

# 이유자돈 사료 내 동애등에(*Hermetia illucens*)의 첨가가 분변지수, 혈액성상, 면역반응 및 소장형태에 미치는 영향

최요한<sup>1</sup>, 김조은<sup>1</sup>, 정현정<sup>1</sup>, 조은석<sup>1</sup>, 김동우<sup>2</sup>, 김진수<sup>2\*</sup>  
<sup>1</sup>농진청 국립축산과학원 양돈과, <sup>2</sup>강원대학교 동물생명과학대학 동물산업융합학과

## Effects of *Hermetia Illucens* Supplementation on Fecal Score, Blood Profiles, Immune Response and Small Intestinal Morphology in Weaned Pigs

Yo-Han Choi<sup>1</sup>, Jo-Eun Kim<sup>1</sup>, Hyun-Jung Jung<sup>1</sup>, Eun Seok Cho<sup>1</sup>,  
Dong-Woo Kim<sup>2</sup>, Jin-Soo Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Swine Science Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration,  
<sup>2</sup>Department of Animal Industry Convergence, College of Animal Life Sciences, Kangwon National University

**요약** 본 실험은 사료 내 동애등에(HI, *Hermetia illucens*)의 첨가가 이유자돈의 분변지수, 혈액성상, 면역반응 및 소장 형태에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행하였다. 본 실험을 위해 총 24두의 이유자돈(Landrace×Yorkshire×Duroc; 5.86±0.13 kg)을 공시하였으며, 개시체중에 기반하여, 4처리 6반복, 반복당 1두씩 완전임의 배치하였다. 실험기간은 0~14일간 진행하였다. 실험 처리구는 옥수수-대두박 기초사료를 대조구로 하여 기초사료 내 HI를 1, 2 및 3% 첨가한 처리구가 포함되었다. 혈액성상에서 사료 내 HI의 첨가수준이 증가함에 따라 혈중 단핵구( $p<0.01$ )와 호산구( $p<0.05$ )가 유의적으로 증가하는 것으로 나타났으며, 적혈구는 선형적으로 감소하는 경향이 관찰되었다( $p=0.08$ ). 한편, 면역반응에서 혈 중 TNF- $\alpha$ 의 수치는 사료 내 HI의 첨가수준이 증가함에 따라 선형적으로 감소하는 경향이 관찰되었으며( $p=0.067$ ), 분변지수 또한 HI의 첨가수준이 증가함에 따라 선형적으로 감소하는 경향이 관찰되었다( $p=0.058$ ). 소장형태에서 십이지장의 용모 높이는 HI의 첨가수준이 증가할수록 개선되는 유의적인 효과가 나타났다( $p<0.05$ ). 본 실험의 결과들을 종합해 보면, 사료 내 HI 첨가는 이유자돈의 설사저감, 면역반응 및 소장형태에 긍정적인 효과를 미치는 것을 시사한다.

**Abstract** This study was undertaken to determine the effects of feed supplementation with *Hermetia illucens* (HI) on the fecal score, blood profiles, immune response, and small intestinal morphology in weaned pigs. A total of 24 weaned pigs (Landrace×Yorkshire×Duroc; 5.86±0.13 kg) were randomly allotted to 4 treatments and 6 replicates on the basis of initial body weight. The experiment was accomplished over 0-14 days. The dietary treatments included a corn-soybean meal diet supplemented with 0, 1, 2, and 3% HI. A linear response to increasing dietary HI was observed for the number of monocytes ( $p<0.01$ ) and eosinophils ( $p<0.05$ ), whereas red blood cells tended to decrease with increasing HI levels. Plasma TNF- $\alpha$  levels were also determined to linearly decrease with HI supplementation ( $p=0.07$ ). Moreover, a linearly decreasing tendency ( $p=0.06$ ) was observed in the fecal score with increasing dietary levels of HI. Weaned pigs fed diets supplemented with increasing dietary concentrations of HI showed linearly improved ( $p<0.05$ ) duodenal villus height during the study period. Taken together, these results indicate the beneficial effects of HI on diarrhea reduction, immune response, and small intestinal morphology in weaned pigs.

**Keywords** : *Hermetia illucens*, Fecal score, Blood profiles, Immune response, Intestinal morphology, Weaning pigs

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01479601)의 지원 및 2020년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

\*Corresponding Author : Jin-Soo Kim(Kangwon national Univ.)

email: kjs896@kangwon.ac.kr

Received January 15, 2020

Revised January 31, 2020

Accepted April 3, 2020

Published April 30, 2020

## 1. 서론

어미의 모유에서 사료로 전환되는 이유기는 자돈에게 있어서 스트레스를 가장 크게 유발되는 시기 중 하나이다[1]. 영양소 공급원의 형태가 액상에서 고형물로 전환되어 일시적인 섭식 저하가 발생되며, 이후 스트레스 완화 시 과한 섭식행동을 나타낸다[1,2,3].

