

## Comparative Analysis of Nutritional Components of *Zophobas atratus* Larvae Raised with Artificial Diet and Wheat Bran

Sun Young Kim, Kyu-Won Kwak, Kyeong Yong Lee, Hyeon-Jin Ko, Yong-Soon Kim, Eunsun Kim, Kwanho Park and Hyung Joo Yoon\*

Industrial Insect Division, Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

Received October 30, 2020 / Revised November 26, 2020 / Accepted November 26, 2020

In order to verify whether *Zophobas atratus* is an edible insect, the nutrients and harmful substances of *Z. atratus* larvae reared with an artificial diet (AD) and wheat bran (WB) were compared and analyzed. Based on dry weight, the crude protein content of *Z. atratus* larvae reared with an AD was 62.4%, 1.4 times higher than that of those reared with WB (45.2%). The crude fat content was 20.5% in the AD group, 2.3 times less than in the WB group (46.3%). The leucine content was 1.4 times higher in the AD group (4.2%) than in the WB group (3.0%). The glutamic acid content of nonessential amino acids was 1.3 times higher in the AD group (7.0%) than in the WB group (5.3%). The oleic acid content was 1.4 times higher in the WB group (37.0%) than in the AD group (26.7%). The potassium content was 1.1 times higher in the AD group (975.9 mg/100 g) than in the WB group (872.9 mg/100 g). According to the results of the toxic substances analysis, the lead and cadmium levels of the WB and AD groups were standard for edible insects. Pathogenic microorganisms, such as *E. coli* and salmonella, were not detected in either group. According to the results of the present analysis of nutrition and harmful substances, *Z. atratus* larvae raised on an AD are safe and contain various nutrients. Therefore, such larvae could be useful sources of food and feed.

**Key words** : Artificial diet, hazardous substances, nutrients, *Zophobas atratus* larvae

### 서 론

전세계적으로 환경오염과 육류소비 증가로 식량난이 야기되고 있어 인류의 식량에 새로운 대안을 찾고 있는 실정이다 [1, 37]. 이에 따라 국제식량농업기구(FAO) 보고서에서 2050년 쯤 세계인구가 90억에 달하여 지금의 2배 이상의 식량이 소요될 것으로 예측하여 미래식량으로 곤충을 주목하고 있다 [38, 47].

곤충의 영양학적 가치는 소고기와 비슷하며 가축보다 적은 양의 온실가스, 암모니아 가스를 방출된다고 보고되고 있다 [11, 39, 50]. 전세계 113개국에서 곤충을 섭취하고 있고, 식용곤충으로 나비목(Lepidoptera), 딱정벌레목(Coleoptera), 메뚜기목(Orthoptera), 흰개미목(Isoptera), 벌목(Hymenoptera) 등에 속하는 2,000종 이상이 있다 [33]. 국내에서는 2011년 농림축산식품부가 ‘곤충산업육성 5개년 종합계획’을 발표하였다. 이에 따라 식용곤충에 대한 관심의 증가와 함께 식품과 영양성분 비교분석연구가 활발히 진행되었다. 기존에 식용곤충으로

식품공전에 등록된 곤충은 누에(*Bombyx mori* L.) 유충과 번데기, 벼메뚜기(*Oxya japonica* Thunberg), 백강잠(누에(*Bombyx mori* L.) 유충이 백강병균 *Beauveria bassiana* Vull. 감염에 의한 백강병으로 경직사한 충체)이 있고 2016년에 갈색거저리(*Tenebrio molitor* L.) 유충, 흰점박이꽃무지(*Protaetia brevitarsis*) 유충, 장수풍뎅이 유충(*Allomyrma dichotoma*), 쌍별귀뚜라미(*Gryllus bimaculatus*)가 추가되어 총 7종의 식용곤충이 식품공전에 등록되어 있다. 2020년 아메리카왕거저리(*Zophobas atratus*) 유충 탈지분말과 서양종 꿀벌(*Apis mellifera*)의 수벌 번데기 2종이 한시적 식품원료로 인정받아 우리나라의 식용곤충은 현재 한시적 식품원료를 포함하여 총 9종이다.

아메리카왕거저리는 딱정벌레목(Coleoptera) 거저리과(Tenebrionidae)에 속하는 대형 거저리류로 열대종으로 중남미에 주로 분포하며 [17, 42], 갈색거저리(*Tenebrio molitor*)보다 약 3~4배 더 큰 형태를 가지고 있다 [27, 28]. 또한, 완전변태곤충으로 19에서 20령의 긴 유충기간을 갖고 있고 일부 국가에서 식용으로 폭넓게 사용되고 있다 [22, 42]. 최근 연구에서 탈지 전, 후 아메리카왕거저리 유충의 영양성분과 유해물질 비교분석 연구를 통해 탈지 후 유충의 영양성분의 우수함과 유해성이 없음을 밝혀낸 바 있으며 [28], 아메리카왕거저리 유충 탈지 분말의 설치류를 통한 아만성 독성시험에서도 그 안전성이 입증되었고 [29], 맥주박으로 사육한 아메리카왕거저리 유충에서 밀기울과 비슷한 발육과 영양성이 더 우수함을 확인하였다 [27]. 그러나 밀기울을 주성분으로 제조된 인공사료로 사

#### \*Corresponding author

Tel : +82-63-238-2955, Fax : +82-63-238-3833

E-mail : yoonhj1023@korea.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

육된 아메리카왕거저리 유충에 대한 영양성에 관한 연구는 거의없는 실정이다. 본 연구에서 인공사료와 밀기울로 사육한 아메리카왕거저리 유충의 일반성분, 아미노산 등의 영양성분의 특성을 구명하고, 중금속, 병원성미생물 등의 유해물질을 비교분석하여 밀기울 대체사료로 활용될 가능성을 조사하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험곤충 및 전처리

1일 동안 산란한 아메리카왕거저리 16G 부화유충을 대상으로 12,000마리씩 3반복 실험하였다. 실험곤충은 온도 30℃, 상대습도 65%, 광주기 9L:15D, 조도 1,800 lux 조건의 국립농업과학원 곤충산업과 실험실 향온습기(Dasol scientific., Hwaseong, Korea)내의 플라스틱 사육상자(가로 27×세로 36×높이 8 cm)에서 약 90일간 밀기울과 인공사료로 집단 사육하였다.

약 3일간 절식시킨 유충을 체반을 이용하여 이물질을 제거한 후 물에 2-3회 세척하고 물기를 제거하였다. 전처리된 유충을 115℃, 0.9 kgf/cm<sup>2</sup>로 10-15분 동안 가압증기멸균기(Tomy Kogyo co., LTD, Tokyo, Japan)로 고온고압멸균하고 영하 70℃의 초저온 냉동고(NIHON freezer, Tokyo, Japan)에서 24시간 이상 급속냉동하였다. 그런 다음 동결건조기(Illshinbiobase, Dongducheon, Korea)를 이용하여 약 65±5시간 동안 건조시킨 후 100 메쉬로 분쇄기(Garyeo Industry, Siheung, Korea)에 분쇄하여 분말을 제조하였다.

