

지렁이를 이용한 계분처리 그리고 지렁이를 이용한 계육 및 계란의 생산과 안전성에 관한 연구*

손 장 호**

The Study on Treatment of Poultry Waste by Earthworms, and the Effect of Feeding Earthworms Meal on the Performance of Broilers and Laying Hens, and Safety of Meat and Egg

Son, Jang Ho

This review was conducted to the study on treatment of poultry waste by earthworms, and the effect of feeding earthworms meal on the performance of broilers and laying hens, and safety of meat and egg.

1. The pro-environmental chicken house was building in Daegu National University of Education, Daegu city, chicken wastes will be turn into high quality compost by vermicomposting uses earthworms in the house.
2. The earthworm meal (EWM) has a high proteinic content and a balanced amino acid and fatty acid profile, therefore most feeding applications has been evaluated with mono-gastric animals.
3. The dietary supplementations of 0.2 to 0.4% EWM were effective in improve digestibility of crude protein of diet resulted improved broiler performance in broiler chickens.
4. The supplementing 0.2 to 0.6% of earthworm meal in the laying hens diet, improves the laying performance and egg quality, especially ratio of egg yolk n-6/n-3 fatty acids contents.
5. 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 and egg. therefore supplementing 0.6% of EWM in the chicken diet, it still did not affect meat and egg safety.
6. These results indicated that vermicomposting uses earthworms good a subject matter in the pro-environmental animal husbandry.

* 본 연구는 2007년도 대구교육대학교 학술연구비지원으로 수행된 연구임.

** 교신저자 : 대구교육대 실과교육과 교수(jhson@dnue.ac.kr)

Key words : *earthworm, pro-environmental chicken house, earthworm meal(EWM), chicken performance, safety products, pro-environmental animal husbandry*

I. 서 론

생활에 유용한 식품과 의류 등의 생산물이나 경제적 이득을 얻기 위해서 사육되는 모든 동물을 가축 또는 경제동물이라 칭한다. 2006년도 우리나라의 연간 농업 총생산량은 35조 원 정도, 이중 경제동물 유래 생산액은, 농업 총생산량의 약 1/3에 해당되는 12조원 정도로 우리나라의 농업경제 뿐만 아니라 우리의 삶을 윤택하게 해주는데 매우 중요한 역할을 하고 있다. 하지만 이러한 농축산 산업의 미래지향적인 발전은 환경보전의 틀 안에서 발전을 모색할 필요가 강조되어지고 있다. 2004년도부터 정부 주도로 시작된 친환경 축산직불제 사업의 주요 내용은 가축분뇨발생의 최소화 및 질병예방에 그 중심을 두고 있다. 또한 사람들이 육류를 섭취하는 가장 큰 이유는 고급단백질을 손쉽게 섭취하기 위함일 것이다(손장호, 2008). 그러나 국민 소득 수준의 증대는 이러한 육류의 안전성, 다양성 및 건강증진에 도움이 되는 부가적인 부분에 대한 관심도 동시에 높아지고 있는 현실은, 유기농업 및 유기축산에 대한 지속적인 부각과 발전을 요구하고 있다(김경량과 김석중, 2002; 김호와 허승욱, 2003; 조익환, 2003). 환경보전형 농업이란 농업활동과 환경을 조화시켜서 지속가능한 농업 활동을 말하는 것으로 위생, 환경 및 안전성에 중심을 둔 2007년도 농림부의 축산정책도 바로 환경농업 또는 친환경농업을 지향한 것으로도 해석 가능할 것이다(손장호, 2007).

앞으로 우리 농축산업이 환경보전형 또는 친환경 사업으로 위치를 확고히 다져간다면 WTO, FTA 및 DDA 등의 체제가 더 강화될 미래에도 경쟁력 있는 산업으로 남을 수 있다는 것은 작금의 국내외의 여러 가지 농업관련 사건들로부터 충분히 생각 할 수 있을 것이다. 지렁이를 활용한 가축분뇨 및 음식물쓰레기 등과 같은 유기성 폐기물 처리방법(vermicomposting)은 전세계적으로 활용되고 있으며, 경제적 측면에서도 타 처리 방법과 비교해서 유리한 것으로 보고되고 있다(이주삼, 1995; 조익환 등, 1996; 황보순 등, 2003; 황보순, 2005). 과거 우리나라에서는 생활 쓰레기 등과 같은 유기성 폐기물 처리 방법은 소각, 매몰 등의 방법이 일반적으로 활용되어 왔으나 환경적인 측면과 지속가능한 지구환경이라는 부분에서 많은 문제점이 나타나고 있는 실정이다. 하지만 지렁이를 활용한 이러한 유기성 폐기물의 처리 방법은 2차적인 환경오염이 없으며, 이 과정 중에 발생되어지는 부산물 또한 안전성이 높아 유기성 폐기물 재활용 방법 중 가장 친환경적인 방법으로 미래 지향적인 방법으로 평가되고 있다(이태복과 최훈근, 2002; 황보순, 2005). 더욱이 탁월한 식성을 자랑하는 지렁이는 하루 0.4g 정도의 먹이를 섭취하고 한 마리의 성체 지렁이가 연간 3,000~5,000마리의 번식이 가능하다(Edwards, 1994). 땅 속에는 여러 가지 생명체들이 살고 있지

만, 지렁이는 전세계 3,000여종(우리나라, 600여종)으로 땅속 어디에나 광범위로 분포한다. 무게로 계산하면 땅속 생명체의 70~80%를 차지할 것으로 추정되어진다(Stewart, 2004). 땅이, 또는 흙이 살아 있다는 것은 흙이 호흡하는 것이 아니라 땅속에 얼마나 많은 생명체들이 살아 있는가를 의미하는 것으로 땅속에 많은 지렁이가 생존한다는 것은 살아 호흡하는 흙을 대변하는 것이 될 수 있다(이완주, 2002).

본 연구에서는 지렁이를 이용한 계분의 처리 방법 및 이 과정에서 생산되는 지렁이를 이용한 육계(broiler)와 산란계(layer)의 생산성 및 생산된 계란의 안정성에 관한 내용들에 대해서 정리하였다.

