

지렁이 분말의 급여가 계육의 안전성 및 육계의 생산성에 미치는 영향

손 장 호*

Effects of Feeding Earthworm Meal on the Meat Safety and Performance of Broiler Chicks

Son, Jang-Ho

This study was conducted to evaluate effects of feeding earthworm meal on the meat safety and performance of broiler chicks. A total of 60 broiler chicks at 7 days of age were fed the commercial diet and water until 47 days of age, earthworm meal divided into three treatments, 0% (control), 0.4% (treatment-1) and 0.6% (treatment-2) of dry earthworm meal. The body weight gain and feed/gain tend to be increase fed a 0.4 to 0.6% than 0% of earthworm meal. The effects tended to be higher in 0.4% than 0.6% of earthworm meal. As, Cd, Cr, Hg and Pb were detected at level of 4.41, 1.23, 1.18, 0.00 and 3.39ppm in earthworm meal, respectively, but those were not detected in the chicken meat (breast and thigh meat). It was assumed that supplementing 0.4% of earthworm meal in the broiler diet, improved the performance of broiler chicks and it still did not affect meat safety.

Key words : *broiler chicks, earthworm meal, meat safety, performance of broiler chicks*

I. 서 언

최근 농림부(2006)는 가축분뇨를 활용한 자연 순환농업 추진 대책을 추진하면서 지속가능한 농업을 육성하기 위해서는 자연 순환계에 순응하는 농업활동이 이루어져야한다는 것을 강조하였다. 우리나라는 소득수준의 증가에 따른 식생활이 서구화되기 시작하여 1인당

* 교신저자: 대구교육대학교 실과교육과

육류소비량의 지속적인 증가현상을 나타내고 있으며 이 증가 추세는 당분간 지속되리라 예상되어진다(농촌진흥청, 2002). 2006년도 국내 축산업의 총생산액은 10조원 이상으로 우리나라의 농림업 총생산액의 1/3 정도 차지하였으며, 생산액 기준 10대 주요품목에 가축생산 부분이 5개 부분을 차지하여 농업 중에서도 동물생산 부분의 비중이 높음을 알 수 있다(대한양계협회, 2005). 이처럼 국내의 육류소비 증가는 수입 물량과 국내의 생산량 증가로 이어져 가축생산을 위한 집약화, 규모화로 인한 유기성폐기물의 발생량도 동반 증가되어 유기성폐기물의 친환경적인 처리 방법도 같이 고려되어야할 상황이다.

최근 가축분뇨 등과 같은 유기성폐기물 처리방법은 다양한 방향으로 연구되어지고 있지만(이, 2007), 기본적으로 처리방법의 경제성 및 처리 후 이차적인 오염 발생이 적은 방향으로 접근되어질 필요도 있다. 지렁이를 활용한 유기성 폐기물 처리방법은 유기성 폐기물 처리 후 발생될 수 있는 제2차적인 환경오염이 없으며, 부산물에 대한 안정성이 높아 유기성 폐기물 재활용 방법 중 가장 환경 친화적인 방법으로 21세기에 비약적인 발전이 기대되는 분야로 판단되어 단체 또는 개인이 지속적인 연구를 진행하고 있는 실정이다(이, 1995). 전 세계적으로 지렁이를 이용하는 사업이 단일 사업분야로 인식되어져, 과거 30년 정도부터 영세하게 유지되어온 국내의 지렁이 양식업이 2004년 2월 농림부에 의해서 가축으로 지정된 후 현재 전국에 약 200여 지렁이 사육농가가 있는 것으로 파악되고 있다(안, 2006). 더욱이 지렁이의 몸은 그 자체가 단백질·질소의 접합체로 지렁이 몸체는 생물가가 높은 단백질로 구성(McInroy, 1971; Hilton, 1983)되어서 지렁이 자체가 의약품, 화장품, 양어사료 및 낚시 산업에서 이미 이용되어지고 있다. 최근에는 지렁이를 이용한 양계용 사료 자원으로서의 가능성이 지속적으로 연구되어서 손과 조(2003) 및 손(2003, 2004)은 육계와 산란계에 일정량의 지렁이 분말의 첨가는 증체량 및 산란율의 증가 및 난황중의 지방산 조성 개선 효과의 가능성을 보고하였으며, 더욱이 사료의 기호성 및 소화율을 개선시켜서 산란후기 및 환우(moulting) 후 체력 회복중인 산란계에 효과가 있음을 보고하였다. 그러나 유기성폐기물(가축분뇨 등) 및 토양속의 유기물의 최종 소비자가 되는 지렁이의 몸에 유해중금속의 축적이 보고(Stoewsand, 1986; Scheuhammer, 2003; Carpena, 2005; 황보와 조, 2005) 되어져서 지렁이를 사료화 함으로 일어날 수 있는 양계 산물의 안전성에 문제가 생길 가능성이 제시됨으로, 본 연구는 지렁이를 사료화로 얻어지는 계육에 있어서의 유해중금속에 대한 안전성을 검토하기로 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시동물, 시험사료, 사양관리, 시험설계 및 건조 지렁이분말 제조