### 인공사료 제조

종합비타민을 제외한 인공사료 조성물(밀기울, 어분, 소르빈산, methyl-p-hydroxybenzoate, 식용유, agar, 증류수)을 잘 혼합하여 절제용기(가로 17×세로 11×높이 4 cm)에 넣은 다음, 파라필름으로 덮고 뚜껑을 닫은 후 가압증기멸균기(Tomy Kogyo co., LTD, Tokyo, Japan)에서 100-110℃에서 10-20분 쪄낸다. 증자된 인공사료를 꺼내어 70% 에탄올에 녹인 종합비타민을 넣고 골고루 섞어 인공사료를 누른 후 실온에서 냉각시킨 다음, 5℃냉장고에 넣어 사용할 때까지 보관하였다. 이후 유충 령에 맞춰 적합한 크기로 잘라 급이하였다.

### 일반성분 분석

아메리카왕거저리 유충의 일반성분 분석은 식품의약품안전처와 식품공전의 식품성분시험법에 따라 실시하였고, 공인분석화학자협회(Association of Official Analytical Chemists, AOAC) [4]의 기준에 따라 조사하였다. 수분 함량은 105℃ 건조기를 사용하여 상압건조법, 조회분 함량은 검체가 백색~회백색의 회분이 얻어질 때까지 550℃ 직접회화법을 이용하여 분석하였다. 조단백질 함량은 질소정량법으로 micro-Kjeldahl

법을 이용하여 검체에 단백질 분해촉진제와 황산을 넣어 분해한 다음 FOSS kjeltec 8400 (Fisher Scientific, Hampton, NH, USA) 단백질 자동분석기로 함량을 측정하였다. 조지방 함량 분석은 석유 ether를 추출 용매로 Soxhlet 법을 이용하였고, 수분, 조회분, 조단백질, 조지방의 분석된 함량으로부터 탄수화물 함량을 계산하였다.

### 아미노산 조성 분석

아미노산 분석은 건강기능식품공전의 건강기능식품법에 따르면 Ninhydrin법에 의해 조사하였다[20]. 시료는 각각 50 mg을 취해서 분해병에 넣은 후, 2-머캅토에탄올(C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>OS)을 함유한 6N 염산 40 ml를 가하고 질소가스를 주입하였다. 분해병에 넣은 시료는 110℃에서 24시간 가수분해한 후 염산을 50℃에서 감압 농축시키고 0.2N 구연산나트륨 완충액(pH 2.2) 50 ml를 첨가하였다. 희석된 시료는 여과지(0.45 um, Pall Life Sciences, California, USA)를 이용해 여과한 후 ion exchange column이 장착된 아미노산분석기(L-8900 High-speed Amino Acid analyzer, Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하여 아미노산을 분석하였다. 시스테인 분석은 개미산을 첨가한 후 24시간 방치 후 물을 추가하여 동결건조한 후 2-머캅토에탄올을 함유한 6 N 염산을 이용하여 가수분해한 후 유도체화하였다. 이후 octadecyl silica column이 장착된 HPLC를 이용하여 분석하였다. 트리토판의 경우는 검체에 가용성전분과 수산화나트륨 용액을 가하고 동결시킨 후 탈기, 밀봉하여 135℃에서 22시간 동안 가수분해하였다. 가수분해물은 염산으로 중화시킨 후 원심분리하였다. 이후 상층액을 분석시료로 사용하였으며 위와 같은 아미노산 자동분석기를 이용하여 함량을 측정하였다.

### 지방산 조성 분석

포화지방산과 불포화지방산은 식품공전의 지방산 시험법 및 Folch 등[15]의 방법에 준하여 실시하였다. 균질화된 시료 50 g과 chloroform:methanol (2:1) 용액 250 ml를 homogenizer 3,000 ppm으로 지질을 추출하였다. 무수황산나트륨으로 수분을 제거하고 여과액을 50-55℃에서 농축하였다. 1 ml 트리코산산을 먼저 첨가한 후, 1 ml 0.5N 수산화나트륨을 첨가하였다. 100℃에서 20분 동안 가열 후 30분간 냉각한 다음 삼불화붕소를 2 ml 첨가하고 20분간 가열 후 30분간 냉각하였다. 1 ml 헵탄과 8 ml 염화나트륨을 첨가 후 상층액을 취하였다. 이 후 불꽃이온화 검출기가 장착된 GC (gas chromatograph, US/HP 6890, Agilent Technologies, Santa Clara, USA)에 주입하고 검출온도 285℃, 흐름속도 0.75 ml/min, 주입량 1 µl, 오븐온도 100℃(4min), 208℃(3℃/min), 244℃(15 min)의 분석조건으로 지방산을 분석을 실시하였다.

### 무기질 조성 비교분석

무기질 및 중금속 분석은 식품공전 규정에 따라 분석하였

다. 아메리카왕거저리 유충시료 체내의 미량 원소 및 중금속 분석을 위해 동결건조된 시료 분말 50 mg을 예비회화 시켰다. 무기질 분석은 준비된 아메리카왕거저리 유충시료를 건조하고 탄화시키고 450~550°C에서 완전히 회화시켰다. 이 후 염산을 추가하여 유리여과기로 여과한 후 유도 결합 플라즈마 발광분석기(inductively coupled plasma optical emission spectrometer, ICP-OES, Horiba, Kyoto, Japan)를 이용하여 함량을 측정하였다. 몰리브덴(Mo) 및 셀레늄(Se)은 건식분해법에 의하여 시료를 전처리하였으며 염소(Cl) 분석은 식염 1 g을 함유하는 검체를 회화시킨 후 물에 녹여 여과하여 크롬산칼륨시액을 첨가한 후 질산은 용액으로 적정하여 염소의 양을 산출하였다.

중금속의 분석은 시료를 600°C의 전기로에서 2시간 이상 회화시키고 염산용액(1:1)을 첨가하여 18시간 방치하며 용해하였다. 용해된 시료를 No. 6 여과지(Whatman International Co., Maidstone, UK)로 여과하였고, 중금속 함량도 플라즈마 발광분석기 (ICP-OES, Horiba, Kyoto, Japan)를 이용하여 분석하였다[12]. 분석시료는 유도결합플라즈마법 (inductively coupled plasma, ICP)을 이용하여 측정하였고 원소별 측정 파장은 납(Pb) 207 amu, 카드뮴(Cd) 111 amu로 측정하였다. 수은(Hg) 분석은 황산-질산환류법으로 10 g의 동결건조된 유충을 분해플라스크에 취하고, 물 10 ml 및 질산 20 ml를 넣어 혼합하여 잠시 방치한 다음 황산 20 ml를 천천히 넣고 주의하며 NO<sub>2</sub>의 발생이 끝나면 식힌 다음 물 50 ml 및 10% 요소용액 10 ml를 넣고 10분간 끓이고 식혀 과망간산칼륨 1 g을 넣고 10분간 때때로 흔들어 섞었다. 자홍색이 없어지면 다시 과망간산칼륨 1 g을 넣고 흔들어 자홍색이 남을 때까지 반복하여 20분간 끓였다. 자홍색이 없어지면 식힌 후 과망간산칼륨 1 g을 넣어 다시 20분간 가열한 후 식혀 용액이 무색 투명하게 될 때까지 10% 과산화수소용액을 첨가하였다. 이후 식힌 후 장치의 내부 및 연결 부분을 희석된 황산 20 ml로 씻고 플라스크에 합쳐 일정량으로 하여 수은분석기로 측정하였다.