II. 지렁이를 이용한 계분의 처리 방법 및 시설 (환경친화적인 계사)

1. 지렁이를 이용한 계분의 처리 방법

지렁이의 먹이 조건은 탄소와 질소(탄질비, C/N)의 비율이 매우 중요해서 일반적으로 지렁이의 먹이로 최적의 조건이 되는 유기성 폐기물 내 탄질비가 10/1 이하는 되어야 한다(황보순과 조익환, 2005; 황보순, 2005). 계분 중에는 질소함량이 1/4까지 차지하기 때문에(EL-Ashry et al., 1987; 손장호, 2003a) 생계분을 직접 지렁이에게 공급하는 것은 부적절하다고 할 수 있다. 따라서 계분의 지렁이 먹이화를 위한 노력, 즉, 계분 투입으로 인해서 변화될 탄질비를 적절하게 유지시킬 수 있는 준비 작업이 요구되어진다. 계분을 지렁이의 먹이로 활용하기 위해서 본 연구에서는 다음의 단계로 준비 작업이 이루어졌다.

- ① 지렁이의 양식장이 될 자리에 미리 왕겨를 바닥에 10cm 정도의 높이로 깐다.
- ② 왕겨위에 물을 뿌려서 지면에 물이 흘러나올 때 까지 충분히 뿌려준다.
- ③ 10일 정도 기간동안 매일 2회 정도 물을 충분히 뿌려준다.
- ④ 지렁이를 입식시킨다. 지렁이를 입식시킬 때에는 기존의 지렁이 상에 있는 지렁이와 분변토 등을 같이 입식시킨다. 이때의 비율은 왕겨 100kg에 분변토 등 지렁이 주변환경 무게 10kg과 순수 지렁이 1kg 정도 즉, 100:10:1의 비율정도가 되도록 조절한다.
- ⑤ 입식된 지렁이의 조기 정착을 돕기 위해서 왕겨부분이 건조되지 않을 정도의 양의 물을 1일 1~2회 정도 골고루 뿌려준다.
- ⑥ ⑤의 과정을 5일 정도 반복하면 왕겨와 지렁이의 분변토 등이 자연스럽게 혼합되면서 왕겨(지렁이 양식장의 기초)의 군데군데 분변토가 썩게 되고, 지렁이도 골고루 퍼지면서 지렁이가 새로운 환경에 적응한다.

- ⑦ 약 5일 이후에 왕겨의 균데균테를 열어보면 지렁이가 퍼져 정착하고 있는 것을 확인할 수 있다.
- ⑧ 지렁이의 양식장에 지렁이의 입식과 정착이 완료된 후, 계분을 공급한다.
- ⑨ 계분의 공급 방법은 한꺼번에 다량이 아니라, 일일 왕겨의 양에 20% 이하가 되도록 하는 것이 바람직하다.

이러한 방법에 기초하여서 Fig. 1과 같은 지렁이를 이용한 친환경계사를 만들 수 있다.

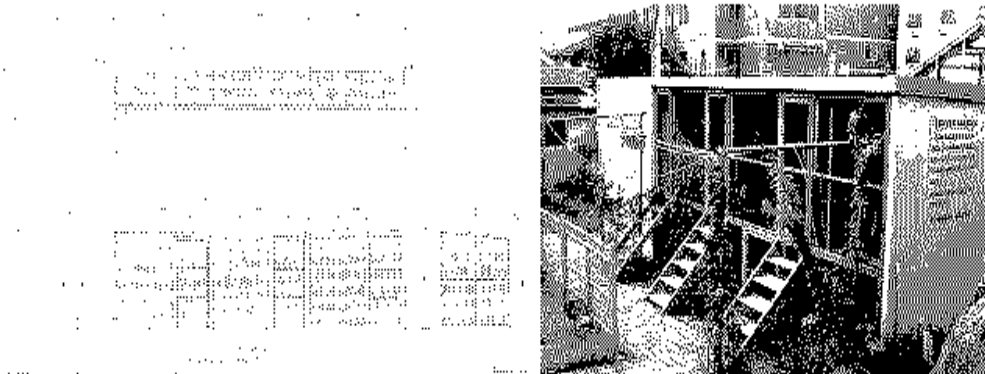


Fig. 1. The design drawing and a building of pro-environmental chicken house In Daegu National University of Education, Daegu city.

2. 시설(환경친화적인 계사)

대구교육대학교 내(대구광역시 남구 대명동), 실과교육과 실습장으로 활용되는 조류사육장과 지렁이 양식장(Fig. 1)은 동물관리의 효율성과 친환경성을 고려하여서 2층으로 건물을 지은 후, 위층에는 닭들이 생활하고, 아래층에는 지렁이가 양식되어지고 있다. 지렁이는 위에서 떨어지는 계분을 먹이로 하여 성장하고, 이 시설을 통해서 지렁이가 계분을 먹고 만들어내는 분변토는 식물용 퇴비로 활용되고 있다. 도심 한가운데 위치한 대구교육대학교의 위치상 닭의 배설물로 인한 악취 및 악취로 인한 닭에 대한 혐오감을 가질 수 있는 가능성을 지렁이가 완벽하게 제거하고 있으며, 지렁이 관리는 닭사로 급여시 주 1~2회 위층 바닥에 물을 뿌려 주는 것(바닥 청소)으로 대신한다.

Table 1은 친환경 계사를 만든 후, 친환경 계사의 바닥에서 측정된 악취의 대표적인 파라미터가 되는 Ammonia, H₂S 및 VFA 등을 측정한 결과를 제시하였다.

