

갈색거저리 (*Tenebrio molitor* L.) 첨가 급여가 육계의 혈액성상과 육질성분에 미치는 영향

김선곤¹ · 김정은¹ · 강성주¹ · 구희연¹ · 김현진¹ · 최향철¹ · 선상수²

¹전남농업기술원 곤충잠업연구소, ²전남대학교 동물자원학부

Feed Supplementation of Yellow Mealworms (*Tenebrio molitor* L.) Improves Blood Characteristics and Meat Quality in Broiler

S.G. Kim¹, J.E. Kim¹, H.K. Oh¹, S.J. Kang¹, H.Y. Koo¹, H.J. Kim¹, H.C. Choi¹ and S.S. Sun²

¹Insects and Sericultural Research Institute, Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services,

²Department of Animal Science, Chonnam National University

ABSTRACT

This experiment was conducted to test yellow mealworm (YM) and slough of mealworm (SM) supplementation as protein sources in broiler. Two-hundred broilers (Arbor acres, day old) were randomly assigned in five treatments (control, 0.5% YM, 1.0% YM, 2.0% YM, and 1.0% SM) with 2 replicates and then fed 6 weeks. Blood and meat samples were collected after feeding trial. Body weight gain was the highest in 1.0% YM treatment. Feed requirement was lowest in 1.0% YM treatment. There were no negative effect on palatability and texture of mealworm. Live weight and carcass weight were significantly ($P<0.05$) higher than in control. Carcass quality was highest in 1.0% YM treatment. WBC, which were related to infection, was not affected by mealworm supplementation. RBC, which were related to anemia, was significantly ($P<0.05$) increased in all supplementation groups. Serum components were higher in supplementation group than in control group. However, there were no pathological and metabolic disease. Crude protein, crude fat, and crude ash were high in supplementation group, and meat color a^* and b^* were significantly ($P<0.05$) high in 1.0% YM treatment. Heating loss and shear force were reduced a little. By mealworm supplementation, saturated fatty acid was reduced and unsaturated fatty acid was increased. Therefore, fatty acid composition was improved by supplementation in broiler meat. In conclusion, yellow mealworm would be a good protein source for broiler without any detrimental effect.

Additional key words: Broiler, Mealworm, Blood characteristics, Meat quality

서 언

현시대의 가금 산업을 포함한 축산업에서 가장 큰 문제 중의 하나는 동물성 단백질의 부족이 대두되고 있다. 사료용 단백질 공급원으로는 대두박, 어분, 동물성 부산물 등 이 사료에 이용되고 있다. 전통적인 단백질 공급원인 대두박과 옥수수단백은 사람을 위한 식용과 가축을 위한 사료용 사이에 경쟁 상태에 놓여있다 (Das et al., 2004). 그리하여 동물성 단백질의 공급원에 대한 요구도가 높아지며 재래수준의 원료보다는 다른 경제적인 요인을 찾게 되었다.

곤충은 여러 종류의 동물에서 중요한 자연식품으로 인식되어왔다 (Anand et al., 2008). 예를 들면, 곤충들은 사람과 동물들을 위한 영양소일 뿐만 아니라, 의약품과 유기물을 재활용하는 용도로 이용되고 있다. 곤충을 사육하면 다른 동물성 단백질 공급원에 비하여 적은면적에 낮은 비용으로 사육할 수 있어서 미래에 유망한 산업이다. 더욱이 대부분의 곤충 종들은 식물성 단백질을 동물성 단백질로 바꾸는데 대단히 효과적이다 (Premalatha et al., 2011). 곡류위주의 음식을 섭취하는 개발도상국에서 대부분의 식용 곤충들은 저렴하고 좋은 단백질과 무기물 공급원이다 (Ifie and Emeruwa, 2011).

갈색거저리 (Mealworms, *Tenebrio molitor* L.)는 작은 포유류와 파충류를 포함한 애완동물의 먹이로 이용되고 있으며, 곤충체내에 44-70%의 단백질을 함유하고 있어서 좋은 사료원이기도 하다 (Ramos-Elorduy et al., 2002; Ooninx and de Boer, 2012). 농업적으로도 갈색거저리와 같은 가식용 곤충들은 단백질, 지질, 탄수화물, 비타민 함량이 높아서 가금류의 사료원으로 우수하게 평가되고 있다 (Ramos-Elorduy and Pino, 1990). 또한 갈색거저리는 필수아미노산 함량이 높으며 (Ramos-Morales, 1997), 딱정벌레목에 속하는 곤충들은 특히 유충시기에 지방함량이 높다 (Cerritos, 2009). 이러한 높은 영양소 함량 때문에, 갈색거저리는 년중 이용이 가능한 미래 유망한 사료원으로 가능성이 높다. 다른 보고에 의하면 갈색거저리는 암모니아를 배출하지 않으며 (Ooninx et al., 2010), 환경오염이 낮다 (Pimental et al., 1975)고 한다.