1) 공시동물 및 시험사료

본 연구에서는 7 일령의 육계 Arbor Acre Broiler 무감별추 60수를 3개 처리구에 4반복으로 공시하였다(5n×3t×4r). 기초사료는 옥수수-대두박 위주로 전기(0~3주)는 조단백질 21.0%, ME 3,200 kcal/kg 사료를, 후기(4~7주)는 조단백질 19.0%, ME 3,270 kcal/kg 수준의 사료를 급여하였다(Table 1). 시험구는 대조구, 처리구 1 및 2로 구분하여 각각의 처리구당 20수씩 배치하였다.

Table 1. Ingredient composition of basal diet for starter and finisher of broiler chicks.

Ingredients	Starter	Finisher
Corn	46.31	61.33
Soybean meal	36.04	30.22
Wheat bran	10.00	3.00
Soybean oil	4.32	1.12
Dicalcium phosphate	1.16	1.62
Limestone	1.40	1.07
Fish meal		1.00
Common salt	0.40	0.40
DL-methionine	0.16	0.05
Vitamin premix ¹	0.10	0.10
Mineral premix ²	0.10	0.10
Total	100.00	100.00
Chemical composition	Starter	Finisher
ME(kcal/g)	3.200	3.200
Crude protein(%)	21.00	19.00
Choline(%)	1.395	1.274
Methionine(%)	0.501	0.390
Met+Cys(%)	0.831	0.699
Lysine(%)	1.179	1.084

¹ Vitamin premix provides the followings (mg) per kg of diet: vitamin A, 5,500IU; vitamin D3, 1,100ICU; vitamin E, 10IU; riboflavin, 4.4; vitaminB12, 12; nicotinic acid, 44; menadione, 1.1; biotin, 0.11; thiamin, 2.2; ethoxyquin, 125.

² Mineral premix provides the mg per kg of diet: Mn, 80mg; Zn, 60mg; Fe, 40mg; Cu, 4.5mg; Co, 1.0mg; I, 0.5mg; Se, 0.15mg.

2) 사양관리, 시험설계

대조구는 기초사료만을 급여하였고, 처리구 1은 지렁이분말 0.4% 첨가, 처리구 2는 지렁이 분말 0.6%를 첨가급여하였다. 첨가한 지렁이는 경상북도 축산기술연구소내 지렁이 양식장에서 생산된 성체지렁이로부터 얻어진 것으로 지렁이 생산에 이용된 지렁이 먹이는 경상북도 축산기술연구소에서 생산된 우분, 돈분 및 계분을 6 : 2 : 2로 혼합하였다. 단, 우분속에는 한우사 바닥제로 사용된 톱밥이 약 70 % 정도를 차지하고 있다. 본 시험에 사용된 지렁이는 붉은 줄무늬 지렁이(*Lumbricus rubellus*)로 지렁이의 일반 성분 및 아미노산 조성은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Chemical composition and amino acid contents of EW.

Item	Earth worm
Chemical composition	
Moisture (%)	72.3
Ether extract (%)	16.0 ^a
Crude Protein(N×6.25%)	62.7 ^a
Crude Ash (%)	14.8 ^a
Amino acid contents (%)	
Aspartic acid	10.74
Threonine	4.40
Serine	3.78
Glutamic acid	15.28
Glycine	6.32
Alanine	8.71
Valine	8.06
Isoleucine	6.70
Leucine	10.70
Tyrosine	3.44
Phenylalanine	5.06
Lysine	6.87
Histidine	2.57
Arginine	5.32
Cystine	0.94
Methionine	1.11

^aAll values are expressed on a dry matter basis.

