

지렁이 분말의 급여가 강제환우시킨 산란노계의 생산성에 미치는 영향

손 장 호*

Effects of Feeding Earth Worm Meal on the Performance of Spent Laying Hens after Induced Molting

Son, Jang-Ho

A study was conducted to investigate the effect of supplementing earthworm meal (EWM) on the performance of spent laying hens after induced molting, and fatty acid composition in egg yolks. A total of 90 laying hens at 73 weeks of age were fed the experimental diets containing 0.0% (Control) and 0.2% of EWM for 4 weeks. Eggs were collected and weighted every day and egg production and feed conversion were recorded every week during the experimental period. However fatty acid composition of egg yolk were measured at last week of experimental period. An amount of feed intake increased by supplemental with EMW except for first week experimental period ($P<0.05$). When 76 and 77 week of age, egg production and daily egg mass were improved by the supplemented with EWM ($P<0.01$), but average egg weight was not different when fed a EWM, therefore feed/egg mass was significantly decreased when fed a EWM. The ratio of egg yolk n-6/n-3 fatty acids contents was significantly improved fed a EMW ($P<0.05$). It is concluded that supplementing 0.2% of earthworm meal in the spent laying hens after induced molting was fast in recover of physical strength, therefore improves laying performance.

Key Words : Earthworm meal, laying hens, performance, egg yolk fatty acids contents

* 대구교육대학교 교수

I. 서 론

지렁이를 활용한 가축분뇨를 포함한 유기성 폐기물 처리방법은 유기성 폐기물 처리 후 발생될 수 있는 제 2차적인 환경오염이 없으며, 이 과정 중에 발생되어지는 부산물 또한 안정성이 높아 유기성 폐기물 재활용 방법 중 가장 환경 친화적인 방법으로 21세기에 비약적인 발전이 기대되는 분야로 설명되어지고 있다(이, 1995; 전과 조, 1995; 조 등, 1996). 한편 황보 등(2003)은 가축분을 통한 지렁이 양식에서 지렁이 생존을 향상을 위해서 생축분의 처리방법을 구체적으로 제시한 바 있다. 더욱이 지렁이의 몸은 그 자체가 단백질·질소의 접합체로 지렁이 몸체는 조단백질 함유량이 60 이상으로(McInroy, 1971; Hilton, 1983), 탁월한 식성을 자랑하는 지렁이는 하루 0.4g 정도의 먹이를 섭취하고 한 마리의 성체 지렁이가 연간 3,000~5,000마리의 번식이 가능하다(Guerrero, 1983).

손과 조(2003), 손(2003)은 육계와 산란계에 일정량의 지렁이 분말의 첨가는 증체량 및 산란율의 증가 및 난황중의 지방산 조성 개선 효과를 보고하였다. 더욱이 산란후기(55~60주)의 산란계 사료 0.2% 지렁이 분말의 첨가는 산란성적 및 난황속의 지방산 조성의 개선 효과를 지렁이 유래 단백질이 아미노산 균형이 좋고 생물가 또한 높아서(Sabine, 1988) 동물체의 소화관 내에서 소화를 개선 효과가 높은 이유 및 지렁이 유래 미지성장인자(UGF)의 존재에 따른 것으로 추론하였다.

국내에서 생산되어지는 축산물중 유일하게 자급을 100%를 보여주는 계란(농림부, 2003)을 생산하는 산란계 산업에서 생산성 하락, 난가 및 질병 등의 주변 여건에 따라서 닭에 일정한 스트레스를 가하여 닭이 산란을 중지하고 일정기간 동안 휴식을 취하면 털갈이(환우)를 한 후, 다시 산란을 시작하는 강제환우가 거의 보편화 되어가고 있으며 산란계의 사양관리에 있어서 강제환우는 일부분을 차지하고 있다고 할 수 있다.

본 연구에서는 축분을 먹이로 하여 생산된 지렁이를 이용하여서 강제환우로 체력이 급속도로 떨어진 닭의 빠른 체력 회복을 위한 사료 자원 개발의 목적으로 강제환우 후의 산란계의 생산성에 미치는 지렁이 분말 급여 효과를 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시동물, 절식방법, 시험사료, 사양관리 및 시험설계

본 연구에서는 70주령된 갈색 산란계(Hy-Line)를 이용하여서 기존의 점등프로그램을 중단하고 3일간 절수 및 10일간의 절식과 동시에 산란시작과 더불어서 점등시간을 13시간에서 매주 60분씩 연장시킨 후 17시간의 조명시간에 고정시키는 강제환우 프로그램을 실시

하였다. 본 강제환우 프로그램이 시작된 지 20일 정도(대략 73주령)가된 90수를 3개 시험구에 4반복으로 4주동안 공시하였다. 시험 개시시 강제환우된 닭의 산란율은 약 7.0% 전후의 산란율을 나타내었다. 이때의 산란사료(기초사료)는 옥수수-대두박 위주 조단백질 16.0%, ME 2,800kcal/kg 사료를 급여하였다<Table 1>. 시험구는 대조구와 처리구로 구분하여 각각의 처리구당 45수씩 배치하였다.

