

지렁이 분말의 급여가 계란의 품질 및 산란계의 생산성에 미치는 영향

손 장 호[†]

대구교육대학교 실과교육과

Effects of Feeding Earthworm Meal on the Egg Quality and Performance of Laying Hens

J. H. Son[†]

Department of Practical Arts Education, Daegu National University of Education, Daegu-City, South Korea, 705-715

ABSTRACT A study was conducted to investigate the effect of supplementing earthworm meal(EWM) on the egg quality and performance of laying hens. A total of 360 laying hens at 55 weeks of age were fed the experimental diets containing 0(Control), 0.3 and 0.6% of EWM for 5 weeks. Eggs were collected and weighed in every day and egg production and feed conversion were weekly recorded. However egg quality were measured for last week of experimental period.

When fed both 0.3 and 0.6% of EWM, egg production and daily egg mass tended to increase but were not different between those treatments. Feed intake and feed conversion ratio of laying hens were not different among three groups. Egg shell thickness, breaking strength, color and egg yolk color were tend to improve in both 0.3 and 0.6% of EWM compared to those of control. The haugh units(HUs) showed no difference among each treatments at 1d after laying egg, but increased in EWM treatments compared to control for storage period. As, Cd, Cr, Hg and Pb detected 4.41, 1.23, 1.18, 0.00 and 3.39ppm in EWM, respectively, but which were not detected in control.

It assumed that supplementing 0.3% of earthworm meal in the 55 weeks old laying hens diet, improved the laying performance and egg quality.

(Key Words : laying hen, earthworm meal, laying performance, egg quality)

서 론

국민 소득 증가와 식생활의 서구화로 국내의 축산물 소비량은 꾸준히 증가하여 1인당 육류 소비량도 지속적으로 증가되었다. 뿐만 아니라 우리나라의 축산업이 농림업 총 생산액(약 34조)의 27%를 차지하였으며, 생산액 기준 10대 주요 품목에 돼지(2위), 한우(3위), 우유(4위), 닭(6위) 및 계란(7위) 등의 5개 부분이 차지하고 있다. 하지만 주위 선진국과 비교하여 보면 지속적으로 육류 소비량이 증가될 것으로 사료된다(최희철, 2003). 한편 우리나라의 계란 관련 시장은 2004년 현재 약 1조원 규모, 인구 4천8백만(2004년)을 기준하였을 때 1인당 182개로, 조류 인플루엔자 등의 파동전 2002년에는 202개를 기록하여 200개를 넘은 적도 있으며, 계란의 섭취로 인한 건강 증진 효과의 보고(대한양계협회, 2005) 및 대부분 300개 이상을 소비하는 선진국(EU국가, 미국, 일본, 대만 등)

의 예를 보더라도 계란의 소비량은 지속적으로 증가할 것으로 생각되어진다(대한양계협회, 2005). 이와 같이 생활수준이 향상되면서 가축분뇨 및 음식물 쓰레기 등의 유기성 폐기물의 발생량도 동반 증가되어 유기성 폐기물의 친환경적인 처리 방법도 같이 고려되어져야할 상황이다.

전 세계적으로 지렁이를 이용하는 사업이 단일 사업 분야로 인식되어져, 우리나라에서도 지렁이를 활용한 사업들이 속속 나타나고 있다(이주삼, 1995; 국립환경연구원, 1999; 경상대학교, 2000; 순천대학교, 2001; 이태복과 최훈근, 2002). 지렁이를 활용한 유기성 폐기물 처리 방법은 유기성 폐기물 처리 후 발생될 수 있는 제 2차적인 환경 오염이 없으며, 부산물에 대한 안정성이 높아 유기성 폐기물 재활용 방법 중 가장 환경 친화적인 방법으로 21세기에 비약적인 발전이 기대되는 분야로 판단되어지고 있다(국립환경연구원, 1999; 경상대학교, 2000; 순천대학교, 2001). 더욱이 지렁이의 몸은