측정은 매월 1~2회에 걸쳐서 가스포집기(Gastec GV-100s, Japan)을 이용해서 친환경계사의 바닥, 즉 지렁이 양식장 30cm 정도의 높이에서 오전(9:00~10:00), 정오(13:00~14:00) 및 저녁(17:00~18:00)의 3회 측정한 값에 대한 평균치와 평균오차를 나타내었다. 측정당시의

친환경계사에 수용된 닭의 수는 정계기준으로 20 ± 3 수였다(kg/m^2). 1년간의 측정기록을 종합하면, Ammonia는 6, 7 및 8월에 3.20~5.20ppm과, 11, 12, 1 및 2월에 1.0~4.9ppm 정도가 검출되었으며, 같은 기간 VFA도 평균 0.1ppm 정도가 검출되었다. 그러나 그 외 기간에는 Ammonia와 VFA는 검출되지 않았다. 뿐만 아니라 황화수소가스(H_2S)는 연중 어느 시기에 도 검출되지 않았다. 이러한 수치는 닭에 있어서 25ppm 이하의 Ammonia 농도는 사람과 닭의 생활환경에 나쁜 영향을 미치지 않는다는 이전의 보고(McKeegan et al., 2000)보다 낮다.

Table 1. Ammonia, hydrogen sulfide and VFA gas emission from pro-environmental chicken house with earth worm

	NH_3 (ppm)	H_2S (ppm)	VFA (%)
0 day (March)	ND ¹	ND	ND
30 day (April)	ND	ND	ND
60 day (May)	ND	ND	ND
90 day (June)	5.20 ± 0.15	ND	0.01 ± 0.01
120 day (July)	4.70 ± 0.15	ND	0.01 ± 0.01
150 day (August)	3.20 ± 0.25	ND	0.01 ± 0.00
180 day (September)	ND	ND	ND
210 (October)	ND	ND	ND
240 (November)	1.00 ± 0.05	ND	ND
270 (December)	4.90 ± 0.35	ND	0.01 ± 0.00
300 (January)	4.60 ± 0.25	ND	0.01 ± 0.01
330 (February)	4.40 ± 0.20	ND	0.02 ± 0.01

Values are means of three times (\pm SEM) at day for measurement.

1. Not detected.

가축의 생산과정에서 발생되어지는 악취문제는 사육되어지는 가축에 대한 혐오감을 느끼게 할 수 있는 요인 중의 하나이지만, Fig. 1에서 제시한 친환경 계사에서는 이러한 악취에 대한 부담이 없다는 것이 본 연구를 통해서 알 수 있었다. Table 1에서 나타낸 Ammonia 및 VFA의 함량은 환경기준에 준해서 위해한 기준이 아님을 알 수 있으며, 한편 소량의 Ammonia와 VFA가 여름 및 겨울 동안에 검출된 것은 여름철 고온 및 장마시기로 공기의 이동이 상대적으로 적은 계절과 고온기 및 저온기에는 지렁이의 휴면기(Edwards, 1994)가 영향을 미친 결과로 해석될 수 있을 것이다. Stewart(2004)는 지렁이 분변토의 구조상 악취

저감효과 가능성을 시사하였다. 본 연구의 결과는 지렁이로 인한 계분의 처리 및 이 과정에서 생산되어지는 분변토가 동시에 악취방지에 유효하게 효과를 미쳤다고 생각되어진다.

Ⅲ. 지렁이분말(EWM)의 급여로 인한 육계(broiler) 및 산란계(layer)의 생산성에 관한 연구

최근 미국산 쇠고기로 인한 광우병에 대한 불안감 또는 세계 각국에서 산발적으로 발생되는 조류독감 등의 발병 등, 육류 먹을거리에 대한 불안감의 증가에도 불구하고 육류의 소비량이 증가하는 주요 이유는 인간이 살아가는데 꼭 필요한 단백질 특히, 단백질을 구성하는 아미노산 등의 조성이 육류단백질에서 균형이 잡혀있으며, 사람이 섭취를 위한 경제적인 면, 편리성 등이 높기 때문이다. 일부에서는 이러한 육류 유래의 위험성을 사전에 제거하기 위해서 채식위주의 생활을 이야기하지만 이러한 채식위주의 생활 방식은 필수 아미노산의 균형적인 섭취 등을 위한 노력이 상대적으로 매우 많이 요구되어진다는 것을 알 수 있다(손장호, 2008). 한편 육류단백질을 생산하는 과정에서 경제적으로 가장 힘든 부분이 이러한 동물들에게 질 좋은 사료단백질의 지속적이고 안정적인 공급일 것이다. 종래 지렁이의 강한 번식력(Edwards, 1994), 지렁이의 몸을 유지하는 양질의 단백질(Hilton, 1983; Latsamy, 2007) 등으로 인해서 양어 및 양계용의 사료자원으로 이용 가능성이 많이 연구되어서 지렁이의 사료원으로서의 가능성이 강하게 인지되어왔다. 특히 양어 및 양계사료에서 주로 단백질원으로 이용되는 어분(fishmeal)의 대용으로 가능성이 검증된 연구에서는 어분(fish meal)의 동일량을 지렁이 분말(earthworm meal)로 대체하였을 때 어분 급여시보다 높은 사료효율이 보고되었으며, 이는 지렁이 몸체를 구성하는 단백질의 높은 생물가 및 균형 잡힌 아미노산의 함량, 특히 동물의 세포성장에 매우 중요한 lysine과 조화를 이루는 methionine, cysteine, phenylalanine 및 tyrosine의 균형 및 사료의 기호성을 증진시키는 glutamin 등이 지렁이 단백질의 장점으로 보고되었으며(손장호, 2004), 그 외 고급지방산(long chain fatty acids) 및 풍부한 미네랄 함량(Yaqub, 2008)은 타 사료 단백질원보다 높게 평가되는 이유 중의 하나이다. 따라서 치어 및 병아리의 초기성장에 매우 유익할 가능성이 높음이 시사되었다(Yaqub, 2008). 또한 말(horses), 개(dogs), 고양이(cats) 및 토끼(chinchillas) 등의 단위 동물을 이용한 건조 지렁이분말(earthworm powder)의 효과는 소수의 논문이지만 이미 연구 보고 되었다(McInroy, 1971; Antonello, 2007). 이중 체중 400kg의 말(horses)을 이용한 지렁이 분말의 첨가는 일일 3g의 지렁이 분말의 급여, 즉 일일 사료 요구량의 0.1~0.2%에 해당하는 량의 지렁이 분말의 급여로 말(horses)의 근육량의 유의한 증가 등이 보고되어서 일일 사료 섭취량 중 매우 적은량의 지렁이분말의 첨가도 유의한 효과가 있을 가능성이 있음을 시사하였다. 따라서 본 연구에서는 경제성 등을 고려하여서 상대적으로 성장 속도 및 사료의

변화에 따른 생산성을 보다 쉽게 평가할 수 있는 육계(broiler) 및 산란계(layer)를 이용한 지렁이분말(earthworm meal; EWM)의 사료첨가에 필요한 최소량의 규명 및 생산성을 검증하기로 하였다.