건조한 갈색거저리 유충은 사료섭취량, 증체량, 사료효율에 부정적인 영향 없이 육계 스타터 사료에 10% (DM) 까지 첨가할 수 있다. 또한 갈색거저리 첨가사료에 대한 조직감이나 기호성에 따른 영향은 없었다 (Ramos-Elorduy et al., 2002). 산란계에 대한 연구는 제한적이지만 갈색거저리 유충이 산란계 첨가사료로 적합하며 (Giannone, 2003), 건조한 갈색거저리는 산란계에서 어분을 대체할 수 있는 좋은 사료원이다 (Wang et al., 1996). 또한 갈색거저리의 생활사에서 허물(exuviation)을 벗고 성장하는데, 탈피된 키틴질의 물질은 영양소가 풍부하게 들어 있다.

갈색거저리는 상대적으로 회분함량이 낮고 (<5% DM), 다른 곤충처럼 낮은 칼슘 함량과 매우 낮은 Ca : P 비율이다. 단지 갈색거저리만을 급여하면 칼슘 결핍 증상으로 대사성 뼈질환 (Klasing et al., 2000)의 원인이 될 수 있다. 이 구성은 매우 다양하고 다이어트에 영향을 주목해야 한다. 특히, 칼슘 함량은 칼슘이 강화 된 사료를 사용하여 극복할 수 있다. 갈색거저리 칼슘강화 사료(8% CaCO₃ 추가)는 P:Ca 비율을 증가시키며, 육추병아리에 뼈 골화 작용에 적합하다 (Klasing et al., 2000). 또 다른 실험은 단기간(72 시간) 갈색거저리 칼슘강화 사료를 급여한 닭에서 Ca에 대한 다른 영향은 나타나지 않았다 (Anderson, 2000). 아프리카 메기(*Clarias gariepinus*) 연구에서도 갈색거저리는 우수한 단백질 대체원이 입증되었다. 메기 사료의 어분을 40%에서 80%까지 갈색거저리로 대체하여도 성장률과 사료 이용율은 대조구와 유사하였다. 메기에 갈색거저리만 급여하면 성장률이 줄어들었으나, 일반 메기사료에 갈색거저리를 첨가급여하면 메기사료만 급여했을 때와 비교하여 비슷하거나 오히려 우수한 결과를 보였으며, 기호성도 좋았으나 메기 도체의 지질함량은 유의적(p<0.05)으로 증가하였다 (Ng et al., 2001).

현재까지 여러 연구들이 수행되었지만 곤충의 육계 사료화에 따른 혈액성상과 닭고기의 육질에 관련된 연구는 미미한 실정이다. 본 연구의 목표는 사료 첨가제로서 갈색거저리의 첨가급여가 육계의 혈액성분 변화와 육질이 미치는 영향 등을 측정하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시험동물 및 사양관리

가축의 사료에 동물성 단백질 공급원으로서 갈색거저리 (Mealworm, YM) 와 탈피각 (slough of mealworm, SM)의 이용성을 알아보기 위하여 연구를 수행하였다.

시험 동물은 1일령의 아바에이커(Arbor Acres) 중 육계 200 수를 공시하였고, 첫 7일간은 적응을 위하여 입분이 사료를 급여 후, 8일령 부터 5주간 사양 시험을 실시하였다. 시험동물은 5개 처리구 (대조구, YM (mealworm, 갈색거저리) 0.5, 1.0, 2.0%, SM (slough of mealworm, 탈피각) 1%)에 처리 당 2반복, 반복 당 20수씩 선발하여 완전임의 배치하였다. 사양 관리는 전남대학교 부속 동물사육장의 관행에 준하여 42일간 평사를 분획하여, 한 펜(펜규격 230cm×200cm×60cm) 당 2 반복으로 하였다. 점등은 전 사양 기간 동안 24시간 종일 전등을 실시하였고, 계사 온도는 일령별로 32℃에서 22℃까지 사육실 온도 관리 프로그램에 따라 조절하였다. 동물실험은 동물보호법 제13조 및 제14조에 의거하여 「전남대학교 동물실험윤리위원회」에 의해 사전 승인되었다.

본 실험에 사용한 기초 사료는 육계 전기(3~21일령)와 후기(22~35일령)로 시판되는 육계사료(광주축협사료) 구입하여 급여하였다. 시험 사료는 매일 일정량 무게를 측정하여 동물이 충분히 먹을 수 있도록 자유 급여하고, 물은 자동급수기로서 급여하였다. 분석용 시료를 채취하기 위하여 시험 종료 42일령 후, 각 시험구당 평균 체중에 가까운 5수씩을 선정하였다. 도계 전에 체중을 측정한 후 익하정맥을 통하여 채혈하였다. 이어서 복강을 절개하고 뒷다리와 가슴 근육을 채취하였다. 채취한 모든 샘플은 액체 질소에 냉동 후, 분석 시까지 70℃에서 보관하였다.

2. 측정항목

1) 증체량, 사료 섭취량 및 사료 요구율

증체량은 시험 개시부터 종료시까지 같은 요일, 같은 시간에 주2회 측정하였다. 사료 섭취량은 전

일 급여량에서 잔량을 빼고 매일 측정하였으며, 사료 요구율은 사료 섭취량을 증체량으로 나누어 산출하였다.