[†] To whom correspondence should be addressed : jhson@dnue.ac.kr

그 자체가 단백질·질소의 접합체로 지렁이 몸체는 생물이 높은 단백질로 구성(McInroy, 1971; Hilton, 1983)되어서 지렁이 자체가 의약품, 화장품, 양어사료 및 낚시 산업에서 이미 이용되어지고 있다. 최근 손장호와 조익환(2003), 손장호(2003, 2004)는 육계와 산란계에 일정량의 지렁이 분말을 첨가하여 증체량 및 산란율의 증가 및 난황중의 지방산 조성 개선 효과를 보고하였다. 이외에도 산란 후기(55~60주) 및 환우에서 체력 회복중인 산란계 사료에 일정량의 지렁이 분말의 첨가는 산란 성적 및 난황속의 지방산 조성의 개선 효과를 보고해 지렁이 유래 단백질이 아미노산 균형이 좋고 생물이 또한 높아서(Sabine, 1988) 동물체의 소화관 내에서 소화율 개선 효과가 높은 이유 및 지렁이 유래 미지 성장인자(UGF)의 존재에 따른 것으로 추론하였다. 그러나 가축분

을 포함한 여러 가지 유기성 폐기물 및 토양속의 유기물의 최종 소비자가 되는 지렁이의 몸에 유해 중금속의 축적이 보고(Stoewsand, 1986; Scheuhammer, 2003; Carpena, 2005; 황보순과 조익환, 2005) 되어져서 지렁이를 산란계 사료화 하였을 때의 안전한 계란의 생산에 문제가 될 수 있을 가능성이 있다고 판단된다. 따라서 본 연구는 지렁이 분말의 급여에 따른 산란계의 생산성 및 계란의 품질을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 공시 동물, 시험 사료, 사양 관리 및 시험 설계

본 연구에서는 55주령의 갈색 산란계(Hy-Line) 360수를 3개 시험구에 4반복으로 5주 동안 공시하였다. 기초 사료는 Table 1에 나타난 옥수수-대두박 위주 조단백질 16.0%, ME 2,800 kcal/kg 사료를 급여하였다. 시험구는 대조구, 처리구 1 및 2로 구분하여 각각의 처리구당 120수씩 배치하였다.

대조구는 기초 사료만을 급여하였고, 처리구 1은 EWM 0.3% 첨가, 처리구 2는 EWM 0.6%를 첨가·급여하였다. 첨가한 지렁이는 경상북도축산기술연구소(2002년)내 지렁이 양식장(8X20m)에서 생산된 성체 지렁이로부터 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. 지렁이 양식법 및 관리는 경남 김해의 지렁이 조합의 양식법을 기준으로 하였다(순천대학교, 2001).

공시계의 사양 관리는 니플이 설치된 2수용 3단 철제 케이지에서 사육하였고 사료와 물은 무제한 급여하였으며 그 외 기타 관리는 일반적인 관행에 준하였다.

2. 조사 항목

1) 기초 사료 및 성체 지렁이의 일반 성분 분석 및 아미노산 조성 조사

기초 사료 및 지렁이 분말의 일반 성분은 A.O.A.C법(1996)에 의하여 분석하였으며, 지렁이 체조직내의 아미노산의 함량을 분석하기 위하여, 건조한 지렁이 분말 0.1g 정도를 glass tube에 정밀히 취하여 6N 염산 25 mL씩을 주입하고 감압과 질소 충전을 반복한 후 150℃의 가수분해장치(Pico-Tag workstation, Waters 社)에서 1시간 가수분해시켰다. 가수분해한 시료용액은 방냉 후 7.5M NaOH 용액으로 중화하고, 0.2M

Table 1. Formula and chemical composition of basal diet for laying hens

Ingredients	%
Yellow corn	67.32
Soybean meal	21.77
Calcium carbonate	8.77
Tricalcium phosphate	0.92
Choline-chloride	0.06
Animal fat	0.50
DL-methionine	0.11
Salt	0.25
Mineral/ vitamin premix*	0.30
Total	100.00
Chemical composition	
ME (kcal/kg)	2,800.00
Crude protein (%)	16.00
Crude fat (%)	3.07
Crude ash (%)	12.18
Ca (%)	3.70
Available P (%)	0.25