소화효소 분비 능력이 낮은 자돈의 생리적 특성상, 소화가 덜된 섭취물이 장내로 유입되고 이는 설사를 유발하는 원인 중 하나가 된다[4]. 이유기 설사는 소장관 용모의 탈락, 염증반응 촉진, 장내 미생물 불균형, 영양소 흡수 저하, 성장정체 및 폐사에 이르기까지 다양한 문제들을 야기할 수 있기 때문에 이유 시기 설사 관리는 매우 중요하다[1,3,4]. 이러한 문제점을 보완하기 위해 생균제, 산화아연, 항균펩타이드, 식물성추출물, 유기산제 등과 같은 사료첨가제들이 별도로 사용되어지고 있다[1].

한편, 사료원료로써 주목되고 있는 곤충 자원은 어류나 포유류와 같은 것들에 비해 성장속도가 매우 우수하여, 단위/시간당 주요 영양소의 생산량이 매우 높은 편에 속한다[5,6,7]. 또한 생산비용이 비교적 저렴하여 식품, 화장품, 의료 등 다양한 분야에서도 차세대 산업자원으로 주목하고 있다[8].

동애등에(*Hermetia illucens*)는 파리목(Diptera) 동애등에과(Stratiomyidae)에 속하는 곤충으로서 단백질이 40% 이상, 에너지가 30% 이상 함유되어 사료자원으로써 활용가치가 매우 높다[9]. 이와 관련하여 돼지의 성장, 영양소 소화율, 혈액성상에 관련된 활용 연구가 활발히 진행되고 있으며[10,11,12,13], 이유자돈 사료 내 동애등에를 3~10%까지 사용한 결과 성장에 부정적인 영향 없이 대조구와 동일한 성장을 나타냈다는 연구들이 보고되었다[8,10,14].

특히 곤충류는 chitin의 면역계 자극 특성[15]과 antimicrobial peptides(AMPs)[16] 및 lauric acid의 항균성/미생물 활성[10]에 의한 장 건강 개선 가능성이 제시되고 있다. 이와 관련된 선행연구결과로서 동애등에가 갖는 항균 펩타이드는 *Escherichia coli*와 같은 유해균에 대해서 항균력을 나타냈으며[17], *Bacillus subtilis*와 같은 일부 유익균에 대해서는 항균력을 나타내지 않았다는 연구가 보고되었다[18].

이와 같은 선행 연구결과들을 보아 동애등에는 이유자돈 사료 내 약리학적 기능을 동반하는 원료사료로서 활용가치가 매우 크다. 이는 자돈의 이유시기 설사 저감 효과와 더불어 소장 내 용모 발달에 기여할 수 있으며, 특

히 설사 저감 시 이유자돈 생산성 향상을 통한 양돈농장의 경제성 개선을 기대할 수 있다. 그러나 이와 관련된 연구는 매우 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 자돈의 이유 시 사용되는 사료 내 동애등에의 첨가별 수준이 분변지수, 혈액성상, 면역반응 및 소장 용모의 형태학적 발달에 미치는 영향을 구명하고자 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 실험동물 및 실험설계

이유자돈 사료 내 동애등에의 수준별 첨가가 분변지수, 혈액성상, 면역반응 및 소장 용모의 형태학적 변화에 미치는 영향을 구명하기 위하여 평균 체중이  $5.86 \pm 0.13$  kg인 3원 교잡종(Landrace×Yorkshire×Duroc)의 이유자돈 24두(생후 23일령)를 공시동물로 사용하였으며, 개체 간 변이를 줄이기 위해 인공수정 시 사용된 정액은 같은 종돈에서 생산된 것으로 사용하였다.

실험설계는 사료 내 동애등에의 첨가수준에 따라 0%를 대조구로 하여 각각 1, 2 및 3% 첨가구로 설계하였으며, 총 4처리 6반복, 반복당 1두씩 완전임의 배치하였다. 본 실험기간은 개시(0일) 후 14동안 진행하였다.

### 2.2 실험사료 및 사양관리

본 실험에 사용된 옥수수-대두박-유제품 기초배합사료는 National Research Council[19]에 기준하여 권장하는 영양소 수준을 충족하거나 초과하도록 하였다. 설정된 실험사료의 화학적 조성은 Table 1에 나타내었으며, 가루형태로 배합하였다.