1. 지렁이의 일반성분 분석(양계 사료원으로서의 가능성) 및 비교

Table 2는 지렁이 몸체의 화학조성 및 지렁이 몸의 아미노산 조성에 대해서 분석한 결과를 나타내었다. 지렁이의 몸체는 대략 2/3가 수분으로 구성되어 있음을 알 수 있었으며, 건물기준으로 단백질이 62.7%, 조지방함량 16.0% 그리고 조회분함량이 14.8%로 나타났다. 이 중 단백질을 구성하는 아미노산의 조성은 균형이 잘 잡혀 있었으며, 특히 필수아미노산의 함량이 높으며 이 중, 양계사료에서 특히 중요한 lysine, methionine, cysteine, phenylalanine 및 tyrosine의 균형 및 사료의 기호성을 증진시키는 glutamin의 함량이 상대적으로 높게 검출되었다. 뿐만 아니라 건물 기준 14.8%에 해당되는 미네랄의 함량은 양계사료로서의 강점을 가질 수 있을 가능성을 시사하였다. 이러한 지렁이 몸체를 구성하는 성분의 분석 결과는 이전의 Latsamy(2007) 및 Yaqub(2008)의 보고와도 유사한 결과를 나타내서, 지렁이의 사육 환경 즉, 지렁이의 먹이에 따른 지렁이 채색의 변화(Antonello, 2007)의 가능성에도 불구하고 몸체를 구성하는 주성분의 유의한 차이는 없을 가능성도 생각되어진다.

Table 2. Chemical composition and amino acids contents of earthworm meal

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

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

2. 지렁이분말(EWM)의 첨가가 육계(broiler)의 생산성에 미치는 영향

본 연구에서는 7일령의 육계 Arbor Acre Broiler 무감별추 120수를 3개 처리구에 4반복으로 공시하였다. 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 3,270kcal/kg 수준의 사료를 급여하였다. 시험구는 대조구, 처리구 1(EWM 0.2% 첨가) 및 처리구 2(EWM 0.4% 첨가)로 구분하여 각각의 처리구당 30수씩 배치하였다.

Table 3. Effect of feeding EWM on performance in broiler chickens

Item	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (g)	Feed intake (g)	Feed / Gain	Mortality (%)
(2 nd ~ 3 rd week)						
Control	177.1	828.7a	651.6b	977.4b	1.50	0.01
0.2	171.2	865.9ab	694.7ab	1,055.9ab	1.52	0.01
0.4	170.7	887.4b	716.7a	1,096.6a	1.53	0.01
SEM	11.2	28.7	22.3	37.9	0.03	0.01
(4 th ~ 7 th week)						
Control	828.7a	2,211.9a	1,383.2c	3,170.3c	2.29	0.03
0.2	865.9ab	2,332.8ab	1,466.9b	3,367.2b	2.29	0.02
0.4	887.4b	2,506.2b	1,618.8a	3,555.7a	2.20	0.02
SEM	28.7	67.7	31.9	35.3	0.06	0.01
(2 nd ~ 7 th week)						
Control	177.1	2,211.9	2,063.8c	4,147.7c	2.01	0.04
0.2	171.2	2,332.8	2,191.6b	4,423.1b	2.02	0.03
0.4	170.7	2,506.2	2,365.5a	4,652.3a	1.97	0.03
SEM	11.2	54.9	52.4	62.4	0.04	0.01

Values are means, a, b, c ; P < 0.05.

(손장호와 조익환, 2003)

본 연구는 지렁이 분말의 첨가가 육계의 성장 및 사료 중 영양소 이용률에 미치는 영향을 조사하기 위해서 실시되었다.

Table 3은 지렁이 분말 0.2 및 0.4%의 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향에 대해서 조

사한 결과이다. 육계 초기 및 후기사료 급여 모두, 증체중 및 사료섭취량은 0.4% 지렁이 분말 처리구가 대조구 및 0.2% 처리구보다 유의하게 증가하였다($P < 0.05$). 처리구간에 사료 요구율과 도태율은 유의한 차이가 인정되지 않았다.

Table 4. Efficiency of nutrient utilization of diet by feeding EWM

Items	Control	Treatment		SEM
		0.2	0.4	
Starter diet				
Dry matter	72.37	73.44	73.31	1.31
Crude protein	64.34b	67.36ab	72.26a	2.73
Crude fat	86.48	88.46	89.69	2.47
Crude ash	31.44	32.26	34.51	1.70
Finisher diet				
Dry matter	71.06	72.70	72.72	1.52
Crude protein	61.79b	63.47b	69.09a	1.01
Crude fat	80.27	81.14	83.92	1.28
Crude ash	40.32	41.65	42.37	2.00

a, b ; $P < 0.05$.

(손장호와 조익환, 2003)

Table 4는 지렁이 분말의 첨가 급여가 사료중의 영양소 이용률에 미치는 영향에 대해서 조사한 결과이다. 육계 초기 및 후기 사료급여 모두 처리구간에 사료의 건물소화율의 차이는 인정되지 않았다. 그러나 사료중 조지방과 조회분 소화율은 지렁이 분말 섭취에 의해서 증가하는 경향이 인정되었다. 지렁이 분말 0.4% 첨가구에서의 사료 중 조단백질 소화율은 지렁이 분말 0%(대조구) 또는 0.2% 첨가구보다 유의하게 개선되었다($P < 0.05$).