Table 1. Ingredient 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, 800IU ; vitamin K3, 132mg ; vitaminB2, 1,000mg ; vitaminB12, 1,200mg ; niacin, 2,000mg ; pantothenate calcium, 800mg ; folic acid, 60mg ; Mn, 12,000mg ; Zn, 9,000mg ; Co, 100mg ; BHT, 6,000mg ; I, 250mg.

대조구는 기초사료만을 급여하였고, 처리구는 지렁이 분말 0.2% 첨가·급여하였다. 첨가한 지렁이는 경상북도축산기술연구소내 지렁이 양식장에서 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. 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 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 contentsa (%)	
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.

공시계의 사양관리는 강제환우된 산란계를 니플이 설치된 2수용 3단 철제 케이지에서 사육하였고 강제환우 프로그램이 끝난 시험계는 사료와 물은 무제한 급여하였으며 그 외 기타관리는 일반 산란계 농장에서 실시하는 관행에 준하였다.

2. 조사항목

1) 기초사료 및 성체지렁이의 일반성분 분석 및 아미노산 조성 조사

기초 사료 및 지렁이 분말의 일반성분은 A.O.A.C법(1996)에 의하여 분석하였으며, 지렁이 체조직내의 아미노산의 함량을 분석하기 위하여, 건조한 지렁이분말 0.1g 정도를 Glass tube에 정밀히 취하여 6N 염산 25ml씩을 주입하고 감압과 질소충전을 반복한 후 150℃의 가수분해장치(Pico-Tag workstation, Waters 社)에서 1시간 가수분해시켰다. 가수분해한 시료 용액은 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 시험액으

로 하였으며, Sodium type의 Ionexchange column을 장착한 HPLC를 이용하여 각 시험액의 아미노산함량을 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, 산란율, 난중, 1일 산란량

4주간의 총 시험기간 동안 산란수와 난중은 매일 오후 3시에 측정하였고, 사료섭취량은 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, 사료섭취량은 1일 평균 수당 섭취량으로 표시하였으며, 사료요구율은 수당 1일 사료섭취량을 1일 산란량으로 나누어 계산하였다.

3) 난황중 지방산 분석

난황내 지방산 조성에 대한 분석은 시험개시 4주째에 얻어진 계란 중에서 처리구별로 4개씩을 무작위 선별하여 24시간 실온에서 방치시킨 다음 Folch 등(1957)의 방법을 기초로 하여 지질을 분리하여 methylation을 시킨 후, hexane에 용해시킨 후 gas chromatograph (Shimadzu-2010)로 분석하였다. 이때 GC 조건은 Table 4와 같다.

Table 4. Condition of GC for fatty acids analysis.

Instrument	Shimadzu GC-2010
Column	Capillary 30m×0.25mm ID, 0.32 μ m film
Detector	FID
Oven temp.	200 $^{\circ}$ C

Injection/Detection temp.	260°C/260°C
Carrier gas/Flow rate	N ₂ /50ml/min

3. 통계분석

시험 및 분석 등을 통해서 얻어진 성적들간의 비교는 t-test에 의해서 실시하였고(Seel and Torrie, 1980), 유의성 검정은 평균치간에 5.0% 이상의 차이만을 선택하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 산란율, 난중 및 일일 산란량

Table 5는 산란율과 난중, 1일 산란량을 4주간의 시험기간 동안 매주 간격으로 나타내었다.

Table 5. Effect of dietary EWM on laying performance(Egg production, weight and daily egg mass).