실험사료와 물은 원하는 시간에 섭취할 수 있도록 자유채식 시켰으며, 기타 첨가제나 약품은 일체사용하지 않았다. 실험을 진행하는 동안의 이유자돈의 일반적인 사양 관리는 본 연구실의 관행법에 준하여 실시하였다.

Table 1. Chemical composition of the experimental diet

Items	<i>Hermetia illucens</i> levels, %			
	0	1	2	3
Chemical composition (%)				
ME, kcal/kg	3,350	3,350	3,350	3,350
CP	18.99	18.98	19.02	19.02
Ca	0.73	0.71	0.85	0.85
P	0.73	0.71	0.68	0.65
Lys	1.20	1.20	1.20	1.20
Met + Cys	0.71	0.72	0.72	0.71

ME, metabolizable energy; CP, crude protein; CA, calcium; P, phosphorus; Lys, lysine; Met, methionine; Cys, cysteine.

## 2.3 조사항목

### 2.3.1 분변지수

분변지수 측정은 실험개시 후부터 종료 시까지 매일 2회 오전 8시와 오후 8시에 모든 공시축을 대상으로 실시하였다. 분변의 굳기에 따라 0~4의 점수를 부여했으며, 매우 단단함(0점), 단단함(1점), 무름(2점), 매우 무름(3점) 및 액상(4점) 정도로 측정하였다. 모든 분변지수의 측정은 객관성을 최대한 유지하기 위하여 숙련된 담당자 한명에 의해 측정되었다.

### 2.3.2 혈액성상

혈액성상을 분석하기 위하여 실험이 종료되는 시점(14일)에 모든 돼지의 경정맥에서 혈액을 채취하여 EDTA가 처리된 vacutainer tube과 separate serum tube에 각각 5 mL씩 담았다. EDTA에 수집한 혈액은 24시간 안에 혈구 분석기(HEMAVET, Drew Scientific Inc., Oxford, CT)를 이용하여 백혈구(WBC, white blood cell), 헤모글로빈(Hb, hemoglobin), 림프구(LY, lymphocyte), 호중구(NE, neutrophil), 단핵구(MO, monocyte), 호산구(EO, eosinophil) 및 호염구(BA, basophil)를 측정하였다.

### 2.3.3 면역반응

혈액 내 cytokine 분비량을 측정하기 위하여 porcine IL-1 $\beta$ , IL-6, IgG, TNF- $\alpha$  kit(BD biosciences, USA)를 이용하였다. Capture antibody(anti-porcine IL-1 $\beta$ , IL-6, IgG TNF- $\alpha$ )를 coating buffer(0.1M carbonate, pH 9.5)로 희석한 후 96 well microplate에 100  $\mu$ L씩 넣고 4 $^{\circ}$ C에서 12시간동안 반응시켰다.

코팅된 96 well micro plate 각 well의 coating buffer를 제거하고 wash buffer(0.05% Tween 20, PBS)로 3회 세척하였다. 이후 blocking buffer(1% BSA, PBS) 200  $\mu$ L씩을 넣고 실온에서 1~2시간 동안 방치하였다. 이를 다시 3회 세척한 후, sample diluent solution(1% BSA, 0.05% Tween 20, PBS)으로 희석된 혈청을 200  $\mu$ L씩 넣었으며, 이를 다시 실온에서 2~4시간동안 반응시킨 후 4회 세척하였다. 이후 working detector(detection antibody+Avidin-HRP) 100  $\mu$ L씩 넣고 실온에서 1시간 반응시켰다. 반응 후 세척하였으며, substrate(TMB substrate)를 100  $\mu$ L 넣고 어두운 곳에서 30분 동안 반응시켰다.

2N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 넣고 반응을 정지시킨 후, micro-plate

reader(Benchmark Plus, Bio-Rad Laboratories, USA)로 450 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 작성된 표준곡선을 이용하여 IL-1 $\beta$ , IL-6, IgG TNF- $\alpha$ 의 함량을 구하였다.

### 2.3.4 소장 형태

소장 내 용모의 형태학적 변화를 관찰하기 위하여 실험 종료 시 모든 실험축(총 24두)을 도살하였으며, 십이지장, 공장 및 회장을 5 cm 절출하였다. 채취한 소장 시료는 식염수로 세척한 다음 10% formalin 용액에 침치하여 전자현미경으로 관찰할 때까지 냉장 보관하였다.

용모 높이(VH, villus height)와 용와 깊이(CD, crypt depth)를 측정하기 위하여 10% formalin 용액에 보존되어 있던 시료를 paraffin으로 고정시킨 후 6  $\mu$ m크기로 절단하여 azure A와 eosine으로 염색하였다. 염색한 시료는 40배 배율에서 전자현미경으로 측정하였으며 [20], 이들 간의 비율(VH/CD, villus height : crypt depth ratio)은 용모 높이에 용와 깊이를 나누어 산출하였다.