결론적으로 육계사료에 0.4%의 지렁이 분말을 첨가한 사료급여는 사료중의 조단백질 이용률을 유효하게 개선시켜서($P < 0.05$), 성장을 유효하게 개선시킬 가능성이 인정되었다.

3. 지렁이분말(EWM)의 첨가가 산란계(layer)의 생산성에 미치는 영향

본 연구에서는 55주령의 갈색 산란계(Hy-Line) 360수를 3개 시험구에 4반복으로 5주 동안 공시하였다. 기초사료는 옥수수-대두박 위주 조단백질 16.0%, ME 2,800kcal/kg 사료를 급여하였다. 시험구는 대조구, 처리구 1(EWM 0.3% 첨가) 및 처리구 2(EWM 0.6% 첨가)로 구분하여 각각의 처리구당 120수씩 배치하였다.

Table 5. 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

Values are means.

(손장호, 2003b)

Table 5는 산란율과 난중, 1일 산란량, 사료섭취량 및 사료효율을 5주간의 시험기간 동안 매주 간격으로 나타내었다. 55~60주령까지(총 5주간)의 산란율은 통계적인 유의성은 인정되지 않았지만, 0.3% 및 0.6%의 EWM 첨가구 모두 대조구보다 증가되는 경향이 인정되었지만, 처리구간에는 차이가 인정되지 않았다. 손장호(2003b)는 55~60주령까지(총 5주간)의 산란계에 지령이 분말 0.2% 첨가에 따른 산란율의 증가를, 또한 73주령의 환후직후의 산란

노계의 빠른 체력회복에 0.2%의 지렁이 분말급여가 효과가 있을 가능성을 보고하였다(손장호, 2004). 뿐만 아니라 메추리사료에 0.5%의 지렁이 분말의 첨가는 어분 6%첨가한 처리구보다 높은 산란율과 난중의 증가도 보고 되어있다(김건상, 2001). 더욱이 초식동물인 토끼의 사료단백질원으로 지렁이분말의 대체 가능성도 보고되었다(Orozco Almanza et al., 1988). 이처럼 지렁이 유래 단백질은 아미노산 균형이 좋고 생물이 또한 좋아서(Sabine, 1988; Latsamy, 2007) 동물체내의 소화율 개선에도 효과가 있음을 지렁이 사료화 연구결과들을 통해서 알 수 있다. 5주간의 전 시험기간을 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 증가 및 사료중의 단백질 소화율 증가로 인한 생산성의 증대 이유를, 지렁이유래 단백질의 구성성분 중 높은 glutamate(Table 2) 및 사료의 소화율 증진효과(Orozco Almanza et al., 1988) 때문일 것으로 추정하였다. 본 연구에서도 총 5주간의 시험기간 동안 EMW 첨가에 따른 사료섭취량은 시험개시 2, 3 및 4주째에, 사료효율은 전기간에 통계적인 유의차는 인정되지 않았지만, 증가 또는 개선되는 경향이 인정되었다.

IV. 지렁이분말(EWM)의 첨가로 생산된 계란의 성분 및 계육과 계란의 안전성에 미치는 영향

먹을거리에 대한 패러다임은 시대가 변함에 따라서 변화해 21세기는 기능성 식품이 키워드로 작용할 것이라는 보고도 있듯이 포만감, 영양적인 충족을 넘어서 생체기능조절 등의 기능으로 현대사회에서는 식품과 의약품이 불분명해지는 현상이 심화되어지고 있다(손장호, 2008). 뿐만 아니라 오늘날 종자개발에서부터 이용되어지는 유전공학, 수확량을 늘리기 위해서 사용되어지는 비료와 농약, 제한된 공간에서 키워지는 동물 생산과정에서 이용될 수 있는 특정 사료첨가제 등, 독립된 공간에서 생산되어지는 여러 가공식품의 생산과정 복잡한 식품유통과정 등 소비자에게 불신과 불안을 안겨줄 수도 있는 먹을거리유래 생산 공정 중 어느 한곳에서라도 문제가 발생하면 먹을거리에 대한 총체적인 불신으로 이어질 가능성을 가지는 현실에서 지렁이분말(EWM)을 이용해서 생산된 계육과 계란의 안전성의 검토는 매우 중요한 부분임에 틀림없다. 특히 본 연구에 이용된 지렁이의 서식지 및 지렁이의 먹이는 계사 바닥의 토양과 계분이다. 일반적으로 지렁이는 일일 자기 체중정도의 먹

이를 섭취하고 소화시킨 후 분변토로 배출하는 소화 형태를 가지는 동물로, 본 연구에 이용한 지렁이는 계사바닥의 흙과 계분을 이용하여서 생산된 지렁이이다. 뿐만 아니라 이러한 지렁이의 소화 형태로 인해서 지렁이는 먹이의 상태에 따라서 몸의 색깔 및 형태를 달리하며(Antonello, 2007) 비록 먹이 중에 미량으로 포함될 수 있는 중금속일지라도 지렁이의 몸 중에 다량으로 축적될 가능성이 높다(Scheuhammer, 2003).

본 연구는 지렁이분말(EWM)을 이용하여서 생산된 계란(난황)의 지방산조성 및 계육과 계란의 중금속분석을 통하여서 이들의 안전성을 규명하고자 하였다.

본 연구에서는 55주령의 갈색 산란계(Hy-Line) 360수를 3개 시험구에 4반복으로 5주 동안 공시하였다(Table 6의 자료는 70주령의 산란계, 90수 공시하여 처리구는 0.2%의 EWM을 첨가한 결과임). 기초사료는 옥수수-대두박 위주 조단백질 16.0%, ME 2,800kcal/kg 사료를 급여하였다. 시험구는 대조구, 지렁이 분말 0.3% 및 0.6% 첨가 급여로 구분하여 각각의 처리구당 120수씩 배치하였다.