Treat. (%)	Egg production (%)					Egg weight (g)					Daily egg mass (g/d)				
	73~74	75	76	77	73~77	73~74	75	76	77	73~77	73~74	75	76	77	73~77
..... Weeks															
0.0% ¹	18.41	26.80	35.37	45.41	31.50	69.27	68.12	68.72	69.10	68.80	12.75	18.26	24.31	31.48	21.67
0.2% ²	17.73	28.28	47.37	55.44	37.21	68.57	69.33	67.98	69.59	68.87	12.16	19.61	32.21	38.59	25.57
SEM	0.91	1.46	1.08	1.48	1.72	0.31	0.30	0.34	0.41	0.36	0.47	0.54	0.51	0.55	0.52
t-test	NS ³	NS	**	**	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	**	*

¹ Control diet ; ² Treatment group means supplemented with 0.2% of EMW ; ³ NS : Not significant.

* P<0.05 ; ** P<0.01.

EWM 0.2 첨가에 의한 산란율의 증가 효과는 EWM 첨가 3주째부터 뚜렷이 나타나기 시작하여서(P<0.01) 4주간의 전시험기간 동안 산란율을 개선시켰다(P<0.05). 일반적으로 산란 노계에 환우 프로그램을 실시하면 프로그램에 따라서 체중의 감소폭은 다르지만 환우전 체중의 약 10~25%가 감소되어지며(Akram 등, 1997), 이때 체중 감소의 주요 원인은 체지방이 감소되기 때문으로 보고하였다(Akram 등, 2002). 1983년도의 중국 화남 사범대학 생물

학파에서 보고된 지렁이 사료화 시험에서 메추리 사료에 EWM 5와 어분 6를 각각 첨가하여 90일 동안 시험한 결과 EWM 첨가가 어분 첨가구 보다 산란율이 6.4 증가하고 난중도 15 정도 증가하였다고 하였다(김, 2001)고 하며, Orozco Almanza 등(1988)도 사료단백질원의 30%를 지렁이 분말로 대체한 토끼시험에서 대두박 유래 단백질원을 이룬 대조구보다 소화율 5.09%($P<0.05$) 개선시켜서 어분과 육분 유래의 단백질과 동일한 효과를 나타내었다고 하였다. 이처럼 지렁이 유래 단백질은 아미노산 균형이 좋고 생물가가 또한 높아서 (Sabine, 1988) 동물체내의 소화율 개선에도 효과(손과 조, 2002)가 있음을 알 수 있다. 이등 (1995)은 산란계에 아미노산 균형이 좋고 생물가가 높은 효모 배양물을 0.5 수준 급여할 경우 산란율은 대조구에 비하여 3.6 개선효과가 있음을 보고하여, 본 연구에서 얻어진 결과를 간접적으로 뒷받침하고 있다고 할 수 있겠다. 그러나 환우 직후의 산란계의 체력회복, 산란율 개선 및 지렁이의 생산가격 등을 고려할 때 지렁이 분말이 사료에 어느 수준으로 첨가되는 것이 적합한지에 대한 연구는 연속된 시험을 통해서 연구될 필요성이 있으리라 사료된다. 본 연구의 결과는 환우 직후의 산란계의 빠른 체력회복에 지렁이 분말이 유효한 효과가 있을 가능성을 시사한 내용으로 지렁이 분말의 급여가 어떤 생리적 메카니즘으로 산란계의 체력회복에 관여하는지는 분명하지 않으나 생산성의 개선효과가 인정되었으므로 체력회복에는 관여하고 있다고 사료된다. 4주간의 시험 전 기간의 평균 난중은 EWM 첨가에 따른 차이는 인정되지 않았다. 산란계의 생리상 일반적으로 산란율이 증가하면 난중은 감소하는 경향이 있다. 그러나 본 연구에서의 EWM 0.2 첨가에 따른 산란율의 증가 효과에 따른 난중의 감소의 영향은 찾아볼 수 없었다. 본 연구에서 EWM 첨가에 따른 빠른 체력회복의 주요원인은 사료섭취량의 증가(Table 6)가 동시에 일어났기 때문으로 사료된다. 이는 산란율의 증가에도 불구하고 난중이 감소하지 않는 이유로도 해석할 수 있다.

2. 사료섭취량 및 사료요구율

Table 6은 사료섭취량과 사료요구율을 4주간의 시험기간 동안 매주 조사한 결과를 나타내었다.

4주간의 시험기간 동안 사료 섭취량은 EWM 0.2% 첨가에 따라서 증가하였다($P<0.05$). Pepler(1982)는 식이성 glutamic acid는 사료의 풍미를 증진하여서 사료 섭취량을 증가시킨다고 보고하였다. Table 2는 지렁이의 몸체중 glutamate의 함량이 다른 아미노산에 비해서 상대적으로 높은 것을 보여주고 있다. 따라서 지렁이 분말 첨가에 따른 사료 섭취량의 증가는 지렁이 분말의 섭취로 인한 가금에서 소화율 증진효과(손과 조, 2002)와 더불어서 사료 섭취량의 증가 효과도 인정되었다($P<0.05$). 그러나 EWM 0.2% 첨가에 따른 사료요구율의 감소(본시험 3, 4주째)는 사료섭취량의 증가효과보다 산란율의 증가효과가 더 크게 작용하였기 때문으로 사료된다.