공시계의 사양관리는 24시간 점등된 사육장내, 콘크리트 바닥에 왕겨가 2cm 정도 깔린 평사(75×90cm)에 수용하고 사료 및 물은 자유급여 시켰으며 기타 사양관리는 일반적인 육계사양지침에 준하였다.

3) 건조 지렁이분말 제조

지렁이 양식장에서 채취된 지렁이를 70~80°C 정도의 온수에 5~10초 정도 침지시킨 후, 천위에 골고루 지렁이를 도포시켜, 실온에 3~4시간 정도 방치시켜 수분을 제거시켰다. 이때 침지과정에서 지렁이를 세척하였다(지렁이와 지렁이 먹이 및 분변토를 분리). 이후 50°C 정도로 온도가 고정된 건조기에서 24시간 이상 건조를 시킨 후, 분쇄기에 분쇄 후 분석 및 사료첨가에 이용하였다.

2. 조사항목

1) 기초사료 및 성체지렁이의 일반성분 분석 및 아미노산 조성 조사

기초사료 및 지렁이 분말의 일반성분은 A.O.A.C법(1996)에 의하여 분석하였으며, 지렁이 체조직 내의 아미노산의 함량을 분석하기 위하여, 건조한 각 시료 0.1g 정도를 Glass tube에 정밀히 취하여 6N 염산 25ml씩을 주입하고 감압과 질소충전을 반복한 후 150°C의 가수분해장치(Pico-Tag workstation, Waters 社)에서 1시간 가수분해시켰다. 가수분해한 시료용액은 방냉후 7.5M NaOH용액으로 중화하고, 0.2M Sodium citrate loading buffer(pH 2.2)로써 일정량으로 정량한 후 0.22 μ m Membrane filter로 여과한 것을 아미노산 정량용 시험액으로 하였으며, Sodium type의 Ionexchange column을 장착한 HPLC를 이용하여 각 시험액의 아미노산 함량을 구하였다. 또한 필수아미노산의 Chemical score는 Sheffner(1967)의 방법에 따라서 산출하였다. 이때의 아미노산 분석을 위한 HPLC의 조건은 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Condition of HPLC for amino acids analysis.

Instrument	Water Model 510
Column	Amino acid analysis column(25cm×0.46cm ID)
Injection Volumn	20 μ l
Flow rate	0.4ml/min
Detector	Fluorescence, Water Model 420-AC
Mobile phase	Buffer A : Sodium citrate pH 3.05 Buffer B : Sodium nitrate pH 9.60

2) 사료섭취량, 증체량 및 사료요구율

6주간의 총 사양시험기간 동안 주 1회 총 7회(시작시 1회 포함)에 걸쳐서 같은 시간(오전 9시 30분경)에 사료섭취량과 증체량을 측정하였으며, 사료요구율은 사료섭취량을 증체량으로 나누어서 계산하였다.

3) 지렁이 몸체 및 계육 및 간장 신장중의 유해 As, Cd, Cr, Hg 및 Pb의 함량 분석
As, Cd, Cr, Hg 및 Pb 분석을 위해서 Nahm(1992)에 의해서 보고된 방법으로 전처리 과정을 거친 후, Cd, Cr 및 Pb는 원자흡광분광광도계(Atomic absorption spectrophotography, AAS, Varian, SpectrAA-200HT, USA)로, As 및 Hg는 유도 결합 플라즈마 원자분광광도계(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer, ICP-AES, Varian, Liberty0series II, USA)로 분석하였다.

3. 통계분석

시험 및 분석 등을 통해서 얻어진 성적들은 SAS package(1996)의 GLM procedure로 분산 분석을 실시하고, Duncan의 New multiple range test를 이용하여서 유의성 검정을 실시하였다(Steel과 Torrie, 1980).

Ⅲ. 결과 및 고찰

Table 4. Effect of feeding EWM supplementation on body weight gain feed intake and feed/gain in the broiler during 7weeks periods.