Table 6. Effect of dietary supplemental EWM on the fatty acid composition of egg yolk

Fatty acid	0.0%	0.2%	SEM	t-test
C14:0	0.31	0.30	0.30	NS ¹
C16:0	20.19	22.91	2.01	NS
C16:1	5.70	4.98	0.41	NS
C18:0	8.31	7.27	0.45	NS
C18:1	42.41	25.33	5.78	*
C18:2(n-6)	15.20	25.46	2.00	*
C18:3(n-3)	0.22	3.18	0.59	*
C20:3	4.56	3.99	1.00	NS
C22:1	0.01	ND ²	0.01	NS
C22:5(n-3)	0.01	ND	0.01	NS
C22:6(n-3)	1.36	4.01	1.77	*
Total	98.28	97.43	0.89	NS
USFA ³	69.47	66.95	0.73	NS
SFA ⁴	28.81	30.48	0.54	NS
USFA/SFA	2.41	2.20	0.07	NS
n-6/n-3	9.56	3.54	0.47	*

Values are means of 5 egg yolks.

(손장호, 2004)

¹ NS : Not significant, ² ND : Not detected.

³ USFA: Unsaturated fatty acid, ⁴ SFA: Saturated fatty acid.

* P < 0.05.

Table 6은 EWM 0.2% 첨가한 사료를 섭취한 후 생산된 계란의 난황중의 지방산 조성을 나타내었다. EWM 0.2% 첨가에 의해서 난황중에 18:1이 유의하게 감소하였지만(P<0.05), 반대로 18:2 및 18:3은 유의하게 증가하였다(P<0.05). 한편 EWM 0.2%의 첨가로 인해서 난황중에 DHA(22:6) 비율이 유의하게 증가하였다(P<0.05). 그러나 난황 중에 포화지방산의 비율 및 불포화지방산의 비율은 처리구간에 차이는 인정되지 않았다. FAO와 WHO에서 권장하는 육류에서 가장 이상적인 지방산 조성은 n-6/n-3의 비가 10:1~5:1로 규정되었으며, 모유에서도 4:1~10:1로 규정되어 있다(Hirata et al., 1985; 이양자, 1994). 본 연구에서 0.2%의 EWM의 첨가로 난황중의 n-6/n-3의 비가 약 4:1 정도로 대조구 및 일반적인 계란중의 10:1 (박구부 등, 1997)보다 낮았다. 이는 지렁이 몸체를 구성하는 고급지방산 및 풍부한 미네랄 함량(Yqub, 2008)에 의한 결과로 18:3 및 22:6 지방산의 증가되었다고 추측가능하다. 결론적으로 산란계 사료에 EWM 0.2%의 첨가는 산란율 및 난황중 n-6/n-3 비율을 개선시킬 가능성이 인정되었다.

Table 7. Effect of dietary EWM on physical contents and egg quality

Traits	0.0	0.3	0.6	SEM
The physical contents				
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
The egg quality				
egg shell thickness(μm)	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

Values are means.

(손장호, 2006)

Table 7은 EWM의 첨가에 따른 계란 중의 물리적 성상 및 계란의 질을 비교하여 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(대한 양계협회, 2005). 계란의 물리적 조성은 EWM의 첨가에 따라 유의한 차이는 인정되지 않았다.

계란의 품질은 계란의 소비를 결정하는 중요한 요인이 되며, 식품으로써의 가치를 증진 시키는데도 매우 중요하다(Lesson과 Summers, 1991), 산란계 사료에 EWM 0.3~0.6% 첨가는

난각의 강도, 두께, 색 및 난황색을 개선시키는 것이 Table 6을 통해서 생각되어진다. 이 또한 지렁이 몸체를 구성하는 풍부한 미네랄 및 고급지방산이 영향을 미친 결과로 생각되어진다(Yaqub, 2007). 그러나 EWM의 첨가 및 첨가량의 증가에 따라서 난백고(egg white height)는 감소되는 경향이 인정되었다. 한편 Table 8과 Fig. 2에서 나타낸 EWM의 첨가에 따른 HUs의 값은 EWM의 첨가에 따라서 산란 직후1일째에는 차이가 인정되지 않았지만, 산란 후 시간이 증가할수록 HUs 값은 EWM 첨가구가 대조구에 비해서 빠른 감소 경향을 나타내어서 EWM의 첨가는 계란의 신선도 또는 보관성을 낮게 할 가능성도 생각되어진다. 또한 EWM의 첨가에 따른 난백고의 감소와 HUs 값의 빠른 저하는 관련성이 있을 가능성도 충분히 생각되어지지만, 아직 이 분야에 대한 구체적인 관련성과 관련되는 추가적인 연구개발이 요구되어진다.

Table 8. 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

Values are means.

(손장호, 2006)

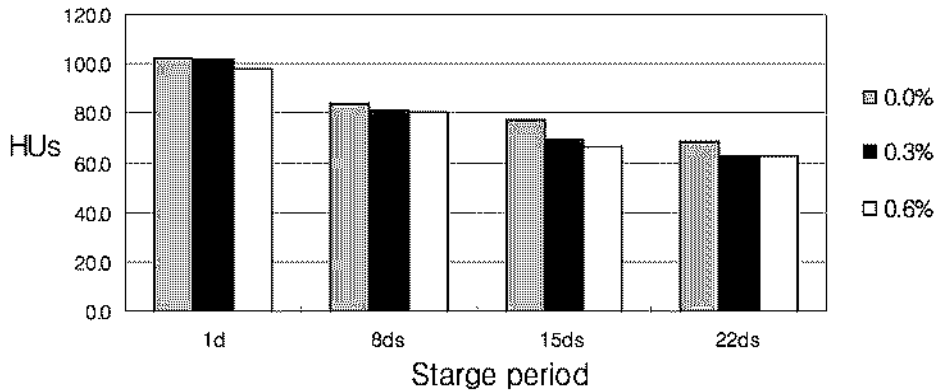


Fig. 2. Effect of storage period on haugh units(HU) change of egg fed a EWM powder supplemental diet(손장호, 2006).

Table 9. Heavy metal concentrations of EWM and egg

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

Values are means.