2) 도체 특성 및 육질 분석

시험 종료 시(42일) 처리구당 5수씩 임의로 선별하여 경추 탈골(cervical dislocation) 방법으로 도살한 다음, 간, 비장, 근위, F낭, 가슴육 및 복강지방의 무게를 측정하여 생체중에 대한 비율로 도계율을 계산하였다. 일반성분으로 수분, 단백질, 지방 및 회분(%)은 AOAC방법(1995)에 준하여 분석하였다. 육색은 색차계(Model CR-210. Minolta Co., Japan)를 이용하여 각 가슴육 샘플 1개당 2회 반복하여 측정하였다. pH는 pH meter(77P, Istek, Korea)를 사용하여 측정하였다. 가열 감량은 3cm 두께의 계육 슬라이스를 원형(중량 150±5 g)으로 정형한 후, polypropylene bag에 넣고 진공 포장하여 80℃ water-bath에 넣고 40분간 가열한 후 30분간 방냉시킨 후, 가열 후 감량된 무게를 초기시료의 무게비율(%)로 측정하였다. 보수력(water holding capacity)은 전체 면적과 육의 면적의 비율을 기록하여 측정하였으며, 각 샘플당 2개의 시료를 만들어 drip loss를 측정하였다. 전단력은 시료를 80℃ water-bath에 넣고 40분간 가열한 후, 30분간 방냉시킨 후 시료를 1×2×1cm가 되도록 절단하여 Rheo meter (Compac-100, SUN Scientific Co., LTD.)의 Shearing, Cutting Test로 Max weight를 측정하였다.

3) 지방산 조성 분석

가슴육의 지방산 조성 분석을 위하여 1.5 g의 시료에서 지방을 추출하였다. 이후 추출된 지방을 메탄올에 녹인 0.5 N potassium hydroxide(KOH)를 이용하여 saponification과 esterification을 하였으며, 최종적으로는 헥산에 녹인 fatty acid methyl ester(FAME)를 scintillation vial로 옮겨 gas chromatography (GC, Varian Chrompack, CP-3800, Walnut Creek, CA)를 사용하여 분석하였다.

4) 혈액 성분분석

혈액 채취는 사양 실험이 종료된 후 각 처리당 5수

씩 임의 선별하여 익하정맥에서 K3EDTA Vacuum tube (Becton Dickinson Vacutainer Systems, Franklin Lakes, NJ)를 이용하여 혈액 5 mL를 채취 후 자동혈액분석기(NX500i, Fuji Dri-Chem, Japan)로 red blood cell (RBC), white blood cell (WBC), GOT, GPT, Albumin, T-cholesterol 등 혈액성분을 측정하였다.

3. 통계 분석

모든 얻어진 결과에 대한 통계 분석은 Statistical Analysis System(SAS, 2005)의 General Linear Model (GLM) procedure를 이용하여 실시하였고, 처리구간의 유의성 검정은 Duncan의 다중 검정 (Duncan, 1955)을 통해 유의 수준 $P<0.05$ 에서 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

육용계 아바에이커 종의 개시, 중간, 종료 체중을 측정하여 증체량을 산출하였다. 사육 전 기간 동안 증체량은 YM 1% 처리구에서 가장 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었고, 사료섭취량은 갈색거저리를 첨가급여 할수록 높게 나타났으며 사료요구율은 낮게 측정되었다(table 1). 이는 육계 사료에 갈색거저리 첨가 급여시 사료의 기호도를 증진시키고 육계의 증체량 향상에 다소 효과적인 결과를 보이고 있었다. Ballitoc and Sun (2013) 결과에 의하면 갈색거저리를 육계에 급여하면 사

료 요구율 감소한다는 보고와 일치한다. 증체량이 향상된 것은 단백질 공급원(Ghaly and Alkoaik, 2009) 으로서의 갈색거저리 첨가 효과로 볼 수 있다. 그러나 1~2% 갈색거저리 첨가로 단백질 수준은 단지 0.08%의 증가함으로서 이는 단백질 첨가 효과라기 보다는 갈색거저리의 전체적인 첨가 효과로 볼 수 있다. Ramos-Elorduy et al. (2002) 보고에 의하면 2주 동안 갈색거저리 대조구의 사료 요구율(1.37)에 비하여 10% 갈색거저리 급여구에서 사료요구율이 약간 감소(1.34) 하는 경향을 보였다. 또한 지령이 첨가급여는 증체량과 사료 효율을 감소 시켰으나 (Fisher, 1988), 육계 전기사료에 갈색거저리 첨가는 아무런 나쁜 영향도 보이지 않았다. 더구나 갈색거저리 첨가급여는 조직감이나 기호성에 아무런 문제도 나타나지 않았다. 다른 여러 곤충 급여 연구들에서 증체량, 사료섭취량, 도체품질, 기호성에 아무런 영향이 나타나지 않았다 (Despins, 1994; Sonaiya, 1995). 또한 곤충의 껍질에서 유래한 키틴(chitin) 물질을 육계에 급여한 결과 증체량과 사료 효율에 유의적인 변화는 나타나지 않았다. (Hossain and Blair, 2007).