**유해미생물 분석**

동결 건조된 아메리카왕거저리의 안전성 확인을 위해 식품공전의 규정에 따라 식중독균(*Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp.) 유무를 검사하였다[22]. 대장균 O157:H7(*E. coli* O157:H7)의 검사는 시료 25 g을 225 ml의 mEC 배지(EC broth, Novobiocin Supplement, Thermo Fisher Scientific, UK)에 첨가한 뒤 35-37°C에서 24±2시간 배양하였다. 평균 배양액을 cefixime (0.05 mg/l) 및 potassium tellurite (2.5 mg/l)가 첨가된 MacConkey sorbitol 한천배지(Sorbitol MacConkey Agar, Thermo Fisher Scientific, UK)에 도말하였고, 35-37°C에서 18시간 배양하였다. 대장균으로 간주되는 보라색 집락을 보통한천배지에 접종하여 순수 배양하였다. 이 후 그람염색법과 O/H 혈청형 시험법을 이용하여 대장균 유무를 확인하였

다. 또한 분자생물학적 방법으로서 각각의 배지 225 ml에 시료 25 g을 넣고 36°C에서 24시간동안 배양한 배양액 1 ml를 취하여 세척한 후 멸균증류수 200 µl를 섞고 10분간 가열한 후 원심 분리후 상등액 5 µl를 주형 DNA로 사용하였고, PCR 분석은 VT1, VT2 프라이머를 이용하여 수행 후 전기영동으로 UV를 이용하여 균의 검출 여부를 평가하였다.

살모넬라균(*Salmonella* spp.)은 시료 25 g을 225 ml의 펩톤수에 첨가한 후 35-37°C에서 24±2시간 배양하였다. 배양액 0.1 mL를 취하여 10 ml의 Rappaport-Vassiliadis 배지에 접종한 뒤, 42±1°C에서 24±2시간 배양하였다. XLD 한천배지에 접종 후 집락의 중앙 부분이 검거나 붉으면 보통한천배지에 접종하여 36±1°C, 24시간 동안 배양하였다. 이 후, TSI 한천배지(Triple Sugar Iron Agar, Thermo Fisher Scientific, UK)에 접종 후 살모넬라균으로 의심될 경우, 그람염색법과 살모넬라균(*Salmonella* spp.) O/H 혈청 응집 시험법으로 확인하였다.

**결과 및 고찰**

**일반성분 비교분석**

인공사료와 밀기울로 사육한 아메리카왕거저리 유충의 일반성분 분석 결과(Table 1), 건조중량 기준 조단백질 함량이 45.2-62.4%로 가장 많았고, 조지방 20.5-46.3%, 조섬유 3.0-7.5%, 탄수화물 5.3-12.2%, 조회분 2.6-4.5%를 함유하고 있었고, 수분은 0.4-0.6%였다. 조단백질은 인공사료로 사육한 아메리카왕거저리 유충(AD)에서 62.4%로 밀기울로 사육한 아메리카왕거저리 유충(WB)에 비해 1.4배 더 많았다. 조지방은 AD (20.5%)가 WB (46.3%)보다 2.3배 더 적게 나타났다. 조회분 함량은 AD (4.5%)에서 WB (2.6%)보다 1.7배 더 많았으며, 식이섬유 역시 AD (7.5%)가 WB (3.0%)에 비해 2.5배 더 많았다. 수분 함량은 AD (0.4%)와 WB (0.6%)에서 비슷한 수치를 나타냈다. 탄수화물은 AD (12.2%)가 WB (5.3%)에 비해 2.3배 더 많았다. 이상의 결과로 볼 때, WB보다 AD의 영양성분이 전반적으로

Table 1. General components of wheat bran- and artificial diet-eating *Z. atratus* larvae

General component (%)	WB	AD
Moisture	0.6±0.05	0.4±0.35
Crude protein	45.2±0.17	62.4±1.55***
Crude fat	46.3±0.09	20.5±1.35***
Crude ash	2.6±0.13	4.5±0.14
Crude fiber	3.0±0.18	7.5±1.53***
Carbohydrate <sup>†</sup>	5.3±0.45	12.2±0.69***

<sup>†</sup> Carbohydrate = 100 - (moisture + crude protein + crude fat + crude ash)

<sup>1)</sup> Values are mean ± S.D. (n=2), T-Test, \*\*\*, p<0.001

Abbreviations

WB, wheat bran-eating *Z. atratus* Larvae

AD, artificial diet-eating *Z. atratus* Larvae

우수한 것으로 생각된다.

일반식품의 단백질 함량은 난류 8.5-14.7%, 육류 16.1-35.1%, 어류 7.1-56.0%, 두류 7.9-26.1%이다[5]. 식용곤충인 벼메뚜기(70.4%), 백강잠(67.4%), 쌍별귀뚜라미(64.3%), 흰점박이꽃무지(57.9%), 누에(56.8%), 갈색거저리(50.3%), 장수풍뎅이(39.3%)의 단백질 함량은 39.3-70.4%로 육류에 비해 1.1-4.4배나 많았다[5, 9]. WB의 단백질 함량은 45.2%로 장수풍뎅이보다 1.2배 더 높았고, AD 단백질은 62.4%로 흰점박이꽃무지보다 1.1배 더 높았다. 높은 단백질 함량을 고려할 때, 인공사료로 사육한 아메리카왕거저리 유충은 동물성 단백질 대체제로 활용될 가치가 있다고 판단된다.

**아미노산 조성 비교분석**

인공사료와 밀기울로 사육한 아메리카왕거저리 유충(AD, WB)을 대상으로 18종의 구성 아미노산 함량을 분석하였다 (Fig. 1, Fig. 2). AD와 WB의 구성아미노산 중 필수아미노산은 각각 21.8%와 15.5%, 비필수아미노산은 32.4%와 24.0%로 AD에서 WB보다 1.4배 많았다.

식용곤충인 장수풍뎅이, 흰점박이꽃무지, 갈색거저리의 필수아미노산은 13.2-17.8%, 비필수아미노산은 21.6-30.4%이다

[5, 27, 29]. WB의 필수아미노산 함량은 장수풍뎅이(13.2%)보다 1.2배 높았고, 비필수아미노산은 장수풍뎅이(21.6%)보다 1.1배 높았다. AD의 필수아미노산은 갈색거저리(17.8%)보다 1.2배 높았고, AD의 비필수아미노산은 흰점박이꽃무지(30.4%)보다 1.1배 높았다.