### 2.3.5 통계분석

본 실험에서 도출된 모든 결과 값은 실험구의 반복(개체)별에서 얻어진 수치로 분석하였다. 통계분석을 위해 통계프로그램 SAS(version 8.2)의 general linear model procedure[21]를 이용하였으며, 사료 내 동애등에 첨가수준에 따른 linear(L)와 quadratic(Q) 효과를 분석하였다. 통계 유의적 차이는 유의수준 0.05 이하에서 인정하였으며, 경향은 0.05 $\leq$ p<0.10에서 고려되었다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 분변지수

이유자돈 사료 내 동애등에의 첨가별 수준이 이유 후 14일간 분변지수에 미치는 영향은 Fig 1과 같다. 사료 내 동애등에 첨가수준이 증가함에 따라 분변지수가 선형적으로 감소하는 경향이 관찰되었다(p=0.058).

이유시기 설사의 발생 원인으로 다양한 요인이 제시되고 있다. 그중 가장 큰 것은 이유 시 발생하는 복합적인 원인에 의한 스트레스라고 제시되고 있다[1]. 특히 이유시기 불균형적인 섭취행동, 식물성 사료급여에 의한 소화율 저하 등은 장내 환경을 악화시켜 유해균의 증식과 염

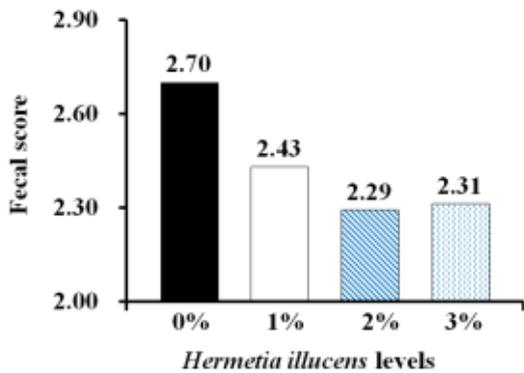


Fig. 1. Effects of supplementation *Hermetia illucens* on fecal score of weaned pigs. A tendency for the linear decrease ( $p=0.058$ ) was observed with increasing levels of HI.

증발생이 증가에 밀접한 관계가 있는 것으로 보고되었다 [2,3]. 장내 염증반응과 유해균의 증식은 장내 산화스트레스와 장독소 생산을 증가시켜 설사를 더욱 촉진하게 된다[1]. 동애등에를 포함한 곤충류에는 chitin, AMPs, lauric acid 등 항균, 항염증, 항산화스트레스 물질들이 풍부하게 함유되어 있다[10,15,16] 이러한 물질들은 장내의 환경을 개선시킴으로서 설사 저감 효과를 기대할 수 있으며, 본 연구에서 분변지수가 감소하는 경향은 이것에 기인한 것으로 사료된다.

### 3.2 혈액성상

이유자돈 사료 내 동애등에의 첨가수준이 혈액성상에 미치는 영향은 Table 2와 같다. 혈액성상 분석결과, 사

Table 2. Effects of *Hermetia illucens* supplementation on blood profiles of weaned pigs

Items	<i>Hermetia illucens</i> , %				SEM <sup>1</sup>	$p$ -value <sup>2</sup>	
	0	1	2	3		L	Q
RBC, 10 <sup>6</sup> /uL	6.49	5.81	5.61	5.66	0.33	0.080	0.279
Hb, g/dL	10.13	8.92	9.11	9.12	0.43	0.156	0.173
WBC, 10 <sup>3</sup> /uL	27.72	23.92	22.67	24.68	1.54	0.148	0.074
LY, %	60.39	61.84	62.36	62.16	2.60	0.622	0.755
NE, %	35.39	32.06	30.47	30.69	2.51	0.190	0.501
MO, %	2.73	4.12	5.08	5.03	0.48	0.001	0.147
EO, %	1.40	1.88	1.97	2.02	0.18	0.025	0.651
BA, %	0.08	0.10	0.12	0.10	0.03	0.638	0.599

<sup>1</sup>SEM, Standard error of means.

<sup>2</sup>L, Linear effect; Q, Quadratic effect.

<sup>3</sup>RBC, red blood cell; WBC, white blood cell; Hb, hemoglobin; LY, Lymphocyte; NE, neutrophil; MO, monocyte; EO, eosinophil; BA, basophil.