(손장호, 2006)

Table 10. 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	ND
	0.4%	ND	ND	ND	ND	ND
	0.6%	ND	ND	ND	ND	ND
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

Values are means.

Table 9와 10은 사료중 EWM 을 0.3~0.6% 첨가 급여로 통상 지렁이의 몸체중에 검출되는 유해중금속이 계란과 계육 중에 검출 여부를 조사한 결과이다.

황보순과 조익환(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, 13.25 ppm이 검출되었다고 보고하였다. 가축이 어떠한 곳에서 생산된 사료를 섭취하였는지 지렁이가 어떤 환경에 노출되었는지에 따라서 중금속의 검출 결과는 달라질 수 있지만, 토양 중 유기물 또는 유기성폐기물의 최종 소비자인 지렁이의 몸 중에는 중금속이 축적되어질 가능성은 여러 연구결과들을 통해서 높다고 생각되어진다. 지렁이가 생존하는 토양속의 pb 함량이 19ppm일 경우 지렁이의 몸 중에는 Pb의 함량이 최고 865ppm까지 축적되어진다는 조사보고(Scheuhammer et al., 2003)와 이러한 오염된 토양 환경에 지렁이를 주식으로 장기간 생활하는 도요새(Woodcock)의 장기에서 중금속이 축적될 가능성도 보고되었다(Carpene et al., 2005). 특히 지렁이를 주식으로 하는 야생의 조류(Woodcock)의 경우, Cd은 신장에, Cu 및 Fe는 간장에 주로 축적이 되며(Carpene et al., 2005), Pb는 뼈중에 많이 축적된다(Scheuhammer 등, 2003)는 보고가 있으며, 축적되어지는 중금속의 양은 지렁이의 먹이 환경 중의 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 않았다고 하였으며 본 보고에서도, 시험에 이용된 지렁이분말(EWM)중 AS, Cd, Cr 및 Pb가 각각 4.41, 1.23, 1.18 및 3.39 ppm이 검출되었지만(Table 9), 지렁이분말 0.4~0.6%를 5~6주간 급여한 산란계의 계란(Table 9) 및 육계의 가슴육과 대퇴육(Table 10)에서는 위에서 제시한 4가지 유해 중금속은 검출되지 않았다. 그러나 육계의 신장 및 간장에서는 일정한 경향을 가진 결과는 아니지만 지렁이분말(EWM)의 6주간의 급여로 인해서 소량의 중금속이 검출되었다(Table 10).

결론적으로 본 연구의 결과는 육계 및 산란계의 사육에서의 사료 중에 0.4~0.6%의 지렁이분말(EWM)의 첨가는 계육과 계란에 유해 중금속이 축적되지 않아서 일정량의 EWM을 먹고 생산된 계란 및 계육은 중금속에 안전할 가능성이 있음을 시사하였다.

결론적으로 농업 활동 그 자체가 자연환경에 변화를 가하여서 인간을 위한 유익한 에너지를 생산한다는 차원에서 반 환경적인 활동이라고 할 수 있다. 그러나 전통적인 농업활동은 자연의 섭리와 환경을 생각하는 환경과 공생하는 자연스러운 활동이었으나, 인구의 증가와 더불어서 농업생산력의 증대는 반 환경적인 색깔이 너무나 강하게 나타나기 시작하였다. 온전한 농업환경이 유지되지 않고는 우리의 건강과 미래를 보장받을 수 없다는 당위성을 생각한다면 환경보존형 농업이 실천, 지속되어야한다는 것은 지극히 당연한 사실이다. 환경보존형 농업에 지렁이를 활용하는 것이 한 방법임에 틀림없다. 본 고에서는 지렁이를 이용한 가축분의 이용, 이를 통해서 생산된 지렁이를 양계용 사료원으로 하는 실증 실험을 통해서 환경보존형 축산(친환경 축산)에서 지렁이의 활용 가능성을 제시하였다. 좀 더 수준 높은 연구가 연속적으로 이루어져서 우리나라의 환경보존형 농업(친환경 축산)에 지렁이의 활용이 큰 대안으로 자리매김하기를 기대한다.

21세기는 표준화되고 시각적으로 화려한 농축산물보다는 친환경적이면서 부가가치가 높은 농축산물이 선호되는 시대임에 틀림없다. 생산자와 소비자가 동시에 만족할 수 있는 지속가능한 농업은 환경보존형 농업을 인식하여야하며, 농업이 왜 생명 산업인지는 환경보존형 농업에서 그 해답을 찾을 수 있을 것이다.

V. 적 요

본 논문은 지렁이를 이용한 계분처리 그리고 지렁이를 이용한 계육 및 계란의 생산과 안전성에 관한 연구에 대해서 정리하였다.

1. 대구교육대학교 내 지렁이가 계분을 양질의 물질로 전환시키는 친환경 계사가 만들어졌다.
2. 높은 단백질 함량과 균형 잡힌 아미노산 및 양질의 지방산을 포함하는 지렁이 분말은 단위동물의 사료원으로 최상이다.
3. 육계의 사료 중 0.2~0.4%의 지렁이 분말의 첨가는 사료 중 단백질 소화율을 개선시켜서 생산성을 증가시켰다.
4. 산란계에서의 지렁이 분말 0.2~0.6% 첨가는 산란성적을 개선시켰으며, 계란의 질 특히 난황중의 n-6/n-3의 균형을 개선시켰다.
5. 지렁이 분말 중에 As, Cd, Cr, Hg 및 Pb 등의 중금속이 소량 검출되었으나 이 지렁이 분말을 사료첨가제로 먹고 생산된 계육과 계란에서는 상기에 제시한 중금속이 검출되지 않았다. 그러므로 지렁이 분말을 첨가제로 생산된 계육과 계란은 중금속의 축적에서 안전하다고 할 수 있다.
6. 본 연구에서는 지렁이는 친환경 축산에도 매우 중요한 소재로 활용가능하다는 것을 시사하였다.

[논문접수일 : 2008. 11. 13. 논문수정일 : 2009. 1. 4. 최종논문접수일 : 2009. 2. 10.]