필수아미노산은 체내에서 합성되지 않거나 매우 적은 양만이 합성되기 때문에 반드시 식품으로부터 공급이 필요하다[9, 27, 29]. 필수아미노산인 methionine, threonine, tryptophan, valine, isoleucine, leucine, phenylalanine, lysine, histidine 모두 AD에서 WB에 비해 1.3-1.9배 더 많은 함량을 나타냈다. leucine, valine, isoleucine은 1개의 탄소 원자와 3개의 수소 원자로 구성된 가지 형태의 보조 사슬을 가지고 있기 때문에 분지사슬 아미노산(Branched Chain Amino Acids, BCAA)이라 불린다. 분지사슬 아미노산은 간을 우회하여 혈류로 직접 유입되는 유일한 아미노산이다. 운동 전이나 운동 중, 또는 운동 후에 분지사슬 아미노산을 섭취할 경우, 피로가 감소하고 근육 성장이 증가하며, 운동 후 회복력이 개선되고 집중력이 높아지는 것으로 알려져 있다[25, 47]. 특히, 근육 합성과 혈당의 항상성 유지 등에 기여하는 leucine의 경우, 필수아미노산 중 AD (4.2%)와 WB (3.0%) 모두 가장 높았다. AD (3.5%)

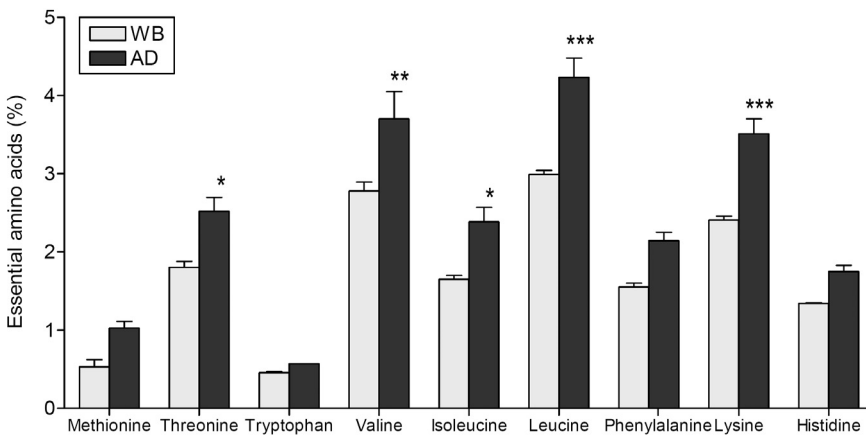


Fig. 1. Essential amino acid contents of wheat bran- and artificial diet-eating *Z. atratus* larvae. The values showed as means  $\pm$  S. D. (n=2). One-way ANOVA test, \*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*\*\*,  $p < 0.001$ .

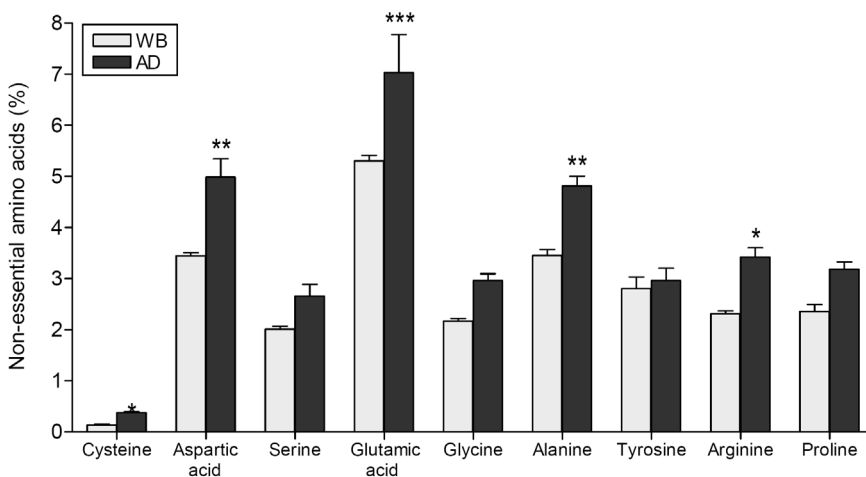


Fig. 2. Non-Essential amino acid contents of wheat bran- and artificial diet-eating *Z. atratus* larvae. The values showed as means  $\pm$  S. D. (n=2). One-way ANOVA test, \*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*\*\*,  $p < 0.001$ .

와 WB (2.4%)에서 세 번째로 높은 함량을 나타낸 lysine은 장내 칼슘 흡수를 향상시키고 골다공증의 예방 및 치료에 도움을 주는 것으로 알려져 있다[10]. Methionine과 tryptophan은 0.5-1.0%로 상대적으로 낮은 수치를 보였다(Fig. 1).

비필수아미노산은 체내에서 자연적으로 합성 가능하여 따로 섭취할 필요가 없지만 생체 단백질 합성에는 꼭 필요한 아미노산이다[9, 27, 29]. 비필수아미노산인 cysteine, aspartic acid, serine, glutamic acid, glycine, alanine, tyrosine, arginine 및 proline 중에서 뇌 기능 향상에 도움이 되며, L-글루탐산일나트륨(monosodium L-glutamate, MSG)의 기본성분이 되는 glutamic acid는 비필수아미노산 중 가장 많았고 AD (7.0%)에서 WB (5.3%)에 비해 1.3배 높았다. 2번째로 높은 함량을 나타낸 aspartic acid는 중추신경계를 보호하고 피로에 대한 저항성 및 지구력을 증가시키는 것으로 알려져 있으며, AD (5.0%)에서 WB (3.4%)보다 1.4배 많았다[31, 32]. 3번째로 많았던 alanine 함량은 AD (4.8%)에서 WB (3.5%)에 비해 1.4배 더 높았다. Alanine은 lysine, arginine, proline과 함께 지방을 분해하는 리파아제라는 효소의 작용을 활성화하는 연소계 아미노산으로 불리며, 간기능을 활성화시켜 숙취예방과 해독작용을 하는 것으로 알려져 있다[24, 27, 29]. Serine, glycine, tyrosine, proline 및 arginine 또한 AD (2.7-3.4%) 함량이 WB (2.0-2.4%)보다 1.1-1.5배 많았다. Cysteine 함량은 AD (0.4%)와 WB (0.1%)에서 가장 낮았다(Fig. 2). 이미 등록된 식용곤충들처럼 AD와 WB 모두 아미노산이 풍부하며, 특히 분지사슬 및 연소계 아미노산 또한 많기 때문에 단백질 섭취가 더욱 중요한 성장기 어린이, 노인, 운동선수, 수술 후 회복기 환자 등에게 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

**지방산 조성 비교분석**

인공사료와 밀기울로 사육한 아메리카왕거저리 유충(AD, WB)의 지방산을 불포화지방산과 포화지방산으로 나누어 분석하였다(Fig. 3). 전체 지방산 함량 중 불포화지방산 함량은 AD와 WB에서 각각 58.3%, 61.9%, 포화지방산은 41.7%, 38.1%로 불포화지방산은 WB에서 1.1배, 포화지방산 함량은 AD에서 1.1배 더 높게 나타났다. Fig. 3에서 보는 바와 같이, 3개의 포화지방산(myristic acid, palmitic acid, stearic acid) 중, palmitic acid가 가장 많았으며, AD (29.3%)와 WB (30.1%)에서 비슷한 함량을 나타냈다.