* Vitamin premix provides the followings (mg) per kg of diet: vitamin A, 1,600,000 IU; vitamin D₃, 300,000IU; vitamin E, 800 IU; vitamin K₃, 132 mg; vitamin B₂, 1,000 mg; vitamin B₁₂, 1,200 mg; niacin, 2,000 mg; pantothenate calcium, 800 mg; folic acid, 60 mg; Mn, 12,000mg; Zn, 9,000 mg; Co, 100 mg; BHT, 6,000 mg; I, 250 mg.

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 필수 아미노산의 chemical score는 Sheffner(1967)의 방법에 따라서 산출하였다. 이때의 아미노산 분석을 위한 HPLC의 조건은 Table 2에 나타내었으며, 본 시험에 사용된 지렁이, 붉은 줄무늬 지렁이(*Lumbricus rubellus*)의 일반 성분 및 아미노산 조성은 Table 3에 나타내었다.

2) 사료 섭취량, 산란율, 난중, 1일 산란량

5주간의 총 시험 기간 동안 산란수와 난중은 매일 오후 3시에 측정하였고, 사료 섭취량은 1주 간격으로 조사하였다. 산란율은 산란수를 사육수수로 나눈 값(Hen day egg production)으로 표시하였으며, 평균 난중은 기형란 및 연란을 제외하고 계산하였다. 1일 산란량 (daily egg mass)은 1일 평균 산란율과 평균 난중을 곱하여 계산하였고, 사료 섭취량은 1일 평균 수당 섭취량으로 표시하였으며, 사료 요구율은 수당 1일 사료섭취량을 1일 산란량으로 나누어 계산하였다.

3) 계란의 품질 측정

계란의 품질을 검사하기 위해서 시험 5주째, 적당한 날 처리당 50개를 임의로 수집하여 실온에서 보관기간(1일, 8일, 15일 및 22일)을 거치면서 난각 강도(난각 강도계, FHK Co., Japan), 난각 두께(난각 후도계, FHK Co., Japan), 낙각색, 난황색 및 haugh unit(HU)를 측정하였다. 이중 HU값은 산란 후 1주일 간격으로 22일간 총 4회(산란 후 1일, 8일, 15일 및 22일) 측정하였다. HU는 농후난백고와 난중을 측정하여 $100 \log (H-1.7W^{0.37}+7.57)$ 의 공식을 이용하였다(FHK Co., Japan). 여기서 H는 농후반백의 높이(mm), W는 난중(g)을 의미한다. 한편 난황색의 측정은 Roche사의 yolk color fan을 사용하여

Table 2. Condition of HPLC for amino acids analysis

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

No.1에서 15까지의 색깔을 비교하여 측정하였다.

4) 지렁이 몸체 및 계란중의 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.

Table 3. Chemical composition and amino acid contents of earthworm

Item	Earth worm
Chemical composition	
Moisture (%)	72.3
Ether extracts (%)	16.0 ^a
Crude protein	62.7 ^a
Ash (%)	14.8 ^a
Amino acid contents ^a (%)	
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

^a All values are expressed on a dry matter basis.

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(Steel and Torrie, 1980).

Table 4는 산란율과 난중, 1일 산란량, 사료 섭취량 및 사료 효율을 5주간의 시험 기간 동안 매주 간격으로 나타내었다. 55~60주령까지(총 5주간)의 산란율은 통계적인 유의성은 인정되지 않았지만, 0.3% 및 0.6%의 EWM 첨가 모두 대조구보다 증가되는 경향이 인정되었지만, 처리구간에는 차이가 인정되지 않았다. 손장호(2003)는 55~60주령까지(총 5주간)의 산란계에 지렁이 분말 0.2% 첨가에 따른 산란율의 증가를 또한 73주령의 환후 직후의 산란 노계의 빠른 체력 회복