Item	Weight gain (g)	Feed intake (g)	Feed/ Gain	Mortality (%)
(2 nd ~3 rd week)				
Control	653.4	995.2	1.52	0.00
Treatment-1 ¹	698.5	1,060.0	1.52	0.00
Treatment-2 ²	709.6	1,100.1	1.55	0.00
SEM	29.4	62.1	0.05	0.00
(4 th ~7 th week)				
Control	1,404.3	3,240.0	2.31	0.00
Treatment-1 ¹	1,480.2	3,350.0	2.26	0.00
Treatment-2 ²	1,532.0	3,458.8	2.26	0.00
SEM	69.6	51.7	0.11	0.00
(2 nd ~7 th week)				
Control	2,057.7	4,235.2	2.06	0.00

Item	Weight gain (g)	Feed intake (g)	Feed/ Gain	Mortality (%)
Treatment-1 ¹	2,178.7	4,410.0	2.01	0.00
Treatment-2 ²	2,241.6	4,558.9	2.03	0.00
SEM	64.12	82.44	0.03	0.00

1. Treatment 1 : 0.4% earthworm addition.

2. Treatment 1 : 0.6% earthworm addition.

Values are means.

손과 조(2003)는 육계사육에서 건조 지렁이분말 0.2~0.4% 첨가는 사료의 기호성 증진은 물론, 특히 0.4%의 건조 지렁이분말 첨가는 사료중의 조단백질 소화율을 개선시켜서 증체량을 개선시킬 가능성이 있음을 보고하였다. 본 연구에서는 육계사육에 있어서 건조 지렁이분말 0.4~0.6%를 첨가함으로써 종래 시험의 재현성 검정과 더불어서 보다 효율적인 첨가 수준을 규명함에도 그 의의가 있다고 할 수 있다. Table 4에 나타난 본 시험의 결과는 건조 지렁이분말 0.4~0.6% 첨가는 대조구에 비해서 사료섭취량 증가 및 사료 효율을 개선시키는 경향이 인정되었으며, 그 효과는 건조 지렁이분말 0.4% 첨가구가 0.6% 첨가구보다 높게 나타나는 경향이 인정되었다. 건조 지렁이분말의 첨가로 인한 사료효율의 개선은 사육 전기 보다, 사육 후기인 4~7주 사이에서 뚜렷하게 나타났다. 이상의 결과는 종래에 보고(손과 조, 2003)된 건조 지렁이분말 0.4%의 첨가로 인한 사료섭취량 증가 및 사료중의 조회분 및 조단백질의 소화율의 증가가 사료효율의 개선으로 이어져서 육계의 증체량을 높였다는 결과와도 일치하였다. 뿐만 아니라 뿔 개구리(horned frog) 양식에서 경제성과 영양적인 부분을 고려할 때 지렁이 유래 사료가 가장 효율적이며(Grayson, 2005), 토끼사육에서 지렁이 분말이 사료단백질 공급원으로 효율이 높다는 Orozco Almanza(1988)의 결과와도 일치하였다. 불행히도 육계 사육에서 지렁이가 효과가 있다는 보고는 한정된 자료에 불과한 실정이다.

Table 5. Heavy metal concentrations of EWM, Meat, Liver and Kidney.

Traits	As	Cd	Cr	Hg	Pb
EWM	4.41	1.23	1.18	ND	3.39
Brest	0.0%	ND	ND	ND	ND
	0.4%	ND	ND	ND	ND
	0.6%	ND	ND	ND	ND

Traits		As	Cd	Cr	Hg	Pb
Thigh	0.0%	ND	ND	ND	ND	ND
	0.4%	ND	ND	ND	ND	ND
	0.6%	ND	ND	ND	ND	ND
Liver	0.0%	ND	ND	ND	ND	Tr
	0.4%	0.21	0.31	0.21	ND	0.32
	0.6%	0.78	0.22	0.96	ND	1.02
Kidney	0.0%	Tr	ND	Tr	ND	Tr
	0.4%	0.48	1.67	0.64	ND	1.92
	0.6%	0.81	1.32	1.12	ND	2.00