8개의 불포화지방산 중  $\gamma$ -linolenic acid와 eicosapentaenoic acid(EPA)는 불검출되었다. 불포화지방산 중 linoleic acid는 AD (29.5%)에서 가장 높은 함량을 나타냈고 WB (23.2%)보다 1.3배 더 높았다. 필수지방산에 속하는 linoleic acid는 지방세포가 커지는 것을 막고, 지방세포의 산화를 증진시키고, 근육의 생성을 도모하는 효과가 있어 체중 감량과 근력 강화에 도움을 주는 것으로 알려져 있다[3, 20, 37]. Oleic acid 함량은 AD (26.7%)에서 2번째로 많았고, WB (37.0%)보다 1.4배 낮았다. Oleic acid는 혈청 콜레스테롤과 혈압을 낮춰 동맥경화 및 심장병을 예방하는 효과뿐만 아니라, 뼈의 손상을 막고, 뼈의 조직을 생성해주는 효능도 있어 골다공증을 예방한다고 보고되었다[5, 7, 12].

인공사료와 밀기울로 사육한 아메리카왕거저리 유충(AD, WB)의 불포화지방산은 각각 58.3%와 61.9%로 갈색거저리 (76.8%), 흰점박이꽃무지(80.0%)에 비해 1.2-1.4배 낮게 함유되어 있었고, 장수풍뎅이(59.6%)와는 비슷한 수치였다[3, 21]. 또한, 불포화지방산은 주로 식물성지방과 어패류지방에 많으며,

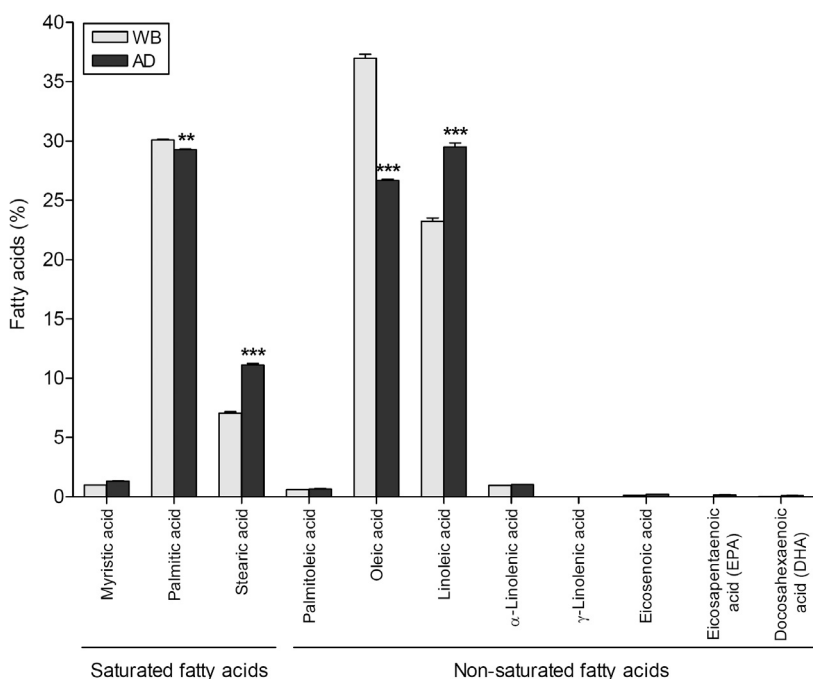


Fig. 3. Fatty acid compositions of of wheat bran- and artificial diet-eating *Z. atratus* larvae. The values showed as means  $\pm$  S. D. (n=2). One-way ANOVA test, \*\*,  $p < 0.01$ ; \*\*\*,  $p < 0.001$ .

식품 중 올리브 오일 84.1%, 아보카도 오일 62.5%, 계란 65.5%, 소고기(안심) 56.5%, 고등어 70.6%, 오리고기에서 69.3%를 함유하고 있다[8, 21, 22, 33]. AD와 WB의 불포화지방산 함량은 주단백질원에 속하는 소고기(안심) 56.5% 보다 1.0-1.1배 높았기 때문에 육류 대체식품으로 활용될 가능성을 가지고 있다. 특히, linoleic acid와 oleic acid 함량이 높은 점을 고려했을 때, 인공사료로 사육한 아메리카왕거저리 유충은 심혈관질환 및 골다공증 예방 효능을 가지는 식용 및 사료용 소재로 이용될 가치가 높다고 생각된다.

**무기질 조성 비교분석**

인공사료와 밀기울로 사육한 아메리카왕거저리 유충(AD, WB)의 다량무기질 함량을 비교분석한 결과, 칼륨(975.9 mg/100 g과 872.9 mg/100 g), 인(816.4 mg/100 g과 524.5 mg/100 g), 마그네슘(219.0 mg/100 g과 152.6 mg/100 g), 칼슘(65.5 mg/100 g과 29.7 mg/100 g) 순으로 나타났다(Table 2). 다량무기질 모두 AD에서 WB에 비해 1.1-2.2배 높았다. AD와 WB에서 가장 높은 함량을 나타낸 칼륨은 근육의 수축과 이완, 나트륨의 과잉섭취로 유발된 고혈압, 심근경색 등의 심혈관질환의 발생 억제 효능이 있으며[31, 41, 46], 충분한 칼륨의 섭취는 골다공증[19, 53]과 신장결석 예방[14, 36]에 도움을 주는 것으로 연구된 바 있다. AD와 WB에서 2번째로 높았던 인 함량은 AD가 WB에 비해 1.6배 많았으며, 인은 인산염의 형태로 칼슘과 결합하여 hydroxy apatite 형태로 뼈와 치아가 되고, 나머지는 근육이나 세포의 주요 구성 성분이 되는 것으로 알려져 있으며, 초등학교 아동의 적절한 인 섭취는 영구치 우식 예방 효과가 있다고 밝혀졌다[2, 50]. 식용곤충 3종(갈색거저리, 흰점박이꽃무지, 장수풍뎅이)에서도 칼륨(865.2-1597.0 mg/100 g)과 인(424.7-593.2 mg/100 g) 함량이 높게 나타났다[5, 29, 31]. AD와 WB의 미량무기질 함량 분석 결과, 아연(6.3 mg/100 g과 6.5 mg/100 g), 철(3.7 mg/100 g과 3.0 mg/100 g), 망간(1.1 mg/100 g과 0.7 mg/100 g), 구리(0.02 mg/100