료 내 동애등에 첨가수준이 증가함에 따라 적혈구의 수치가 선형적으로 감소하는 경향이 관찰되었다( $p=0.080$ ). 단핵구와 호산구의 비중은 동애등에의 첨가수준이 증가함에 따라 선형적으로 증가하는 유의적 효과가 나타났다 ( $p<0.05$ ) 이를 제외한 항목에서는 동애등에 첨가에 따른 유의적인 효과가 나타나지 않았다.

본 실험기간 동안 모든 처리구 내 전 시험축에서 고통 혹은 염증반응이 발견되지 않았음에도 불구하고 동애등에 첨가수준에 따라 단핵구와 호산구가 증가한 것은 설명하기 어려울 것으로 보이나, 소아의 단백질감성 호산구 위장관염에 관한 연구[22]에서 유아기 이유식 시작 시 이종 단백질에 의한 호산구의 증가와 면역 특이질을 나타내 본 연구결과와 유사하였다. 본 연구결과 또한 모유에서 이유식으로 전환됨에 따라 이종 단백질에 의해 호중구가 증가한 것으로 판단된다. 한편, 혈액성상 내 모든 지표는 생리학적으로 정상적인 범위 안의 수치[23]를 나타내어, 특이적인 문제는 없는 것으로 여겨진다. 대부분의 연구에서 동애등에 첨가에 따른 혈액학적 변화는 발견되지 않았으나[24,25], 이유자돈 사료 내 10%까지 첨가한 연구에서 본 연구결과와 유사하게 단핵구와 호산구의 선형적 증가가 보고된 바 있다[14]. 그러나 정상범위 내로 나타나 유효한 결과는 도출되지 않았다. 따라서 동애등에의 첨가수준이 혈액성상에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

### 3.3 면역반응

이유자돈 사료 내 동애등에의 첨가수준이 이유자돈의 면역반응에 미치는 영향은 Table 3과 같다. 면역반응 분석결과, IL-1 $\beta$ , IL-6, IgG는 동애등에 첨가에 따른 유의적인 효과는 나타나지 않았으나, TNF- $\alpha$ 는 동애등에 첨가 수준이 증가함에 따라 감소하는 경향이 관찰되었다 ( $p=0.067$ ).

Table 3. Effects of dietary supplementation of *Hermetia illucens* on immune response of weaned pigs

Items	<i>Hermetia illucens</i> , %				SEM <sup>1</sup>	$p$ -value <sup>2</sup>	
	0	1	2	3		L	Q
TNF- $\alpha$ , pg/mL	171.20	167.24	154.38	162.87	4.37	0.067	0.170
IL-1 $\beta$ , pg/mL	15.05	13.37	13.67	14.79	1.11	0.927	0.223
IL-6, pg/mL	3.63	4.33	3.55	3.15	1.13	0.632	0.706
IgG, ng/mL	22.58	21.84	23.99	21.73	2.75	0.975	0.784

<sup>1</sup>SEM, Standard error of means.

<sup>2</sup>L, Linear effect; Q, Quadratic effect.

<sup>3</sup>IL-1 $\beta$ , interleukin-1 $\beta$ ; TNF- $\alpha$ , tumor necrosis factor- $\alpha$ ; IL-6, hinterleukin-6; IgG, immunoglobulin G.

사이토카인 중에서 친염증 사이토카인은 감염부위에 면역세포 작용을 활성화시키는 사이토카인로서 IL-1-β, IL-6, IL-12, IL-18, TNF-α, IFN-γ 등이 존재한다. iNOS는 산화질소(NO)를 생산하는데 여러 원인에 의해 과다 생성 시 면역세포에서 ROS(reactive oxygen substance)를 발생시켜 친염증 사이토카인과의 상호작용을 통해 세포를 손상시킨다[26]. 이러한 면역반응 과정에서 염증발생 기전은 활성산소와 지질 과산화 작용에 따른 스트레스가 중요한 원인 중의 하나로서 알려져 있다[27]. 또한 장내 유해균의 lipopolysaccharide(LPS) 증가는 독소반응을 야기하여, 세포의 산화 스트레스를 유발한다. AMPs는 LPS에 의해 자극되어 생산되는 TNF-α, IL-6 등과 같은 사이토카인 생성을 억제하는 것으로 보고되었다[28]. 따라서 chitin, AMPs 및 lauric acid 등 다양한 면역물질을 함유하고 있는 동애등에를 이유자돈에게 급여할 경우 산화스트레스를 억제하여 사이토카인 등과 같은 면역작용에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다.

### 3.4 소장형태

이유자돈 사료 내 동애등에의 첨가가 소장형태에 미치는 영향은 Table 4와 같다. 동애등에의 첨가수준이 증가함에 따라 십이지장의 용모높이가 유의적으로 증가하는 것으로 나타났으며( $p < 0.05$ ), 공장의 용와깊이는 동애등에 첨가수준이 증가함에 따라 감소하는 경향이 관찰되었다( $p = 0.057$ ). 이외의 항목에서는 동애등에 첨가수준에 따른 유의적인 효과가 나타나지 않았다.