결과 및 고찰

Table 4. Effect of dietary EWM on laying performance

Traits	55~56	~57	~58	~59	~60	55~60
	-----Weeks-----					
	Egg production(%)					
Control	79.72	80.44	78.77	78.00	77.00	78.95
EMW 0.3%	82.41	83.78	82.66	81.40	81.21	82.29
EMW 0.6%	81.41	82.98	82.43	81.64	81.56	82.01
SEM	0.77	0.83	0.80	0.95	0.90	0.85
	Egg weight(g)					
Control	63.23	61.30	62.37	62.56	63.27	62.55
EMW 0.3%	61.21	61.80	60.96	61.48	63.11	61.71
EMW 0.6%	62.83	62.00	60.77	61.72	62.47	61.96
SEM	0.21	0.14	0.26	0.30	0.20	0.22
	Daily egg mass(g/d)					
Control	50.4	49.3	49.1	48.8	49.2	49.4
EMW 0.3%	50.4	51.8	50.4	50.1	51.3	50.8
EMW 0.6%	51.2	51.4	50.1	50.4	51.0	50.7
SEM	0.40	0.42	0.37	0.44	0.39	0.41
	Feed intake(g/hen.d)					
Control	141.2	138.8	139.9	142.4	144.6	141.2
EMW 0.3%	138.6	141.0	143.2	144.4	141.4	141.7
EMW 0.6%	138.6	142.7	142.1	142.7	143.6	141.9
SEM	4.32	5.27	4.46	4.52	3.39	4.39
	Feed conversion(Feed/egg mass)					
Control	2.80	2.82	2.83	2.93	2.94	2.86
EMW 0.3%	2.75	2.72	2.84	2.88	2.76	2.79
EMW 0.6%	2.71	2.78	2.84	2.83	2.82	2.80
SEM	0.30	0.34	0.39	0.38	0.29	0.34

에 0.2%의 지렁이 분말 급여가 효과가 있을 가능성을 보고 하였다(손장호, 2004). 뿐만 아니라 메추리 사료에 0.5%의 지렁이 분말의 첨가는 어분 6% 첨가한 처리구보다 높은 산란율과 난중의 증가도 보고되어 있다(김건상, 2001). 더욱이 초식 동물인 토끼의 사료 단백질원으로 지렁이 분말의 대체 가능성도 보고되었다(Orozco Almanza 등, 1988). 이처럼 지렁이 유래 단백질은 아미노산 균형이 좋고 생물이 또한 좋아서(Sabine, 1988) 동물 체내의 소화를 개선에도 효과가 있음을 지렁이 사료화 연구 결과들을 통해서 알 수 있다. 5주간의 전 시험 기간을 통해서 평균 난중은 EWM 0.3% 및 0.6% 첨가구가 대조구에 비해서 0.59~0.84g 정도 낮은 경향을 나타내었지만, 일일 평균 산란량(daily egg mass) 등이 EWM 0.3% 및 0.6% 첨가에 의해서 증가하는 경향이 인정되어 종합적으로 지렁이 분말 0.3~0.6% 첨가에 의한 생산성 증진 효과가 인정된다고 할 수 있겠다. 식이성 glutamic acid는 사료의 풍미를 증진시키기 때문에 사료의 기호성 증진에 따른 섭취량의 증가(Peppler, 1982) 가능성이 생각되어진다. 이러한 이유로 손장호와 조익환(2003)은 육계의 생산성에 미치는 지렁이 사료화 연구에서 지렁이 분말 0.2~0.4%의 첨가는 사료섭취량의 증가와 사료중의 단백질 소화율 증가에 따른 생산성의 증가를 지렁이 유래 단백질의 구성성분 중 높은 glutamate(Table 2)와 소화율 증진 효과(Orozco Almanza 등, 1988) 때문일 것으로 추정하였다. 본 연구에서도 총 5주간의 시험기간동안 EMW 첨가에 따른 사료 섭취량은 시험 개시 2, 3 및 4주째에, 사료 효율은 전 기간에 통계적인 유의차는 인정되지 않았지만, 증가 또는 개선되는 경향이 인정되었다.