2. 육계의 도체성적

사양시험 종료 후 육계의 생체중과 도체중을 측정하여 도체율을 조사하였다. 생체중과 도체중은 YM 1% 처리구에서 유의적($P<0.05$)으로 높게 측정되었고 도체율도 74.1로 가장 높게 나타나, 갈색거저리 1% 첨가 급여할 때 육계의 도체성적이 가장 우수함을 확인하였다(table 2). Ballitoc and Sun (2013) 결과에 의하면 갈색거저리를 육계에

Table 1. Growth performance and feed efficiency in broiler by yellow mealworm addition(g)

Items	Control	YM 0.5%	YM 1%	YM 2%	SM 1%
Start Wt	73.1±6.5	73.0±7.5	72.0±6.9	74.1±7.0	73.1±6.8
Final Wt	2,458±245 ^b	2,639±299 ^{ab}	2,676±333 ^a	2,633±345 ^{ab}	2,639±370 ^{ab}
Gain Wt	2,409±100	2,552±61	2,563±206	2,540±96	2,498±335
Feed Intake	4,082±75	4,349±457	4,223±505	4,205±573	4,232±697
Feed Require	1.70±0.04	1.70±0.14	1.65±0.07	1.65±0.16	1.69±0.05

* YM : yellow mealworm, SM : slough of yellow mealworm

a,b Values with different superscripts in the same row differ significantly ($P<0.05$).

Table 2. Body weight and dressing percentage of broiler by yellow mealworm addition.

Items	Live Wt (g)	Carcass Wt (g)	Dressing (%)
Control	3,640±124 ^{ab}	2,634±85 ^{ab}	72.4±0.4
YM 0.5%	3,406±123 ^b	2,509± 79 ^b	73.7±0.5
YM 1%	4,003± 77 ^a	2,965±112 ^a	74.1±1.6
YM 2%	3,646±279 ^{ab}	2,680±199 ^{ab}	73.5±0.3
SM 1%	3,859±182 ^{ab}	2,807± 98 ^{ab}	72.8±4.3

* YM : yellow mealworm, SM : slough of yellow mealworm

a,b Values with different superscripts in the same column differ significantly (P<0.05).

급여하면 도체중, 도체율(dressing percentage), 내장무게 등 도체성적이 향상된다는 보고와 일치한다. 결과적으로 육계에 갈색거저리를 첨가급여하면 사료효율과 도체성적이 향상된다고 볼 수 있다. 곤충들은 아무런 문제없이 메기, 무지개 송어, 이유자돈, 등에서 사료원으로 효과적으로 이용 될 수있다 (Ramos-Elorduy and Pino, 1990). 또한 육계에 파리 구더기를 급여 하였더니 체중은 증가 하였으나, 사료효율은 증가하지 않았으며, 도체품질과 성장률이 증가하였다 (Hwangbo et al., 2009). 그러나 파리 구더기 첨가급여는 복강지방은 유의성이 나타나지 않았다 (Teguia et al., 2002). Awoniyi et al (2003)은 파리구더기 첨가급여는 도체율과 가슴근육에는 유의차는 보이지 않았다. 이러한 다

른 결과는 각각 처리당 다른 반복수를 실험하였기 때문으로 보인다. 또한 곤충의 껍질에서 유래한 키틴(chitin) 물질을 육계에 급여한 결과 도체율에는 유의적인 변화가 나타나지 않았다 (Hossain and Blair, 2007).

3. 혈액성분 및 혈청화학검사

갈색거저리 급여에 의한 육계의 백혈구와 적혈구 수치는 table 3에 나타내었다. Leukocytes와 관련하여 초기 염증시 증가하는 백혈구(WBC), 식균 작용의 지표인 호중구(NE), 급성 감염증 회복기에 증가하는 림프구(LY)에서 대조구보다 갈색거저리 첨가 급여시 다소 높게 나타났고, 염증조직 괴사시 증가하는 단핵구(MO), 기생충 감염이나 면역성

Table 3. Blood characteristics of broiler by yellow mealworm addition.

	Items	Control	YM 0.5%	YM 1%	YM 2%	SM 1%
WBC	WBC(K/ μ l)	0.67±0.45	0.65±0.21	0.74±0.35	0.65±0.31	4.75±11.86
	S-Neutrophil(%)	13.70±7.86	14.78±6.24	17.80±11.83	14.00±6.32	12.22±5.95
	Lymphocyte(%)	77.20±9.81	79.11±6.25	73.00±13.86	79.40±8.75	81.56±5.17
	Monocyte(%)	4.30±4.06 ^{ab}	1.11±2.03 ^b	3.80±3.82 ^{ab}	2.80±3.29 ^{ab}	1.78±1.56 ^{ab}
	Eosinophil(%)	3.20±2.35	4.78±4.41	4.40±3.37	2.80±2.15	3.11±2.26
	Basophil(%)	1.60±1.84	0.22±0.67	1.00±1.41	1.20±1.69	1.33±1.73
RBC	RBC(K/ μ l)	2.33±0.15 ^b	2.41±0.13 ^{ab}	2.50±0.20 ^{ab}	2.45±0.27 ^{ab}	2.37±0.17 ^{ab}
	Hb(g/dl)	9.50±0.73 ^c	10.43±0.54 ^{ab}	10.66±0.93 ^{ab}	9.94±0.54 ^{bc}	10.03±0.69 ^{bc}
	HCT(%)	21.35±1.54 ^b	22.32±1.03 ^{ab}	23.34±1.97 ^{ab}	23.32±3.09 ^{ab}	21.34±1.83 ^b
Platelet($10^3/\mu$ l)		20.40±32.00	16.00±5.32	51.70±62.66	49.70±57.15	25.78±34.53

* YM : yellow mealworm, SM : slough of yellow mealworm

* NE(S-Neutrophil), LY(Lymphocyte), MO(Monocyte), EO(Eosinophil), BA(Basophil), HCT(haematocrit),

a,b Values with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

Table 4. Serum chemical characteristics of broiler by yellow mealworm addition.