Table 4. Effects of *Hermetia illucens* supplementation on small intestinal morphology of weaned pigs

Items	<i>Hermetia illucens</i> , %				SEM <sup>1</sup>	<i>p</i> -value <sup>2</sup>	
	0	1	2	3		L	Q
Villus height, μm							
Duodenum	655	677	670	686	8.50	0.033	0.728
Jejunum	552	564	537	542	26.80	0.643	0.887
Ileum	474	419	444	412	38.57	0.363	0.759
Crypt depth, μm							
Duodenum	324	327	336	317	15.95	0.856	0.489
Jejunum	283	260	264	256	8.45	0.057	0.374
Ileum	239	236	245	252	14.63	0.473	0.720
VH/CD							
Duodenum	2.02	2.09	2.10	2.15	0.12	0.294	0.478
Jejunum	1.97	2.04	2.16	2.28	0.13	0.640	0.570
Ileum	2.04	1.91	1.93	1.97	0.19	0.210	0.501

<sup>1</sup>SEM, Standard error of means.

<sup>2</sup>L, Linear effect; Q, Quadratic effect.

이유자돈 시기는 소장의 형태학적 변화가 발생되며, 성장에 있어서 그 중요성이 제시되고 있다[29,30]. 이상적인 소장의 형태학적 변화는 영양소 흡수를 증가시켜 영양소 소화율과 성장 개선에 긍정적인 효과를 나타낸다[14]. 본 연구결과와 달리 대부분 연구에서 이유자돈 사료 내 동애등에 첨가는 소장 내 용모의 길이, 용와깊이 및 이들 간의 비율에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다[10,14]. 이와 같이 상반되는 결과는 동애등에가 함유하고 있는 AMPs, chitin 등과 같은 물질에 의한 산화스트레스 저감 효과에 기인한 것으로 여겨진다[31]. 가끔의 경우 동애등에 급여 시 산화스트레스에 의한 장상피 세포 손실이 저감되어 용모의 길이가 개선되는 것으로 보고하여 본 연구결과와 유사하였다[10,12]. 따라서 이유자돈 사료 내 동애등에의 첨가수준은 소장의 형태학적 변화에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

## 4. 요약 및 결론

본 연구는 사료 내 동애등에 첨가수준이 이유자돈의 분변지수, 면역반응, 혈액성상 및 소장 용모 형태에 미치는 영향을 구명하기 위해 실시하였다. 연구결과, 동애등에 첨가수준이 증가함에 따라 분변지수가 선형적으로 감소하는 경향이 관찰되었으며, 혈 중 단핵구와 호산구의 수치가 감소하는 것으로 나타났다. 소장 중 십이지장의 용모길이가 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 이유자돈 사료 내 동애등에를 3%까지 첨가하여도 혈액성상, 면역반응, 소장형태 및 분변지수에 부정적인 영향을 나타내지 않으며, 설사 저감 및 친염증성 사이토카인 저감에 긍정적인 효과가 있음을 시사한다.

## References

- [1] H. Vondruskova, R. Slamova, M. Trckova, Z. Zraly, I. Pavlik, "Alternatives to antibiotic growth promoters in prevention of diarrhoea in weaned piglets: a review", *Veterinari Medicina*, Vol.55, pp.199-224, 2010. DOI: <https://doi.org/10.17221/2998-VETMED>
- [2] M. Bailey, C. J. Clarke, A. D. Wilson, N. A. Williams, C. R. Stokes, "Depressed potential for interleukin-2-production following early weaning of piglets", *Veterinary Immunology and Immunopathology*, Vol.34, pp.197-207, 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-2427\(92\)90164-L](https://doi.org/10.1016/0165-2427(92)90164-L)
- [3] T. M. Laine, T. Lyytikainen, M. Yliaho, M. Anttila, "Risk