Table 6. Effect of dietary EWM on laying performance (amount of feed intake and feed conversion).

Treat.	Feed intake (g/hen/d)					Feed conversion (Feed/egg mass)				
	73~74	75	76	77	73~77	73~74	75	76	77	73~77
 Weeks									
0.0%	111.45	115.21	121.17	125.83	118.42	8.74	6.31	4.98	3.99	5.47
0.2%	113.73	122.27	126.74	132.19	123.73	9.35	6.24	3.92	3.43	4.82
SEM	1.47	1.16	1.63	1.92	1.35	0.12	0.09	0.11	0.09	0.10
t-test	NS ¹	*	*	*	*	NS	NS	*	*	NS

¹NS : Not significant.

* P<0.05.

3. 난황중의 지방산 조성

Table 7. 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.

¹NS : Not significant, ²ND : Not detected. ³USFA : Unsaturated fatty acid, ⁴SFA: Saturated fatty acid.

* P<0.05.

최근 들어서 유기농업 또는 친환경농업에 의해서 생산된 농축산물이 고가로 소비자들에게 차별되어서 판매되어지는 이유중에 하나는 식품의 안전성과 관련되기 때문으로 판단된다(류 등, 2003). 국내에서의 신선계란은 자급이 100%로 다른 어느 먹거리 보다 자급율이 높기 때문에 안전성문제는 타 수입된 먹거리에 비해서 높게 평가할 수 있을 것이다. 여기에 기능성을 증진시킨다면 그 평가는 더 높을 것으로 기대되어진다. Table 7은 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 난황중에 포화지방산비율 및 불포화지방산의 비율은 처리구간에 차이는 인정되지 않았다. FAO와 WHO에서 권장하는 육류에서 가장 이상적인 지방산 조성은 n-6/n-3의 비가 10:15:1로 규정되었으며, 모유에서도 4:110:1로 규정되어 있다(Hirata 등, 1985; 이, 1990). 본 연구에서 EWM의 첨가급여로 난황중의 n-6/n-3의 비가 약 4:1정도로 대조구 및 일반적인 계란중의 10:1(박 등, 1997)보다 낮았다. 이는 지렁이 급여로 인한 18:3 및 22:6 지방산의 증가로 인한 것으로 사료되나 EWM이 어떤 이유로 난황중의 18:3 및 22:6의 비율을 증가시키는지에 대한 구체적인 이유를 본 연구만으로는 찾지를 못하였지만, 산란계 사료에 EWM 0.2%의 첨가는 산란율 및 난황중 n-6/n-3비율을 개선시킬 가능성이 인정되었다.

결론적으로 환우 직후의 산란노계의 빠른 체력회복에 따른 생산성 개선을 위해서 환우 직후의 산란노계에 EWM(지렁이 분말) 0.2%의 첨가는 유효한 것으로 본 연구를 통해서 알게되었다.

IV. 적 요

본 연구는 강제환우를 실시한 산란노계의 생산성과 난황 지방산 조성에 미치는 지렁이 분말(EWM)의 첨가 효과를 구명하기 위해서 실시되었다. 총 90수의 73주령의 산란계를 공시하여서 EWM 0.0%(대조구) 및 0.2%를 첨가한 사료로 4주 동안의 사양시험을 실시하였다. 계란은 매일 수집하여 난중을 측정하였고 산란율 및 사료요구율은 시험기간동안 매주 단위로 조사하였다. 뿐만 아니라 시험 마지막 주에는 난황중의 지방산 조성도 조사하였다.

사료섭취량은 EWM의 첨가에 의해서 시험 일주제를 제외하고 증가되었다($P<0.05$). 76 및 77주령에서 평균산란율 및 일일 산란량은 지렁이 분말 첨가에 의해서 증가되었다($P<0.01$), 그러나 평균난중은 지렁이 분말급여로 인한 차이는 인정되지 않았다. 결과적으로 사료요구율은 EWM의 급여에 의해서 낮아졌다($P<0.05$). 난황중의 n-6/n-3지방산의 비는 지렁이 분말의 급여에 의해서 유의하게 개선되었다($P<0.05$).