Items	Control	YM 0.5%	YM 1%	YM 2%	SM 1%
ALB	1.43±0.13	1.45±0.13	1.58±0.10	1.47±0.09	1.43±0.18
TCHO	89.63±16.16 ^b	109.75±11.81 ^a	105.38±7.29 ^{ab}	104.44±9.81 ^{ab}	110.00±35.58 ^a
TP	2.99±0.33	3.03±0.31	3.29±0.29	3.10±0.21	3.08±0.27
GOT	249.75±84.98 ^b	329.88±80.08 ^{ab}	421.38±137.29 ^a	382.44±111.31 ^a	336.00±112.53 ^{ab}
TG	118.75±43.26	157.75±42.31	132.25±36.89	141.22±26.26	145.00±43.38
Ca	11.20±0.49	11.21±0.41	11.33±0.38	11.02±0.63	11.25±0.50
P	9.74±1.0 ^{ab}	10.44±0.50 ^a	9.44±0.74 ^b	10.41±0.99 ^a	9.53±1.12 ^{ab}

* YM : yellow mealworm, SM : slough of yellow mealworm

* ALB(albumin), TCHO(total cholesterol), TP(total protein), TG(triglyceride),

a,b Values with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

과민 반응시 증가하는 호산구(EO), 호산구와 공조하며 유사한 반응을 보이는 호염구(BA) 등은 낮게 나타났으나 모든 Leukocytes parameter 들은 갈색 거저리 첨가구가 대조구에 비해 유의적(P<0.05)인 차이는 없었다. 빈혈증 질환과 관련한 Erythrocytes 는 모든 항목에서 대조구보다 처리구에서 유의적(P<0.05)으로 높게 나타났으나 모두 정상범위 내에 포함되었다.

Table 4는 익하정맥으로부터 채취한 혈액의 혈청화학 성상을 나타내었다. 알부민(ALB, albumin), 총콜레스테롤(TCHO, total cholesterol), 총단백질(TP, total protein), GOT 및 중성지질(TG, triglycerides)은 대조구보다 처리구에서 높게 나타났으며 특히 TCHO, GOT 및 P는 유의적(P<0.05)으로 높았다. 혈중 GOT 활성은 대사장해 등에 의한 조직의 손상을 반영하며, 새로운 사료 원료나 첨가제의 이용시 안전성을 위한 지표가 되는데, 육계에게 갈색거저리 급여시 혈중 GOT가 높게 나타난 것은 체중증가에 대한 영향일 것으로 판단되며, TCHO의 증가 역시 고단백 사료를 섭취한데에 대한 영향일것이라 판단되나 사양관리시 폐사나 질병발생 등의 이상소견이 발견되지 않은 것으로 보아 갈색거저리의 첨가급여가 육계의 대사생리에 이상을 초래하지는 않는 것으로 판단되었다. 또한 곤충의 껍질에서 유래한 키틴(chitin) 물질은 육계에 급여한 결과 혈청 콜레스테롤과 중성지방 농도는 유의적 (P<0.05)으로 감소하였다 (Hossain and Blair, 2007).

4. 계육의 이화학적 성분 및 물리적 특성

갈색거저리를 첨가 급여한 계육의 일반성분 및 육질특성을 table 5에 나타내었다. 조단백과 조지방 및 조회분이 대조구에 비해 처리구에서 다소 높게 측정되었고 특히 육색에서는 a(적색도), b(황색도)가 대조구에 비해 YM 1% 처리구에서 유의적(P<0.05)으로 높게 측정되었다. 또한 가열감량과 전단력이 처리구에서 감소되었다. 이는 귀뚜라미 첨가 급여시 전단력이 감소하였다는 보고와도 일치하였다. 그러나, 육계에 bacteriophage를 급여한 연구에서 가슴육의 보수력이 증가하였다 (Baek, et al., 2013). Hwangbo et al. (2009)의 연구에 의하면 육계에 파리구더기 첨가급여에 의하여 육색(CIElab L*, a*, b*)에 유의적인 변화를 보이지는 않았다. 일반적으로 pH는 육색과 보수력에 영향을 미친다. 암적색 계육은 정상계육에 비하여 보통 높은 pH 값을 보인다 (Allen et al. 1998). 또한 곤충의 껍질에서 유래한 키틴(chitin) 물질은 육계에 급여한 결과 간장과 가슴육의 중성지방 함량은 유의적으로 감소하였다 (Hossain and Blair, 2007).