- factors for post-weaning diarrhoea on piglet producing farms in Finland”, *Acta Veterinaria Scandinavica*, Vol.50, No.1, Article No.21, 2008.  
DOI: <https://doi.org/10.1186/1751-0147-50-21>
- [4] S. Z. Skirrow, J. R. Buddle, A. R. Mercy, F. Madec, R. R. Nicholls, “Epidemiological studies of pig diseases: 2. Post-weaning diarrhoea and performance in Western Australian pigs”, *Australian Veterinary Journal*, Vol.75, pp.282-288, 1997.  
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1997.tb10098.x>
- [5] J. S. Teotia, B. F. Miller, “Nutritive content of house fly pupae and manure residue”, *British Poultry Science*, Vol.15, No.2, pp.177-182, 1974.  
DOI: <https://doi.org/10.1080/00071667408416093>
- [6] J. S. Teotia, B. F. Miller, “Fly pupae as a dietary ingredient for starting chicks”, *Poultry Science*, Vol.52, No.5, pp.1830-1835, 1973.  
DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0521830>
- [7] B. S. Park, G. H. Kim, “Effects of dietary dried house fly larvae on carcass characteristics and growth performance in broiler chickens”, *Annals of Animal Resource Science*, Vol.17, No.2, pp.10-20, 2006.
- [8] Y. H. Choi, S. Y. Yoon, S. M. Jeon, J. Y. Lee, S. M. Oh, S. H. Lee, J. S. Kim “Effects of different levels of *Hermetia Illucens* on growth performance and nutrient digestibility in weaning pigs”, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.20, No.9, pp.255-261, 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.9.255>
- [9] G. S. Ojewola, A. S. Eburuaja, F. C. Okoye, A. S. Lawal, A. H. Akinmutimi, “Effect of inclusion of grasshopper meal on performance, nutrient utilization and organ of broiler chicken”, *Journal of Sustainable Agriculture and the Environment*, Vol.5, No.1, pp.19-25, 2003.
- [10] T. Spranghers, J. Michiels, J. Vrancx, A. Olyn, M. Eeckhout, P. D. Clercq, S. D. Smet, “Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae for weaned piglets”, *Animal Feed Science and Technology*, Vol.235, pp.33-42, 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.012>
- [11] H. Driemeyer, “Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae as an alternative protein source in pig creep diets in relation to production, blood and manure microbiology parameters”, Thesis for the degree of master of science, University of Stellenbosch, South Africa, 2016.
- [12] S. Velten, C. Neumann, M. Bleyer, E. Gruber-Dujardin, M. Hanuszewska, B. Przybylska-Gornowicz, F. Liebert, “Effects of 50 percent substitution of soybean meal by alternative proteins from *Hermetia illucens* or *Spirulina platensis* in meat-type chicken diets with graded amino acid supply”, *Open Journal of Animal Sciences*, Vol.8, No.2, pp.119-136, 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.4236/ojas.2018.82009>
- [13] G. L. Newton, C. V. Booram, R. W. Barker, O. M. Hale, “Dried *Hermetia Illucens* larvae meal as a supplement for swine”, *Journal of Animal Science*, Vol.44, pp.395-400, 1977.  
DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1977.443395x>
- [14] I. Biasato, M. Renna, F. Gai, S. Dabbou, M. Meneguz, G. Perona, S. Martinez, A. C. B. Lajusticia, S. Bergagna, L. Sardi, M. T. Capucchio, E. Bressan, A. Dama, A. Schiavone, L. Gasco, “Partially defatted black soldier fly larva meal inclusion in piglet diets: effects on the growth performance, nutrient digestibility, blood profile, gut morphology and histological features”, *Journal of animal science and biotechnology*, Vol.10, Article No.12, 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0325-x>
- [15] A. Van-Huis, “Potential of insects as food and feed in assuring food security”, *Annual Review of Entomology*, Vol.58, pp.563-583, 2013.  
DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- [16] H. Driemeyer, “Insect antimicrobial peptides, a mini review”, *Toxins*, Vol.10, No.11, Article No. 461, 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins10110461>
- [17] M. C. Erickson, M. Islam, C. Sheppard, J. Liao, M. P. Doyle, “Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly”, *Journal of Food Protection*. Vol.67, pp.685-690, 2004.  
DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.4.685>
- [18] W. H. Choi, J. H. Yun, J. P. Chu, K. B. Chu, “Antibacterial effect of extracts of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae against Gram-negative bacteria”, *Entomological Research*, Vol.42, pp.219-226, 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2012.00465.x>
- [19] National Research Council(NRC), “Nutrient requirements of swine”, Livestock Production Science, pp. 208-238, The national academies press, 2012.
- [20] K. R. Cera, D. C. Mahan, R. F. Cross, G. A. Reinhart, R. E. Whitmoyer, “Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine”, *Proceedings of the Journal of Animal Science*, Vol.66, No.2, pp.574-584, 1988.  
DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1988.662574x>
- [21] SAS. 2012, SAS Software for PC. Release 9.3, SAS Institute. Ins, Cart, NC, USA.
- [22] J. B. Kim, K. M. Kim, K. S. Kim, S. Y. Pi, Y. S. Park, “Clinical and histological study of allergic colitis in infant”, *Korean Journal of Pediatrics*, Vol.41, No.4, pp.521-528, 1998.
- [23] R. M. Friendship, J. H. Lumsden, I. McMillan, M. R. Wilson, “Hematology and biochemistry reference values for Ontario swine”, *Canadian Journal of Veterinary Research*, Vol.48, No.4, pp.390-393, 1984.
- [24] A. Schiavone, M. Cullere, M. D. Marco, M. Meneguz, I. Biasato, S. Bergagna, D. Dezzutto, F. Gai, S. Dabbou,