Table 2. Minerals contents of wheat bran- and artificial diet-eating *Z. atratus* larvae

Minerals (mg/100 g)	Content	WB	AD
Macro minerals	Calcium	29.7	65.5
	Phosphorus	524.5	816.4
	Potassium	872.9	975.9
	Magnesium	152.6	219.0
Micro minerals	Iron	3.0	3.7
	Zinc	6.5	6.3
	Copper	0.70	0.02
	Manganese	0.7	1.1

**Abbreviations**

WB, wheat bran-eating *Z. atratus* Larvae  
AD, artificial diet-eating *Z. atratus* Larvae

g과 0.7 mg/100 g) 순이었다(Table 2). 가장 높은 함량을 나타낸 아연은 면역시스템을 도와 세균과 바이러스의 침입을 막고, 단백질과 DNA 생성에 사용된다[16, 45]. 또한, 임신부와 유소아의 적절한 성장과 발달에 필요하며, 남성의 생식기능과 혈액 응고를 통한 상처 치유에도 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다[13, 31, 35]. 다음으로 높게 나타났던 철은 AD에서 WB에 비해 1.2배 높았고, 헤모글로빈 합성, 산화-환원 반응 및 세포 분화에 필요한 성분으로 빈혈을 예방하고, 피로회복을 돕는 것으로 밝혀졌다[5, 32].

무기질은 단백질, 지방, 탄수화물, 비타민과 함께 5대 영양소의 하나로, 호르몬과 효소의 성분, 뼈와 이의 구성, 체내 수분과 산-염기의 균형 조절 등과 같은 여러 생리기능 조절 및 유지에 중요한 역할을 한다[31]. 따라서 인공사료로 사육한 아메리카왕거저리 유충은 다양한 무기질이 고루 분포하기 때문에 식품 원료나 사료 첨가제로 활용될 가능성이 충분하다고 생각된다.

**유해물질 비교분석**

중금속 3종인 납, 카드뮴, 수은과 병원성 미생물 대장균(*E. coli*)과 살모넬라균(*salmonella* spp.)의 유해물질 검사 결과를 Table 3에 나타내었다. 중금속 3종 분석 결과, AD에서 납과 카드뮴은 0.01 mg/kg, WB에서 납은 0.02 mg/kg, 카드뮴은 0.03 mg/kg 검출되었고, 수은은 AD에서 0.06 mg/kg, WB에서는 검출되지 않았다. 식용곤충(갈색거저리, 흰점박이꽃무지, 쌍별귀뚜라미, 장수풍뎅이) 중금속 관리 기준은 현재 납(0.1-0.3 mg/kg), 카드뮴(0.05-0.3 mg/kg), 비소(0.1 mg/kg, 갈색거저리, 흰점박이꽃무지에만 적용)로 정해져 있으므로, AD, WB의 중금속 함량은 현 식용곤충 중금속 관리 기준 내에서 검출되었다. Table 3에서 보는 바와 같이, 병원성 미생물인 대장균과 살모넬라균은 AD와 WB에서 불검출되었다. 식품공전에서 관리하는 식중독균이 검출되지 않아 안전성이 높은 것으로 사료된다.

위의 결과에 따르면 조단백질, 조지방, 탄수화물 함량에서

Table 3. Hazardous substances of wheat bran- and artificial diet-eating *Z. atratus* larvae

Hazardous substance	Content	WB	AD
Heavy metals (mg/kg)	Lead (Pb)	0.02	0.01
	Cadmium (Cd)	0.03	0.01
	Mercury (Hg)	ND <sup>†</sup>	0.06
Food poisoning bacteria	<i>Escherichia coli</i> (O157:H7)	ND <sup>†</sup>	ND <sup>†</sup>
	<i>Salmonella</i> spp.	ND <sup>†</sup>	ND <sup>†</sup>

<sup>†</sup> ND, Not Detected.

**Abbreviations**

WB, wheat bran-eating *Z. atratus* Larvae  
AD, artificial diet-eating *Z. atratus* Larvae

AD가 WB보다 1.4-2.3배 많았다. 또한, AD에서 WB에 비해 아미노산에서 1.1-2.8배, 무기질 함량이 1.1-2.2배 높았다. 인공 사료로 사육한 아메리카왕거저리 유충은 단백질 함량(62.4%) 이 식용곤충인 흰점박이꽃무지(57.9%), 갈색거저리(50.3%), 장수풍뎅이(39.3%) 보다 1.1-1.6배 많았다. 또한 AD와 WB에서 필수아미노산(21.8%와 15.5%), 불포화지방산(58.3-61.9%) 등 체내에서 합성되지 않는 영양소를 많이 함유하고 있을 뿐만 아니라 중금속, 병원성 미생물 등 유해물질 분석 결과 안전성이 검증되었다.

거저리과에 속하는 갈색거저리와 아메리카왕거저리에서 먹이원은 유충의 성장과 사료전환효율에 영향을 미치며, 곤충 종과 먹이원에 따라 유충의 화학적 구성이 달라진다. 특히, 고단백 사료에서 유충의 성장과 사료전환효율이 더 높은 것으로 밝혀졌다[18, 48]. 따라서, 발육기간을 단축시키고, 사료 가치를 높이기 위해서는 양질의 합리적인 단가의 곤충사료 개발은 필요하다.

갈색거저리의 단백질 함량과 비교했을 때 AD는 1.2배 높았고, WB는 1.1배 낮았다. 5대 필수영양소에 속하는 무기질 중 골격과 치아조직 형성, 심혈관 질환, 골다공증 및 신장결석 예방 효능을 가지는 인, 칼륨, 칼슘의 함량이 AD에서 갈색거저리 유충보다 1.1-1.9배 높았다. 인공사료로 사육한 아메리카왕거저리 유충은 단백질 함량이 높고 무기질이 풍부하기 때문에 특히 성장기 어린이나 노년층을 위한 식품원료나 사료 첨가제로 이용 가치가 높을 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 아메리카왕거저리, 풀무치의 식용 소재화를 위한 분말제조 조건 확립, 세부과제번호: PJ01352501)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

## The Conflict of Interest Statement

The authors declare that they have no conflicts of interest with the contents of this article.