5. 계육의 지방산 조성

지방산은 인체의 세포막이나 각종 호르몬을 만드는데 필수적인 영양소이고 체온과 생식기능을 정상적으로 유지시켜주며 또한 음식의 맛을 내는데도 결정적인 역할을 한다. 본 연구에서는 갈색거저리를 첨가 급여함으로써 포화지방산인 Palmitic

Table 5. Chemical composition and Physical characteristics of broiler meat by yellow mealworm addition.

Items		Control	YM 0.5%	YM 1%	YM 2%	SM 1%
Chemical composition						
Moisture (%)		76.57±1.17	75.20±0.76	75.44±0.36	74.65±0.01	75.61±0.45
C. Protein (%)		21.01±1.41	22.05±0.97	21.71±0.05	22.86±0.40	21.18±1.14
C. Fat (%)		0.88±0.41	1.06±0.42	1.20±0.23	0.80±0.16	1.32±0.55
C. Ash (%)		0.97±0.03	1.04±0.06	1.03±0.04	1.02±0.07	0.95±0.05
Physical characteristics						
pH		6.09±0.04	6.08±0.05	6.06±0.06	6.04±0.00	5.99±0.06
Meat Color	L	53.13±0.12	52.50±0.23	55.21±1.89	54.59±1.80	54.29±0.66
	a	1.61±0.55 ^{ab}	1.10±0.49 ^{ab}	2.70±1.54 ^{ab}	1.85±0.21 ^{ab}	0.94±0.41 ^b
	b	7.32±0.97 ^{ab}	5.94±1.59 ^{ab}	8.67±1.62 ^a	6.42±0.74 ^{ab}	5.84±1.46 ^{ab}
Heating Loss (%)		15.24±0.83	13.21±0.24	14.70±2.15	14.54±2.33	13.65±0.97
Drip Loss (%)		59.90±2.51	58.94±1.92	60.84±0.16	58.96±0.73	58.50±0.28
Shear Force(kg/0.5inch ²)		2.67±0.26	2.29±0.25	2.28±0.30	2.18±0.01	2.29±0.26

* YM : yellow mealworm, SM : slough of yellow mealworm

Table 6. Fatty acid composition of broiler meat by yellow mealworm addition.

Items	Control	YM 0.5%	YM 1%	YM 2%	SM 1%
Myristic acid	1.22±0.10	1.18±0.09	1.20±0.11	1.27±0.00	1.13±0.06
Palmitic acid	23.56±0.66 ^a	22.64±0.28 ^{ab}	21.25±0.23 ^c	21.96±0.02 ^{bc}	22.51±0.66 ^{ab}
Palmitoleic acid	5.06±0.11 ^{ab}	6.16±1.10 ^a	5.49±0.33 ^{ab}	4.66±0.52 ^{ab}	5.61±0.83 ^{ab}
Stearic acid	6.99±0.30	6.08±1.34	5.69±0.34	6.67±0.74	6.39±0.02
Oleic acid	44.12±0.33 ^b	46.68±1.36 ^a	47.00±0.90 ^a	45.42±0.71 ^{ab}	45.96±0.54 ^{ab}
Linoleic acid	16.60±0.11 ^{ab}	14.86±0.50 ^b	16.98±0.35 ^a	17.58±0.19 ^a	16.05±1.08 ^{ab}
γ-Linoleic acid	0.13±0.03	0.14±0.00	0.16±0.01	0.15±0.00	0.15±0.01
Linolenic acid	1.05±0.07	0.96±0.06	1.12±0.04	1.11±0.12	1.07±0.11
Eicosenoic acid	0.47±0.01	0.50±0.04	0.46±0.04	0.48±0.02	0.48±0.04
Arachidonic acid	0.82±0.02	0.84±0.28	0.68±0.11	0.73±0.18	0.69±0.30
Fatty acid types					
SFA ¹⁾	31.77±0.26 ^a	29.89±1.71 ^{ab}	28.14±0.69 ^b	29.89±0.76 ^{ab}	30.02±0.62 ^{ab}
USFA ²⁾	68.24±0.26 ^b	70.11±1.71 ^{ab}	71.87±0.69 ^a	70.12±0.76 ^{ab}	69.99±0.62 ^{ab}
- Mono	49.64±0.21 ^b	53.33±2.43 ^a	52.93±1.19 ^a	50.55±1.26 ^{ab}	52.04±0.25 ^{ab}
- Poly	18.60±0.06 ^{ab}	16.79±0.71 ^b	18.94±0.50 ^a	19.56±0.50 ^a	17.95±0.87 ^{ab}

1) Saturated fatty acid, 2) Unsaturated fatty acid

* YM : yellow mealworm, SM : slough of yellow mealworm

acid이 대조구에 비해 처리구에서 유의적으로 낮게 나타났고, 콜레스테롤 감소에 효과적인 Palmitoleic acid는 YM 0.5% 처리구에서 가장 높게 나타났다 (table 6). 또한 불포화지방산인 Oleic acid, Linoleic

acid가 처리구에서 유의적으로 높게 나타났다. 이는 갈색저리의 첨가 급여사료가 계육의 포화지방산은 낮춰주고 불포화지방산은 유의적으로 높여 주어 계육내 지방산 조성이 개선됨을 알 수 있었

다. 특히 어유를 급이한 계육에서 높은 비율의 eicosapentanoic acid와 docosahexaenoic acid를 나타내었다고 보고하였다 (Narciso-Gaytan, 2011; Shin et al., 2011). 또한 육계에 해조류 부산물은 급여한 결과 지방산의 조성에 변화가 있었으며 linolenic acid 함량이 유의적으로 증가하였다 (Kim et al., 2013). 또한 이러한 결과는 (Chae et al., 2012)와 유사하였으며 불포화 지방산의 함량은 변화가 없었다.