Table 5는 EWM 섭취에 따른 계란중의 물리적 성상을 비

Table 5. Effect of dietary EWM on physical contents of eggs

Traits	0.0	0.3	0.6	SEM
Whole egg weight(g)	62.09(100.0)	58.95(100.0)	62.52(100.0)	1.17
Egg white weight(g)	38.49(62.0)	36.82(62.5)	39.20(62.7)	0.46
Egg yolk weight(g)	16.17(26.0)	14.75(25.0)	15.44(24.7)	0.16
Egg shell weight(g)	8.09(12.0)	7.38(12.4)	7.68(12.6)	0.09

Table 7. Effect of dietary EWM on egg quality(haugh units, HUs)

Traits	1d			8ds			15ds			22ds		
	0.0	0.3	0.6	0.0	0.3	0.6	0.0	0.3	0.6	0.0	0.3	0.6
HU	102.5	101.6	97.8	83.9	81.0	80.5	77.5	69.0	66.4	68.4	62.6	62.6

교하여 나타내었다. 계란 무게의 흰자, 노른자 및 난막을 포함한 난각의 무게는 각각 계란 무게의 62.0~62.7%, 24.7~26.0% 및 12.0~12.6%를 차지하였으며, 이들의 수치는 일반적인 계란의 물리적 조성을 잘 나타내고 있었다(대한양계협회, 2005; 황보 중 등, 2005). 계란의 물리적 조성은 EWM의 첨가에 따라 유의한 차이는 인정되지 않았다.

계란의 품질은 계란의 소비를 결정하는 중요한 요인이 되며, 식품으로서 가치를 증대하는 매우 중요한 인자에 속한다(Lesson과 Summers, 1991). 산란계 사료에 EWM 0.3~0.6% 첨가는 난각의 강도, 두께, 색 및 난황색도가 개선되었지만 EWM의 첨가 및 첨가량의 증가에 따라서 난백고는 감소되는 경향을 보였다. 한편 Table 7과 그림 1에서 나타낸 EWM 급여에 따른 HUs의 값은 EWM의 첨가에 따라서 산란 직후 1일째에는 차이가 인정되지 않았지만, 산란 후 시간이 증가할수록 HUs값은 EWM 첨가구에서 대조구에 비하여 감소되는 경향을 나타내었다.

Table 7과 그림 1에서는 EWM의 급여로 난백고와 HU값

Table 6. Effect of dietary EWM on egg quality (egg shell thickness, breaking strength, color and egg yolk color)

Traits	0.0	0.3	0.6	SEM
Egg shell thickness(μ m)	403.50	406.00	415.00	6.78
Egg shell breaking strength(kg/cm ²)	2.97	3.19	3.29	0.15
Egg yolk color	9.90	10.30	10.50	0.22
Egg white height	7.15	6.79	6.51	0.42
Egg shell color	33.25	34.35	33.50	1.67

이 저하되므로서 계란의 보관성이 낮게 될 가능성도 있음을 시사하지만 현재는 이 분야에 대한 참고자료의 불충분으로 추후의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

황보순과 조익환(2005)는 가축 배설물의 종류 및 배양조건에 따른 지렁이의 생육과 분립을 조사한 연구에서 순수 우분에서만 As, 36ppm, Cd 1.45ppm, Cr, 19.40ppm 및 Pb, 13.25 ppm이 검출되었다고 보고하였다. 한편 지렁이가 생존하는 토양속의 Pb 함량이 19ppm일 경우 지렁이의 몸중에는 Pb의 함량이 최고 865ppm까지 축적되어진다는 조사 보고(Scheuhammer 등, 2003)와 이러한 오염된 토양 환경에 장기간 생활한 도요새(Woodcock, 지렁이를 주식으로 함)의 장기에서 중금속이 축적될 가능성도 보고되었다(Carpene 등, 2005). 저렴하면서도 완벽한 영양소를 함유하는 계란의 식품으로써의 안전성이 지렁이의 섭취에 따라서 변화될 가능성 유무가 Table 9에서 검토되었다. 본 연구에 사용된 지렁이 분말중에는 AS, Cd, Cr 및 Pb가 각각 4.41, 1.23, 1.18 및 3.39 ppm이 검출되었다. 그러나 지렁이를 5주간 급여한 산란계의 계란에서는 위에서 제시한 4가지 유해 중금속은 검출되지 않았

다. 또한 Hg는 지렁이 몸체 및 계란에서도 검출되지 않았다. 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 보고는 본 연구의 결과를 전적으로 인정하는 것으로 해석할 수 있을 것이다.