참 고 문 헌

1. 김건상. 2001. 중국에서의 지렁이 산업 현장과 발전현황. 제3회 지렁이를 이용한 폐기물 처리와 환경보존 국제 심포지움. 순천대학교.
2. 김경량·김석중. 2002. 세계유기축산의 동향과 전망. 농업경영·정책연구지 29(1): 153-

- 171.
3. 김호·허승욱. 2003. 친환경농산물의 소비실태에 대한 조사 연구. 한국유기농업학회 2003년도 하반기 학술대회. 1-24.
 4. 대한양계협회. 2005. 50g의 완전식품 달걀 그 신비를 밝힌다. 대한양계협회출판.
 5. 박구부·김진형·김진상·진상근·신태순·이정일·박태선·성필남. 1997. 올리브기름, 카놀라기름 및 정어리기름의 급여가 계란의 지방산조성 및 콜레스테롤 함량에 미치는 영향. 한국가금학회지 24(3): 145-151.
 6. 손장호. 2003a. 생계분을 이용한 미꾸라지 양식에 관하여. 한국유기농업학회지 13(1): 113-122.
 7. 손장호. 2003b. 지렁이 분말의 급여가 산란계의 생산성 및 난황의 지방산 조성에 미치는 영향. 한국가금학회지 30(3): 161-167.
 8. 손장호·조익환. 2003. 사료 내 지렁이 분말의 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향. 한국유기농업학회지 11(2): 79-89.
 9. 손장호. 2004. 지렁이 분말의 급여가 강제환우시킨 산란노계의 생산성에 미치는 영향. 한국유기농업학회지 12(2): 171-181.
 10. 손장호. 2006. 지렁이 분말의 급여가 계란의 품질 및 산란계의 생산성에 미치는 영향. 한국가금학회지 33(1): 41-47.
 11. 손장호. 2007. 환경보존형 농업에서의 지렁이 활용. 경상북도 농민사관학교 강의자료. 대구대학교 출판.
 12. 손장호. 2008. 동물과 함께하는 생활. 농업과학과 교육. 교육과학사 출판.
 13. 이양자. 1994. 유지영양의 문제점과 개선방향. 식품과학과 산업. 한국식품과학회지 23(2): 13-30.
 14. 이완주. 2002. 흙을 알아야 농사가 산다. 도서출판 들녘 출판.
 15. 이주삼. 1995. Vermicomposting에 의한 우분의 처리-먹이의 탄질율과 사육밀도가 지렁이의 생육과 분립의 생산에 미치는 영향. 축산시설환경학회지 1(1): 65-75.
 16. 이태복·최훈근. 2002. 지렁이사육상 자동화장치개발 및 활용. 한국유기성폐자원학회 춘계학술대회 143-150.
 17. 조익환·이주삼·전하준. 1996. Vermicomposting에 의한 유기성 폐기물의 처리. 한국유기농업학회지 5(1): 125-135.
 18. 조익환. 2003. 지역별 순환농업의 유형에 관한 연구. 한국유기농업학회지 11(3): 91-108.
 19. 황보순·조익환·손장호. 2003. 돈분의 퇴비화 과정 중 이화학적 성상 변화가 지렁이 생존에 미치는 영향. 한국유기농업학회 2003년도 하반기 학술발표대회 89-102.
 20. 황보순·조익환. 2005. 우분에 톱밥 혼합 수준이 지렁이의 생육과 분립생산에 미치는 영향. 한국유기농업학회지 13(4): 423-433.

21. 황보순. 2005. 가축분의 vermicomposting에 관한 연구. 대구대학교 박사학위논문.
22. Antonello, S. D. 2007. *Frontiers in ecology research NOVA Printed*, NOVA Science.
23. Carpena, E., G. Andreani, M. Monari, G. Castellani and D. Isani. 2005. Distribution of Cd, Zn, Cu and Fe among selected tissues of the earthworm (*Alolobophora caliginosa*) and Eurasian woodcock(*Scolopax paxrusticola*). *Sci total Environ* 348(8): 267-277.
24. Edwards, C. A. 1994. Earthworm ecology. *International Symposium on Earthworm Ecology* 5th columbus, Ohio.
25. EL-Ashry, M. A., H. M. Khattab, A. EL-Serafy, H. Soliman and S. M. Elmoula. 1987. Nutritive value of poultry wastes for sheep. *Biological wastes*, 19: 287-299.
26. Hilton, J. W. 1983. Potential of freeze-dried worm meal as a replacement for fish meal in trout diet formulations. *Aquaculture* 32: 277-283.
27. Hirata, A., M. Nishino, T. Kimura and Y. Ohtake. 1985. Effects of dietary fat on fatty acid composition of egg yolk lipids and functional properties of eggs (Japanese). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 32(12): 892-898.
28. Latsamy, P. 2007. Fly larvae, earthworms and duckweed as feeds for frogs in an integrated farming system. Master thesis, Swedish University of Agricultural Science.
29. Leeson, S. T. and J. D. Summers. 1991. Commercial poultry nutrition. Canada NIH 6N8. 77-148.
30. Mckeegan, D., J. McIntyre, T. Demmers, C. Wathes and R. Jones. 2000. Behavioural responses of broiler chickens during active exposure to gaseous stimulation. *Applied Animal Behaviour* 99(3-4): 271-286.
31. McInroy, D. M. 1971. Evaluation of the earthworm 'Eisenia foerida' as food for man and domestic animals. *Feedstuffs* 20th, pp. 36-47.
32. 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.
33. Pepler, H. J. 1982. Yeast extracts. In : Rose, AH ed *Fermented Foods*. Academic Press London PP 293.
34. Sabine, J. R. 1988. Earthworms as animal feed. SPB. Academic Publishing. The Hague, The Netherlands.
35. 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.
36. Stewart, A. 2004. *The earth move: on the remarkable achievement of earthworms*. Chapel

Hill, NC; Algonquin books.

37. 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.
38. Yaqub, H. B. 2008. Earthworm ad maggot meals as a potential fish meal replacement. *Livestock Research for rural development* 20(supplent): 1-10.