L. Gasco, A. D. Zotte, "Partial or total replacement of soybean oil by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) fat in broiler diets: effect on growth performances, feed-choice, blood traits, carcass characteristics and meat quality", *Italian Journal of Animal Science*, Vol.16, No.1, pp.93-100, 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1249968>

[25] S. Dabbou, F. Gai, I. Biasato, M. T. Capucchio, E. Biasibetti, D. Dezzutto, M. Meneguz, I. Plachà, L. Gasco, A. Schiavone, "Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age", *Poultry Science*, Vol.96, No.6, pp.1783-1790, 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pew461>

[26] T. Guzik, R. Korbut, T. Adamek-Guzik, "Nitric oxide and superoxide in inflammation and immune regulation", *Journal of Physiology and Pharmacology*, Vol.54, No.4, pp.469-487, 2003.

[27] T. T. MacDonald, G. Monteleone, "Immunity, inflammation, and allergy in the gut", *Science*, Vol.307, No.5717, pp.1920-1925, 2005.  
DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1106442>

[28] R. E. W. Hancock, M. G. Scott, "The role of antimicrobial peptides in animal defenses", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol.97, No.16, pp.8856-8861, 2000.  
DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.97.16.8856>

[29] L. T. Chwen, H. L. Foo, N. T. Thanh, D. W. Choe, "Growth performance, plasma fatty acids, villous height and crypt depth of pre-weaning piglets fed with medium chain triacylglycerol", *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, Vol.26, No.5, pp.700-704, 2013.  
DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12561>

[30] R. T. Zijlstra, K. Y. Whang, R. A. Easter, J. Odle, "Effect of feeding a milk replacer to early-weaned pigs on growth, body composition, and small intestinal morphology, compared with suckled littermates", *Animal Feed Science and Technology*, Vol.74, No.12, pp.2948-2959, 1996.  
DOI: <https://doi.org/10.2527/1996.74122948x>

[31] M. Yu, Z. Li, W. Chen, T. Rong, G. Wang, X. Ma, "*Hermetia illucens* larvae as a potential dietary protein source altered the microbiota and modulated mucosal immune status in the colon of finishing pigs", *Journal of Animal Science and Biotechnology*, Vol.10, Article No.50, 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0358-1>

최요한(YoHan Choi)

[정회원]



- 2015년 2월 : 강원대학교 동물생명과학전공 (농학석사)
- 2019년 2월 : 강원대학교 동물생명과학전공 (농학박사)
- 2019년 4월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후 연구원

<관심분야>

동물영양 및 사양, 동물복지

김조은(Jo-Eun Kim)

[정회원]



- 2016년 8월 : 경상대학교 농업생명과학대학 축산학과 (농학석사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 (농학박사과정)
- 2012년 10월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

동물영양, 미생물체

정현정(Hyun\_Jung Jung)

[정회원]



- 1998년 2월 : 서울대학교 농업생명과학대학 축산학과 (농학석사)
- 2002년 8월 : 서울대학교 농업생명과학대학 농생명공학부 (농학박사)
- 2005년 12월 ~ 2017년 12월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사
- 2018년 1월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구관

<관심분야>

동물영양, 가축사양

조 은 석(Eun-Seok Jo)

[정회원]



- 2007년 3월 : 경남과학기술대학교 동물소재공학과 (농학석사)
- 2011년 8월 : 경상대학교 응용생명공학 (이학박사)
- 2012년 1월 ~ 2015년 6월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후 연구원
- 2015년 7월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

가축육종, 유전체학

---

김 동 우(Jin-Soo Kim)

[준회원]



- 2019년 2월 : 강원대학교 동물생명시스템학과 (농학학사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 동물산업융합전공 석사과정

<관심분야>

동물영양, 가축사양

---

김 진 수(Jin-Soo Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 강원대학교 동물영양학(농학석사)
- 2012년 2월 : 강원대학교 동물영양학(농학박사)
- 2013년 ~ 2016년 : University of Minnesota research fellow
- 2017년 2월 : 강원대학교 동물산업융합 학과 조교수

<관심분야>

동물영양 및 사양, 축사시설