황보와 조(2005)는 가축배설물의 종류 및 배양조건에 따른 지렁이의 생육과 분립을 조사한 연구에서 순수 우분에서만 As, 36.00ppm, Cd 1,45ppm, Cr, 19.40ppm 및 Pb, 13.25ppm이 검출되었다고 보고하였다. 가축이 어떠한 곳에서 생산된 사료를 섭취하였는지 지렁이가 어떤 환경에 노출되었는지에 따라서 중금속의 검출 결과는 달라질 수 있지만, 토양 중 유기물 또는 유기성 폐기물의 최종 소비자인 지렁이의 몸 중에는 중금속이 축적되어질 가능성은 여러 연구결과들을 통해서 충분히 하다고 생각되어진다. 지렁이가 생존하는 토양속의 pb 함량이 19ppm일 경우 지렁이의 몸 중에는 Pb의 함량이 최고 865ppm까지 축적되어진다는 조사보고(Scheuhammer 등, 2003)와 이러한 오염된 토양 환경에 지렁이를 주식으로 장기간 생활하는 도요새(Woodcock)의 장기에서 중금속이 축적될 가능성도 보고되었다(Carpene 등, 2005). 특히 지렁이를 주식으로 하는 야생의 조류(Woodcock)의 경우, Cd은 신장에, Cu 및 Fe는 간장에 주로 축적이 되며(Carpene 등, 2005), Pb는 뼈 중에 많이 축적된다(Scheuhammer 등, 2003)는 보고가 있으며, 축적되어지는 중금속의 양은 환경중의 중금속량과 정(+)의 상관관계가 있음을 알 수 있다. 한편 Stoewsand 등(1986)은 Cd 3ppm이 검출된 토양에서 생존한 지렁이를 메추리 사료에 건물 기준으로 60% 정도 대체하여 6주간 급여한 결과 메추리의 알에서는 Cd가 검출되지 않았다는 보고와 손(2006)의 산란계에 5주 동안 지렁이 분말 0.2~0.6%의 급여로 난질의 개선과 더불어서 난중에 특정 중금속이 검출되지 않았다고 보도하였다. 본 시험에 이용된 건조 지렁이분말 가운데 분말 중에는 AS, Cd, Cr 및 Pb가 각각 4.41, 1.23, 1.18 및 3.39ppm이 검출되었다. 그러나 건조 지렁이분말 0.4~0.6%를 6주간 급여한 육계의 가슴육과 대퇴육에서는 위에서 제시한 4가지 유해 중금속은 검출되지 않았다. 그러나 육계의 신장 및 간장에서는 일정한 경향을 가진 결과는 아니지만 건조 지렁이분말의 6주간의 급여로 인해서 소량의 중금속이 검출되었다(Table 5).

결론적으로 본 연구의 결과는 육계사육에서의 사료 중에 0.4%의 건조 지렁이분말의 첨가는 육계의 생산성 개선과 더불어서 육계의 가슴 및 대퇴 근육 중에는 지렁이에 소량 함유될 가능성이 있는 특정 중금속이 축적되지 않는다는 사실을 시사하였다.

IV. 적 요

본 연구는 지렁이 분말의 첨가가 계육의 안전성 및 육계의 생산성에 미치는 영향을 조사하기 위해서 실시되었다. 총 60수의 7일령 육계에 지렁이 분말 0%(대조구), 0.2% 및 0.4%를 첨가한 사료를 공시하여 7주간 사양시험을 실시하였다.

지렁이분말 0.4-0.6% 첨가는 대조구에 비해서 사료섭취량 증가 및 사료 효율을 개선시키는 경향이 인정되었으며, 그 효과는 건조 지렁이분말 0.4% 첨가구가 0.6% 첨가구보다 높게 나타나는 경향이 인정되었다. 건조 지렁이분말의 첨가로 인한 사료효율의 개선은 사육전기보다, 사육 후기인 4-7주 사이에서 뚜렷하게 나타났다. 지렁이분말(EWM) 중의 As, Cd, Cr, Hg 및 Pb는 각각 4.41, 1.23, 1.18, 0.00 및 3.39ppm 검출되었지만, 계육 중에는 검출되지 않았다.

결론적으로 육계에 0.4% 지렁이분말(EWM)의 첨가는 육계의 생산성 개선 및 계육의 안전성에는 문제가 없을 가능성이 인정된다.