결론적으로 강제환우를 실시한 산란노계에 0.2%의 EWM(지렁이분말)의 첨가는 빠른 체력회복을 도모하여서 생산성을 개선시켰다.

[논문접수일 : 2004. 3. 18. 최종논문접수일 : 2004. 5. 15.]

참 고 문 헌

1. 김건상. 2001. 중국에서의 지렁이 산업 현장과 발전현황. 제3회 지렁이를 이용한 폐기물 처리와 환경보존 국제 심포지움. 순천대학교.
2. 농림부. 2003. 농림업주요통계.
3. 류선무 · 김성기 · 배중남 · 송광인 · 유상오 · 강신겸. 2003. 그린투어리즘 이론과 실제. 백산출판사.
4. 박구부 · 김진형 · 김진상 · 진상근 · 신태순 · 이정일 · 박태선 · 성필남. 1997. 올리브 기름, 카놀라기름 및 정어리기름의 급여가 계란의 지방산조성 및 콜레스테롤 함량에 미치는 영향. 한국가금학회지 24(3) : 145-151.
5. 손장호 · 조익환. 2003. 사료 내 지렁이 분말의 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향. 한국유기농업학회지 11(2) : 79-89.
6. 손장호. 2003. 지렁이 분말의 급여가 산란계의 생산성 및 난황의 지방산 조성에 미치는 영향. 한국가금학회지 30(3) : 161-167.
7. 이양자. 1994. 유지영양의 문제점과 개선방향. 한국식품과학회지(식품과학과 산업) 23(2) : 13-30.
8. 이을연 · 이봉덕 · 지설하 · 박홍석. 1995. 생효모 배양물의 급여가 산란계의 생산성에 미치는 영향. 한국가금학회지 22(2) : 77-84.
9. 이주삼. 1995. Vermicomposting에 의한 우분의 처리-먹이의 탄질율과 사육밀도가 지렁이의 생육과 분립의 생산에 미치는 영향. 축산시설환경학회지 1(1) : 65-75.
10. 이태복 · 최훈근. 2002. 지렁이사육상 자동화 장치 개발 및 활용. 한국유기성폐자원학회 춘계학술대회. pp. 143-150.
11. 조익환 · 이주삼 · 전하준. 1996. Vermicomposting에 의한 유기성 폐기물의 처리. 한국유기농업학회지 5(1) : 125-135.
12. 전하준 · 조익환. 1995. 지렁이 분립의 혼합상토가 고추유묘의 생육에 미치는 영향. 한국유기농업학회. 한국유기농업학회지 4(1) : 75-84.
13. 황보순 · 조익환 · 손장호. 2003. 돈분의 퇴비화 과정 중 이화학적 성상 변화가 지렁이

생존에 미치는 영향. 한국유기농업학회 2003년도 하반기 학술발표대회 89-102.

14. AOAC. 1996. Association of Official Analysis Chemists. Arlington, VA, USA.
15. Folch J, Lees · M, Sloan-Stanlet GHS. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids form animal tissues. J Biol Chem 226 : 497-509.
16. Guerrero RD. 1983. The culture and use of *Perionvx excavalus* as a protein resource in the Philippines. In *Earthworm Ecology : From Darwin to Vermiculture*. Edited by J. E. Satchell. Chapman and Hall, London. pp. 309-313.
17. Harwood M. and Sabine, JR. 1978. The nutritive values of worm meal. In *Proceedings of Second Australasian Poultry Stockfeed Convention Sydney*. Australian Poultry Industry Association, Sydney. pp. 164-171.
18. Hilton JW. 1983. Potential of freeze-dried worm meal as a replacement for fish meal in trout diet formulations. *Aquaculture* 32 : 277-283.
19. Hirata A, Nishino M, Kimura T, Ohtake Y. 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.
20. McInroy DM. 1971. Evaluation of the earthworm '*Eisenia foerida*' as food for man and domestic animals. *Feedstuffs* 20th, pp. 36-47.
21. 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.
22. Peppler HJ. 1982. Yeast extracts. In : Rose, AH ed *Fermented Foods*. Academic Press London. p. 293.
23. Sabine JR. 1988. *Earthworms as animal feed*. SPB. Academic Publishing. The Hague, The Netherlands.
24. Scheffner AL. 1967. In vitro protein evaluation. In *Newer Methods of Nutritional Biochemistry* (Ed). Albanese, A. A. pp. 125.
25. Steel RGD, Torrie JH. 1980. *Principles and Procedure of statistics*. McGraw Hill, NY.