## References

- Alstron, J. M., Beddow, J. M., Pardey, P. G. 2009. Agricultural research, productivity, and food prices in the long run. *Science* **325**, 1209-1210.
- Anderson, J. J. B., Klemmer, P. J., Watts, M. L. S., Garner, S. C. and Calvo, M. S. 2006. Present knowledge in nutrition, pp. 383-399, Wiley-Blackwell, Washington DC, USA.
- Angerer, P. and von Schacky, C. 2000. n-3 polyunsaturated fatty acids and the cardiovascular system. *Curr. Opin. Lipidol.* **11**, 57-63.
- AOAC. 2003. Official Methods of Analysis (17th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA.
- Baek, M. H., Hwang, J. S., Kim, M. A., Kim, S. H., Goo, T. W. and Yun, E. Y. 2017. Comparative analysis of nutritional components of edible insects registered as novel foods. *J. Life Sci.* **27**, 334-338.
- Bednářová, M., Borkovcová, M., Mlček, J., Rop, O. and Zeman, L. 2013. Edible insects-species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. *Acta Univ. Agric. Silv. Mendel. Brun.* **64**, 587-593.
- Bullon, P., Battino, M., Varela-Lopez, A., Perez-Lopez, P., Granados-Principal, S., Ramirez-Tortosa, M. C., Ochoa, J. J., Cordero, M. D., Gonzalez-Alonso, A., Ramirez-Tortosa, C. L., Rubini, C., Zizzi, A. and Quiles, J. L. 2013. Diets based on virgin olive oil or fish oil but not on sunflower oil prevent age-related alveolar bone resorption by mitochondrial-related mechanisms. *PLoS One* **8**, e74234.
- Cho, E. A. and Lee, Y. S. 2014. A study on the classifying quality standard by comparison with physicochemical characteristics of virgin, pure, pomace olive oil. *Kor. J. Food Nutr.* **27**, 339-347.
- Chung, M. Y., Hwang, J. S., Goo, T. W. and Yun, E. Y. 2013. Analysis of general composition and harmful material of *Protetia brevitarsis*. *J. Life Sci.* **23**, 664-668.
- Civitelli, R., Villareal, D. T., Agnusdei, D., Nardi, P., Avioli, L. V. and Gennari, C. 1992. Dietary L-lysine and calcium metabolism in humans. *Nutrition* **8**, 400-405.
- Durst, P., Johnson, D. V., Leslie, R. N. and Shono, K. 2010. Forest insects as food: Humans bite back. RAP publication.
- Elbahnasawy, A. S., Valeeva, E. R., El-Sayed, E. M. and Stepanova, N. V. 2019. Protective effect of dietary oils containing omega-3 fatty acids against glucocorticoid-induced osteoporosis. *J. Nutr. Health* **52**, 323-331.
- Favier, A. E. 1993. Current aspects about the role of zinc in nutrition. *Rev. Prat.* **43**, 146-151.
- Ferraro, P. M., Mandel, E. I., Curhan, G. C., Gambaro, G. and Taylor, E. N. 2016. Dietary protein and potassium, diet-dependent net acid load, and risk of incident kidney stones. *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* **11**, 1834-1844.
- Folch, J., Lees, M. and Stanley, G. H. S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* **226**, 497-509.
- Forbes, R. M. 1984. Use of laboratory animals to define physiological functions and bioavailability of zinc. *Fed. Proc.* **43**, 2835-2839.
- Ghaly, A. E. and Alkoik, F. N. 2009. The yellow mealworm as a novel source of protein. *Am. J. Agric. Biol. Sci.* **4**, 319-331.
- Ghosh, S., Lee, S., Jung, C. and Meyer-Rochow, V. B. 2017. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *J. Asia-Pacific Entomol.* **20**, 686-694.
- Ha, J. W., Kim, S. A., Lim, K. J. and Shin, S. A. 2020. The association of potassium intake with bone mineral density and the prevalence of osteoporosis among older Korean adults. *Nutr. Res. Pract.* **14**, 55-61.
- Harper, C. R. and Jacobson, T. A. 2001. The fats of life: the role of omega-3 fatty acids in the prevention of coronary heart disease. *Arch. Intern. Med.* **161**, 2185-2192.