[논문접수일 : 2007. 5. 8. 최종논문접수일 : 2007. 5. 23.]

참 고 문 헌

1. 농림부. 2006. 비즈니스맨으로서 농업인 자세 변화 전략 제안. 농림부 농업구조정책국 구조정책과.
2. 농촌진흥청. 2002. 우리나라 1인당 육류소비량 미국의 1/4 수준. -고른 육류섭취가 건강 유지의 지름길-. 농촌진흥청
3. 대한양계협회. 2005. 50g의 완전식품 달걀 그 신비를 밝힌다. 대한양계협회.
4. 손장호. 2003. 지렁이 분말의 급여가 산란계의 생산성 및 난황의 지방산 조성에 미치는 영향. 한국가금학회지 30(3): 161-167.
5. 손장호·조익환. 2003. 사료내 지렁이 분말의 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향. 한국유기농업학회지 11(2): 79-89.
6. 손장호. 2004. 지렁이 분말의 급여가 강제환 후 시킨 산란노계의 생산성에 미치는 영향.

- 한국유기농업학회지 12(2): 171-181.
7. 안치현. 2006. 육상환원동물 다양성 은행. 제8회 지렁이를 이용한 환경보전 심포지움 117-145. 장흥군.
 8. 이상락. 2007. 가축분뇨의 재활용 기술. 친환경축산과정 215-230. 대구대학교 생명환경대학.
 9. 이주삼. 1995. Vermicomposting에 의한 우분의 처리-먹이의 탄질율과 사육밀도가 지렁이의 생육과 분립의 생산에 미치는 영향. 축산시설환경학회지 1(1): 65-75.
 10. 황보순·조익환 2005 우분에 톱밥 혼합 수준이 지렁이의 생육과 분립생산에 미치는 영향. 한국유기농업학회지 13(4): 423-433.
 11. A.O.A.C. 1996. Association of Official Analysis Chemists. Arlington, VA, USA.
 12. Carpena, E., G. Andreani, M. Monari, G. Castellani, and G. Isani. 2005. Distribution of Cd, Zn, Cu and Fe among selected tissues of the earthworm(*Allolobophora caliginosa*) and Eurasian woodcock(*Scolopax rusticola*). *Sci total Environ* 348(8): 267-277.
 13. Grayson, K. L., L. W. Cook, M. J. Todd, D. Pierce, W. A. Hopkins, R. E. Gatten, and M. E. Dorcas. 2005. Effects of prey type on specific action, growth, and mass conversion efficiencies in the horned frog, *Ceratophrys cranwelli*. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol Integr Physiol*. 41(3): 298-304.
 14. Hilton, J. W. 1983. Potential of freeze-dried worm meal as a replacement for fish meal in trout diet formulations. *Aquaculture* 32: 277-283.
 15. McInroy, D. M. 1971. Evaluation of the earthworm 'Eisenia foerida' as food for man and domestic animals. *Feedstuffs* 20th, pp. 36-47.
 16. Nahm, K. H. 1992. Practical guide to feed, forage and water analysis(English edition). YooHan Pub Co., Korea.
 17. Orozco Almanza, M. S., M. E. Ortega Cerrilla, and F. Perez-Gil Romo. 1988. Use of earthworms as a protein supplement in diets for rabbits. *Arch Latinoam Nutrition* 38(4): 946-955.
 18. SAS/STAT. 1996. SAS User Guide, Release 6. 12th edition, SAS Inst. Inc. Cary, NC.
 19. Scheffner, A. L. 1967. In vitro protein evaluation. In *Newer Methods of Nutritional Biochemistry* (Ed). Albanese, A. A. p. 125.
 20. Scheuhammer, A. M., D. E. Bohd, N. M. Burgess, and J. Rodrigue. 2003 Lead and stable lead isotope ratios in soil, earthworms, and bones of American woodcock(*Scolopax minor*) from eastern Canada. *Environ Toxicol Chem* 22(11): 2585-2591.
 21. Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedure of statistics. McGraw Hill, NY.
 22. Stoewsand, G. S., C. A. Bache, W. H. Gutenmann, and D. J. Lisk. 1986. Concentration of cadmium in Coturnix quail fed earthworms. *J Toxicol Environ Health* 18(3): 369-376.