결론적으로 육계사료에 갈색거저리 첨가급여는 가금사료에 대두박을 대체할 수 있는 단백질 대체원으로 이용할 수 있는 가능성이 충분하다. 또한 육계의 생산성에 아무런 나쁜 영향도 보이지 않았다. 이러한 결과는 시판되는 동물사료에 단백질원으로서 이용할 수 있기 때문에 대단히 중요하다. 갈색거저리 껍질은 가금사료 자원으로 최적은 아닌 듯하다. 한편 폐기 유기자원을 이용하여 갈색거저리를 사육할 수 있으므로 이러한 분야에도 더욱 연구가 요구된다.

적 요

가축의 사료에 동물성 단백질 공급원으로서 갈색거저리 (Mealworm, YM) 와 탈피각 (slough of mealworm, SM)의 이용성을 알아보기 위하여 연구를 수행하였다. 시험 동물은 1일령의 아바 에이커 육용계 200수를 선발하여 5개 처리구 (대조구, YM0.5, YM1.0, YM2.0%, SM1%)에 처리 당 2반복, 반복 당 20수씩 선발하여 완전임의 배치하여 6주간 사양 시험을 실시하였다. 시험 종료 후, 각 시험구당 5수씩을 선정하여 채혈하고 근육을 채취하였다. 증체량과 사료 섭취량을 측정하였으며, 도계후 일반성분, 육질분석, 혈액 성분 등을 분석하였다. 증체량은 YM 1% 처리구에서 가장 높게 나타났으며, 사료요구율은 낮게 측정되었다. 갈색거저리 첨가에 의하여 기호성이나 조직감에는 영향이 없었다. 생체중과 도체중은 YM 1% 처리구에서 유의적($P<0.05$)으로 높게 측정되었고 도계율도 74.1로 가장 높게 나타나, 갈색거저리 1% 첨가 급여할 때 육계의 도체성적이 가장 우수함을 확

인하였다. 염증발생과 관련된 모든 백혈구(WBC) 관련 지표들은 갈색거저리 첨가구가 대조구에 비해 유의적인 차이는 없었다. 빈혈증 질환과 관련한 적혈구(RBC)는 모든 항목에서 대조구보다 처리구에서 유의적($P<0.05$)으로 높게 나타났으나 모두 정상범위 내에 포함되었다. 혈청성분은 전반적으로 대조구보다 처리구에서 높게 나타났으며, TCHO, GOT 및 P는 유의적($P<0.05$)으로 높았다. 사양관리시 폐사나 질병발생 등이 발견되지 않은 것으로 보아 갈색거저리의 첨가급여가 육계의 대사생리에 이상을 초래하지는 않는 것으로 판단되었다. 조단백과 조지방 및 조회분이 대조구에 비해 처리구에서 다소 높게 측정되었고 특히 육색에서는 a(적색도), b(황색도)가 대조구에 비해 YM 1% 처리구에서 유의적($P<0.05$)으로 높게 측정되었다. 또한 가열감량과 전단력이 처리구에서 감소되었다. 갈색거저리의 첨가 급여사료가 계육의 포화지방산은 낮춰주고 불포화지방산은 유의적으로 높여주어 계육 내 지방산 조성이 개선됨을 알 수 있었다. 결론적으로 육계사료에 갈색거저리 첨가급여는 가금사료에 대두박을 대체할 수 있는 단백질 대체원으로 이용할 수 있는 가능성이 충분하며, 육계의 생산성에 아무런 나쁜 영향도 보이지 않았다.

검색어: 육계, 갈색거저리, 혈액성상, 육질

참고문헌

1. Anand H, Ganguly A, Haldar P 2008 Potential value of acridids as high protein supplement for poultry feed. *International Journal of Poultry Science* 7(7): 722-725.
2. Anderson SJ 2000 Increasing calcium levels in cultured insects. *Zoo Biology* 19 (1): 1-9.
3. AOAC 1990 Association of Analytical Chemists. Official Methods of Analysis (15th ed.) Association of Analytical Chemists, Washington D.C.
4. Awoniyi TAM, Aletor VA, Aina JM 2003 Performance of broiler-chickens fed on maggot

