Analytical Chemists Washington DC.
- APHA-AWWA-WPCE 1992 Standard method for the examination of water and wastewater. 18th ed AWWA Dencer Co.
- Bradstreet RB 1965 in The Kheldahl Method for Organic Nitrogen. New York: Academic Press.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F test. Biometrics 11:1.
- EL-Sabban FF, Bratzler JW, Long TA, Frear DEH, Gentry RF 1970 Value of processed poultry waste as a feed for ruminants. J Animal Sci 31:107.
- Henry DP, Thomson RH, Sizemore DJ, O'Leary JA 1976 Study of *Candida ingens* grown on the supernatant derived from the anaerobic fermentation of monogastric animal wastes. Appl Environ Microbiol 31: 813-818.
- Lowman BG, Knight DW 1970 A note on the apparent digestibility of energy and protein in dried poultry excreta. Anim Prod 12: 525-528.
- Moo-Young M, Chahal DS, Stickney B 1981 Pollution control of swine manure and straw by conversion to *Chaetomium cellulolyticum* SCP feed. Biotechnol Bioeng XXIII:2407-2415.
- SAS 1985 SAS User's Guide: Statistics (5th Ed.). SAS Inst Inc Cary NC
- Smith LW, Goering HK, Gordon CH 1971 Nutritive evaluations of untreated and chemically treated dairy cattle wastes. Livestock Waste Management and Pollution Abatement ASAE 314-318.
- Shuler ML, Roberts ED, Mitchell DW, Kargi F, Austic RE, Henry A, Vashon R, Seeley HW Jr 1979 Process for the aerobic conversion of poultry manure into high-protein feedstuffs. Biotechnol Bioeng XXI:19-38.
- Yeck RG, Smith LW, Calvert CC 1975 Recovery of nutrients from animal waste. an overview of existing options and potentials for use in feed. Proc International Symp on Livestock Waste. Amer Soc Agr Eng Proc 275:192.
- 松川敬二 1956 鶏糞を利用する育雛飼料. 鶏の研究 31(6):50-55.
- 김창원, 오태광, 홍석산 1987 돈분을 이용한 고단백사료(SCP)의 생산에 관한 연구. I. 혐기적 발효를 통한 휘발성지방산의 생산. 한국영양사료학회지 11(2):125-132
- 김춘수, 이영철 1977 발효계분이 부로일러의 증체사료 효율 및 육질에 미치는 영향. 한축지 19(3):194-200.
- 장윤호, 김정우, 김인호, 김춘수 1998 균체 단백질의 첨가가 육계 생산성에 미치는 영향. 한국가금학회지 25권 2호:79-89.
- 한석현, 강복신 1967 산란계분의 사료적 이용에 관한 연구. 제1보: broiler 생산의 효과. 한축지 9:108-114
- 허정숙 1974 돈 또는 계의 생분을 이용한 발효사료의 제조 방법. 특허공보 제 267호.