결론적으로 55주령의 산란계에 0.3% 지렁이 분말(EWM)의 첨가는 산란계의 생산성 및 계란의 품질을 개선시킬 가능성이 인정된다.

적 요

본 연구는 산란계의 생산성과 계란의 품질에 미치는 지렁이 분말(EWM)의 첨가 효과를 구명하기 위해서 실시되었다. 총 360수의 55주령의 산란계를 공시하여서 EWM 0(대조구), 0.3, 0.6%를 첨가한 사료로 5주 동안의 사양 시험을 실시하였다. 계란은 매일 수집하여 난중을 측정하였고 산란을 및 사료 요구율은 시험기간 동안 매주 단위로 조사하였다. 뿐만 아니라 시험 마지막 주에는 계란의 품질도 측정하였다.

산란율과 일일 평균 산란량은 EWM 0.3 및 0.6% 급여 모두 대조구에 비해서 증가하는 경향이 인정되었지만, 0.3%와 0.6% 처리구간에는 차이가 인정되지 않았다. 한편 사료 섭취량과 사료 요구율은 처리구간에 차이는 인정되지 않았다. 난각 두께, 강도, 색 및 난황색은 EWM 0.3 및 0.6% 처리구 모두 대조구와 비교해서 개선되는 경향이 인정되었다. 산란 1일째, haugh unit는 처리구간에 차이는 인정되지 않았지만, 보관기간에 따른 haugh unit의 변화는 EWM 급여구에서 커졌다. 지렁이분말(EWM)중의 As, Cd, Cr, Hg 및 Pb는 각각 4.41, 1.23, 1.18, 0.00 및 3.39ppm 검출되었지만, 계란중에는 검출되지 않았다.

결론적으로 55주령의 산란계에 0.3% 지렁이 분말(EWM)의 첨가는 산란계의 생산성 및 계란의 품질을 개선시킬 가능성이 인정된다.

(색인어 : 산란계, 지렁이 분말, 산란생산성, 계란품질)

인용문헌

- AOAC 1996 Association of Official Analysis Chemists. Arlington VA USA.
- Carpene E, Andreani G, Monari M, Castellani G, Isani G 2005 Distribution of Cd, Zn, Cu and Fe among selected tissues of

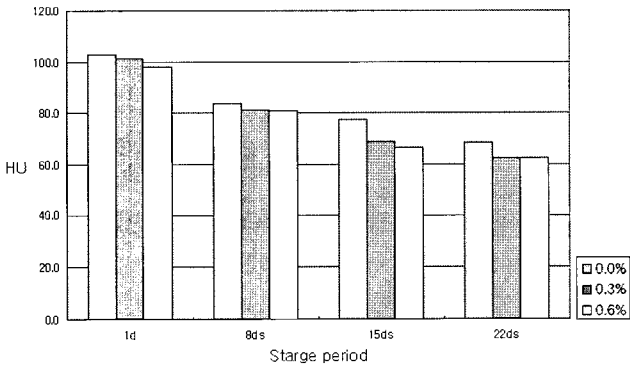


Fig. 1. Effect of storage period on haugh units(HU) change of egg fed a EWM powder supplemental diet.