- meal in place of fish meal. *International Journal of Poultry Science*. 2: 271-274.
5. Baek HY, Kim JW, Kim JU, Kim IH 2013 Effects of dietary supplementation of bacteriophage CP on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, carcass characteristics and fecal microflora in broilers. *Korean J Poult Sci* 40(4): 283-290.
 6. Ballitoc DA, Sun SS 2013 Ground yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) feed supplementation improves growth performance and carcass yield characteristics in broilers. Open Science Repository Agriculture. doi: 10.7392/openaccess.23050425.
 7. Cerritos R 2009 Insects as food: an ecological, social and economical approach. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources.
 8. Chae HS, Choi HC, Na JC, Kim MJ, Kang HK, Kim DW, Kim JH, Jo SH, Kang GH, Seo OS 2012 Effect of raising periods on amino acids and fatty acids properties of chicken meat. *Korean J Poult Sci* 39(2): 77-85.
 9. Das A, Das S, Haldar P 2004 Role of *Oxyfiscovittata* (Orthoptera: Insecta). *Proc Ind Acad Sci (Anim Sci)* 94: 443-461.
 10. Despins JL 1994 Feeding behavior and growth of turkey poults fed larvae of the darkling beetle (*Alphitobius diaperinus*). *Poult Sci* 74: 1526-1533.
 11. Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11:1-42.
 12. Fisher C 1988 The nutritional value of earthworm, pp.181-192. In C. A. Edwards and E. F. Neuhauser, (eds.), Academic, The Hague.
 13. Ghaly AE, Alkoak FN 2009 The yellow mealworms as a novel source of protein. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 4(4): 319-331.
 14. Giannone M 2003 A natural supplement made of insect larvae. *Rivista di Avicoltura*, 72(4): 38, 40-41.
 15. Hossain SM, Blair R 2007 Chitin utilization by broilers and its effect on body composition and blood metabolites. *Br Poult Sci* 48(1): 33-8.
 16. Hwangbo J, Hong EC, Jang A, Kang HK, Oh JS, Kim BW, Park BS. 2009 Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *J Environ Biol* 30(4): 609-14.
 17. Ifie I, Emeruwa CH 2011 Nutritional and anti-nutritional characteristics of the larvae of *Oryctes monoceros*. *Agric Biol J N Am* 2(1): 42-46.
 18. Kim KS, Lee SK, Choi YS, Ha CH, Kim WH 2013 Effects of dietary of by products for seaweed (*Eucheuma spinosum*) ethanol production process on growth performance, carcass characteristics and immune activity of broiler chicken. *Korean J Poult Sci* 40(2): 105-113.
 19. Klasing KC, Thacker P, Lopez MA, Calvert CC 2000 Increasing the calcium content of mealworms (*Tenebrio molitor*) to improve their nutritional value for bone mineralization of growing chicks. *J Zoo Wildlife Med* 31(4): 512-517.
 20. Narciso-Gaytan C, Shin D, Sams AR, Keeton JT, Miller RK, Smith SB, Sanchez-Plata MX 2011 Lipid oxidation stability of omega-3 and conjugated linoleic acid-enriched sous vide chicken meat. *Poultry Sci* 90: 473-480.
 21. Ng WK, Liew FL, Ang LP, Wong KW 2001 Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquacult. Res.*, 32 (Supplement 1): 273-280.
 22. Oonincx DGAB, de Boer IJM 2012 Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans – A Life Cycle Assessment. *PLOS ONE* | www.plosone.org 7(12): e51145.

23. Oonincx DGAB, van Itterbeeck J, Heetkamp MJW, van den Brand H, van Loon JJA 2010 An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS ONE* 5(12): e14445. doi:10.1371/ journal.pone.0014445.
24. Pimental D, Dritschilo W, Krummel J, Kutzman J 1975 Energy and land constraints in food protein production. *Science* 190: 754-761.
25. Premalatha M, Abbasi T, Abbasi SA 2011 Energy-efficient food production to reduce global warming and eco-degradation: The use of edible insects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15: 4357-4360.
26. Pretorius Q 2011 The evaluation of larvae of *Musca domestica* (common house fly) as protein source for broiler production. (MS Thesis), Stellenbosch University.
27. Ramos-Elorduy J 1997 Insects: A sustainable source of food? *Ecol Food Nutr* 36 (2-4): 247-276.
28. Ramos-Elorduy J, Avila Gonzalez E, Rocha Hernandez A, Pino JM 2002 Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *J Econ Entomol* 95(1): 214-220.
29. Ramos-Elorduy J, Pino JM 1990 Variation of the nutritive value of *Tenebrio molitor* L. raised on different substrates. *Proc Int Working Conf Stored Prod Protect 1*: 210-210.
30. SAS Institute Inc 2005 SAS/STAT User's Guide: Version 8.2. SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina.
31. Shin D, Narciso-Gaytan C, Park JH, Smith SB, Sanchez-Plata MX, Ruiz-Feria CA 2011 Dietary combination of the effects of conjugated linoleic acid and flaxseed or fish oil on the deposition of linoleic and arachidonic acid in poultry meat. *Poult Sci* 90: 1340-1347.
32. Sonaiya 1995 Feed Resources for small holder poultry in Nigeria. *World Anim Rev* 82: 25-33.
33. Téguia A, Mpoame M, Mba JAO 2002 The production performance of broiler birds as affected by the replacement of fish meal by maggot meal in the starter and finisher diets. *Tropicultura*. 20(4): 187-192.
34. Wang YC, Chen YT, Li XR, Xia JM, Du QS, Zhi C 1996 Study on rearing the larvae of *Tenebrio molitor* Linne and the effects of its processing and utilization. *Acta Agriculturae Universitatis Henanensis* 30(3): 288-292.