21. Hong, E. C., Choo, H. J., Kang, B. S., Kim, C. D., Heo, K. N., Lee, M. J., Hwangbo, J., Suh, O. S., Choi, H. C. and Kim, H. K. 2012. Performance of growing period of large-type Korean native ducks. *Kor. J. Poult. Sci.* **39**, 143-149.
22. Indriyani, L., Rohman, A. and Riyanto, S. 2016. Physico-chemical characterization of Avocado (*Persea Americana* Mill.) oil from three Indonesian avocado cultivars. *Res. J. Med. Plants* **10**, 67-78.
23. Jabir, M. D. A. R., Razak, S. A. and Vikineswary, S. 2012. Nutritive potential and utilization of super worm (*Zophobas morio*) meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. *Afr. J. Biotechnol.* **11**, 6592-6598.
24. Jobgen, W., Meininger, C. J., Jobgen, S. C., Li, P., Lee, M., Smith, S. B., Spencer, T. E., Fried, S. K. and Wu, G. Dietary L-Arginine supplementation reduces white fat gain and enhances skeletal muscle and brown fat masses in diet-induced obese rats. *J. Nutr.* **139**, 230-237.
25. Kim, D. H., Kim, S. H., Jeong, W. S. and Lee, H. Y. 2013. Effect of BCAA intake during endurance exercises on fatigue substances, muscle damage substances, and energy metabolism substances. *J. Exerc. Nutr. Biochem.* **17**, 169-180.
26. Kim, K. N., Kim, S. B., Yoon, W. J., Yang, K. S. and Park, S. Y. 2008. Induction of apoptosis by *Scolopendra subspinipes mutilans* in human leukemia HL-60 cells through Bcl-X1 regulation. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **37**, 1408-1414.
27. Kim, S. Y., Lee, K. Y., Kim, H. G., Hwang, J. S. and Yoon, H. J. 2017. A nutritional analysis of Chinese red-headed Centipedes (*Scolopendra subspinipes mutilans*) from different regions of Korea. *J. Life Sci.* **27**, 1308-1314.
28. Kim, S. Y., Kim, H. G., Lee, K. Y., Ko, H. J., Kim, N. J. and Yoon, H. J. 2018. Effects of brewer's spent grain on the growth and nutrition of the giant mealworm beetle, *Zophobas atratus*. *Int. J. Indust. Entomol.* **37**, 73-81.
29. Kim, S. Y., Kim, H. G., Ko, H. J., Kim, M. A., Kim, I. W., Seo, M. C., Lee, H. J., Baek, M. H., Hwang, J. S. and Yoon, H. J. 2019. Comparative analysis of nutrients and hazardous substances in *Zophobas atratus* larvae. *J. Life Sci.* **29**, 1378-1385.
30. Kim, S. Y., Kwak, K., Park, E., Yoon, H. J., Hwang, J. S., Kim, Y., Kim, M., Park, K., Kim, E. and Kim, S. 2020. Evaluation of subchronic oral dose toxicity of freeze-dried skimmed powder of *Zophobas atratus* larvae in rat. *Foods* **9**, 995.
31. Kim, S. Y., Kwak, K., Kim, E., Park, K., Kim, N., Song, M., Kim, Y. and Yoon, H. J. 2020. Comparative analysis of nutrients and hazardous substances in *Locusta migratoria* from host plants. *Kor. J. Env. Agricul.* **39**, 253-262.
32. Kohgo, Y., Ikuta, K., Ohtake, T., Torimoto, Y. and Kato, J. 2008. Body iron metabolism and pathophysiology of iron overload. *Int. J. Hematol.* **88**, 7-15.
33. Koo, N. S., Wang, S. G. and Park, J. M. 2002. Change of fatty acid content in egg yolk oil of various chicken eggs during storage. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **31**, 184-188.
34. Kouřimská, L. and Adámková, A. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS J.* **4**, 22-26.
35. Kruse-Jarres, J. D. 1989. The significance of zinc for humoral and cellular immunity. *J. Trace Elem. Electrolytes Health Dis.* **3**, 1-8.
36. Lemann, J. Jr., Pleuss, J. A., Gray, R. W. and Hoffmann, R. G. 1991. Potassium administration reduces and potassium deprivation increases urinary calcium excretion in healthy adults. *Kidney Int.* **39**, 973-983.
37. Lim, S. Y., Rhee, S. H., Yi, S. Y. and Park, K. Y. 1997. Growth inhibitory effect and changes in membrane phospholipid fatty acid composition on MG-63 and AZ-521 human cancer cells by linoleic acid. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **26**, 662-668.
38. Mekonnen, M. M. and Hoekstra, A. Y. 2010. The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products, Value of Water Research Report Series No. 48, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
39. Nonaka, K. 2009. Feasting on insects. *Entomol. Res.* **39**, 304-312.
40. Oonincx, D. G., Van Itterbeeck, J., Heetkamp, M. J., Van den Brand, H., Van Loon, J. J. and Van Huis, A. 2010. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS One* **5**, e14445.
41. Ophir, O., Peer, G., Gilad, J., Blum, M. and Aviram, A. 1983. Low blood pressure in vegetarians: the possible role of potassium. *Am. J. Clin. Nutr.* **37**, 755-762.
42. Paoletti, M. G., Buscardo, E. and Dufour, D. L. 2000. Edible invertebrates among Amazonian Indians: a critical review of disappearing knowledge. *Environ. Dev. Sustain.* **2**, 195-225.
43. Park, H. C., Jung, B. H., Han, T. M., Lee, Y. B., Kim, S. H. and Kim, N. J. 2013. Taxonomy of introduced commercial insect, *Zophobas atratus* (Coleoptera; Tenebrionidae) and a comparison of DNA barcoding with similar tenebrionids, *Promethis valgipes* and *Tenebrio molitor* in Korea. *J. Seric. Entomol. Sci.* **51**, 185-190.
44. Ramos-Elorduy, J., Moreno, J. M., Vázquez, A. I., Landero, I., Oliva-Rivera, H. and Camacho, V. H. 2011. Edible Lepidoptera in Mexico: Geographic distribution, ethnicity, economic and nutritional importance for rural people. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* **7**, 3-22.
45. Salgueir, M. J., Zubillaga, M., Lysionek, A., Sarabia M. I., Caro, R., Paoli, T. D., Hager, A., Weill, R. and Boccio, J. 2000. Zinc as an essential micronutrient: a review. *Nutr. Res.* **20**, 737-755.
46. Seol, M. Y., Lee, J. S. and Kim, E. S. 1990. A longitudinal study on calcium, phosphorus and magnesium contents of breast milk from lactating women in Seoul area. *Kor. J. Nutr.* **23**, 115-123.
47. Shu, X., Kang, K., Zhong, J., Ji, S., Zhang, Y., Hu, H. and Zhang, D. 2014. Meta-analysis of branched chain amino acid-enriched nutrition to improve hepatic function in patients undergoing hepatic operation. *Zhonghua Gan. Zang. Bing. Za. Zhi.* **22**, 43-47.
48. Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. and Vantomme, P. 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security. Food and agricultural organization of the United Nations, Rome, p.



- 201 (Forestry p. 171).
49. Van Broekhoven, S., Onincx, D. G. A. B., Van Huis, A. and Van Loon, J. J. A. 2015. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *J. Insect Physiol.* **75**, 1-10.
50. Watkins, B. A., Li, Y., Lippman, H. E. and Feng, S. 2003. Modulatory effect of omega-3 polyunsaturated fatty acids on osteoblast function and bone metabolism. *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids* **68**, 387-398.
51. Weaver, C. M. 2006. Present knowledge in nutrition, pp. 373-382, 9th edition, International Life Science Institute Press, Washington DC, USA.
52. Yates-Doerr, E. 2015. The world in a box? Food security, edible insects, and "One World, One Health" collaboration. *Soc. Sci. Med.* **129**, 106-112.
53. Zhu, K., Devine, A. and Prince, R. L. 2009. The effects of high potassium consumption on bone mineral density in a prospective cohort study of elderly postmenopausal women. *Osteoporos. Int.* **20**, 335-340.

### 초록 : 인공사료와 밀기울로 사육한 아메리카왕거저리 유충의 영양성분 비교분석

김선영 · 광규원 · 이경용 · 고현진 · 김용순 · 김은선 · 박관호 · 윤형주\*

(농촌진흥청 국립농업과학원 곤충산업과)

아메리카왕거저리 유충 인공사료의 영양학적 우수성과 안전성을 검증하고자 인공사료와 밀기울로 사육한 아메리카왕거저리 유충의 영양성분과 유해물질을 비교분석하였다. 건조중량 기준 조단백질 함량은 인공사료로 사육한 아메리카왕거저리 유충(AD)에서 62.4%로 밀기울로 사육한 아메리카왕거저리 유충(WB) 45.2%보다 1.4배 더 많았다. 조지방은 AD에서 20.5%로 WB 46.3%보다 2.3배 더 적었다. 필수아미노산 중 로이신 함량이 가장 많았으며, AD에서 4.2%로 WB (3.0%)보다 1.4배 더 많았다. 비필수아미노산 또한 글루탐산 함량이 AD (7.0%)에서 WB (5.3%)보다 1.3배 더 많았다. 불포화지방산 중 올레산 함량은 WB (37.0%)에서 AD (26.7%)보다 1.4배 더 많은 것으로 나타났다. 다량무기질 중 가장 많은 함량을 나타낸 칼륨은 AD (975.9 mg/100 g)에서 WB (872.9 mg/100 g)보다 1.1배 더 많았다. 미량무기질 중 아연은 WB (6.5 mg/100 g)와 AD (6.3 mg/100 g)에서 비슷한 함량을 나타냈다. WB와 AD의 유해물질 분석 결과, 중금속 중 납, 카드뮴은 식용곤충의 중금속 기준에 적합한 수준이었고, 병원성 미생물인 대장균, 대장균군, 살모넬라균은 WB와 AD 모두에서 불검출되었다. 위의 영양성분 및 유해물질 분석 결과로 볼 때, 인공사료로 사육한 아메리카왕거저리 유충은 다양한 영양성분을 함유하고 있으며, 안전성이 입증되었으므로 식용 및 사료용으로 활용하기에 유용할 것으로 판단된다.