Table 8. Heavy metal concentrations of EWM and egg

	As	Cd	Cr	Hg	Pb
EWM					
-----ppm-----					
Traits	4.41	1.23	1.18	ND	3.39
Egg					
0.0%	ND	ND	ND	ND	ND
0.3%	ND	ND	ND	ND	ND
0.6%	ND	ND	ND	ND	ND

- the earthworm(*Allolobophora caliginosa*) and Eurasian woodcock(*Scolopax rusticola*). *Sci Total Environ* 348(8):267-277.
- Hilton JW 1983 Potential of freeze-dried worm meal as a replacement for fish meal in trout diet formulations. *Aquaculture* 32: 277-283.
- Leeson ST, Summers JD 1991 Commercial poultry nutrition. Canada NIH 6N8. 77-148.
- McInroy DM 1971 Evaluation of the earthworm '*Eisenia foerida*' as food for man and domestic animals. *Feedstuffs* 20th pp. 36-47.
- Nahm KH 1992 Practical guide to feed, forage water analysis (English edition). YooHan Pub Co., Korea.
- Orozco Almanza MS, Ortega Cerrilla ME, Perez-Gil Romo F 1988 Use of earthworms as a protein supplement in diets for rabbits. *Arch Latinoam Nutrition* 38(4):946-955.
- Peppler HJ 1982 Yeast extracts. In : Rose, AH ed Fermented Foods. Academic Press London P. 293.
- Sabine JR 1988 Earthworms as animal feed. SPB Academic Publishing The Hague The Netherlands.
- SAS/STAT. 1996. SAS User Guide. Release 6. 12th edition SAS Inst Inc Cary NC.
- Scheffner AL 1967 *In vitro* protein evaluation. In *Newer Methods of Nutritional Biochemistry* (Ed). Albanese AA p. 125.
- Scheuhammer AM, Bohd DE, Burgess NM, Rodrigue J 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.
- Steel RGD, Torrie JH 1980. Principles and procedure of statistics. McGraw Hill, NY.
- Stoewsand GS, Bache CA, Gutenmann WH, Lisk DJ 1986 Concentration of cadmium in *Coturnix quail* fed earthworms. *J Toxicol Environ Health* 18(3):369-376.
- 김건상 2001 중국에서의 지렁이 산업 현장과 발전현황. 제3회 지렁이를 이용한 폐기물 처리와 환경보존 국제 심포지움. 순천대학교.
- 국립환경연구원 1999 제 1회 지렁이를 이용한 폐기물 처리와 환경보존 심포지움(1999. 12).
- 경상대학교 2000 제 2회 지렁이를 이용한 폐기물 처리와 환경보존 심포지움(2000. 6).
- 대한양계협회 2005. 50g의 완전식품 달걀 그 신비를 밝힌다. 대한양계협회출판.
- 손장호 2003 지렁이 분말의 급여가 산란계의 생산성 및 난황의 지방산 조성에 미치는 영향. *한국가금학회지* 33(3): 161-167.
- 손장호 조익환 2003 사료내 지렁이 분말의 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향. *한국유기농업학회지* 11(2):79-89.
- 손장호 2004 지렁이 분말의 급여가 강제환후시킨 산란노계의 생산성에 미치는 영향. *한국유기농업학회지* 12(2):171-181.
- 순천대학교 2001 제 3회 지렁이를 이용한 폐기물 처리와 환경보존 국제 심포지움(2001. 11).
- 이주삼 1995 Vermicomposting에 의한 우분의 처리-떡이디 탄질율과 사육밀도가 지렁이의 생육과 분립의 생산에 미치는 영향. *축산시설환경학회지* 1(1):65-75.
- 이태복 최훈근 2002 지렁이사육상 자동화장치개발 및 활용. *한국유기성폐자원학회 춘계학술대회* 143-150.
- 최희철 2003 우리나라의 계분 발생량과 성분 특성. *양계연구* 9:44-47.
- 황보순 조익환 2005 우분에 톱밥 혼합 수준이 지렁이의 생육과 분립생산에 미치는 영향. *한국유기농업학회지* 13(4):423-433.
- 황보종 이병석 홍의철 배해득 최낙진 정준용 강환구 장애라 박병성 2005 산란계에서 파리 유충의 급여가 계란 품질에 미치는 영향. *한국가금학회지* 32(3):203-209.