

Comparative Analysis of Nutritional Components of *Protaetia brevitarsis* Larvae Fed Soybean Curd Cake

Sun Young Kim^{1*}, Taeho Yoo², Sangmin Ji¹, Jeong-Hun Song¹, So-Yun Kim¹ and Gyu-Dong Chang¹

¹Industrial Insect and Sericulture Division, Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

²Snowflower Farm, Sejong 30083, Korea

Received October 11, 2022 /Revised November 10, 2022 /Accepted November 17, 2022

To verify the nutritional superiority and safety of *Protaetia brevitarsis* larvae fed a food source containing soybean curd cake, the nutrients and harmful substances of larvae reared only with fermented oak sawdust and a food source containing soybean curd cake were comparatively analyzed. The crude protein content was 50.0% in the larvae fed with a food source containing soybean curd cake (SCC), which was 1.1 times higher than that of the larvae fed with fermented oak sawdust (FOS) at 44.7%. Potassium, which showed the highest content among macrominerals, was 2.5 times higher in SCC (3,169.6 mg/100 g) than in FOS (1,245.9 mg/100 g). Among trace minerals, zinc showed 12.6 times higher content than FOS (8.2 mg/100 g) in SCC (103.0 mg/100 g). As a result of the analysis of harmful substances, all heavy metals met the edible insect control standards, and pathogenic microorganisms, such as *E. coli* and *Salmonella* spp, were not detected. According to the above study, the larvae of *P. brevitarsis* fed soybean curd cake contain various nutrients, and safety has also been confirmed, so it is judged to be suitable for use as food.

Key words : Hazardous substances, nutrients, *Protaetia brevitarsis* larvae, soybean curd cake

서 론

UN 세계인구전망 보고서에 따르면 세계 인구는 2050년경 약 98억 명으로 매년 0.6%씩 증가할 것으로 예측되었다. 인구 증가, 지구 온난화와 이상기후, 분쟁, 건강 위기(코로나19) 등의 복합적 작용의 결과로 전 세계적 식량 위기의 상황에 처했다. 식용곤충은 인류의 식량난을 해결해 줄 대안식품으로 주목받고 있으며[26, 30], 현재 전 세계 20억명이 약 2,000종 이상의 식용곤충을 먹고 있다.

Global Market Insights 보고서에 따르면 세계 식용곤충 시장은 빠르게 성장 중이며 2026년까지 15억 달러 규모의 시장이 형성될 것으로 전망하고 있다[17]. 또한, 국내 식용곤충 시장은 정책 육성, 연구 개발을 통해 꾸준한 성장세를 보이고 있으며 산업 규모는 2030년 6,309억 원으로 예상된다. 곤충산업에 종사하는 농가 수도 해마다 증가하여 2021년 기준 3,012개소로 전년 대비 4.8% 증가하였다[39]. 2014년 이전 전래적 식용 근거에 의해 식품공전에 등록된

곤충은 누에(*Bombyx mori* L.) 유충과 번데기, 벼메뚜기(*Oxya sinuosa* Mistshenko, *Oxya chinensis*, *Oxya japonica* Thunberg), 백강잠(누에(*Bombyx mori* L.)) 유충이 백강병균 *Beauveria bassiana* Vull. 감염에 의한 백강병으로 경직사한 충체) 3종이었다. 이후, 농촌진흥청 연구결과를 기반으로 2016년에 갈색거저리(*Tenebrio molitor* L.) 유충, 흰점박이꽃무지(*Protaetia brevitarsis*) 유충, 장수풍뎅이 유충(*Allomyrina dichotoma*), 쌍별귀뚜라미(*Gryllus bimaculatus*) [26] 4종과 2022년에 아메리카왕거저리(*Zophobas atratus*) 유충 탈지분말과 서양종 꿀벌(*Apis mellifera*)의 수벌 번데기 2종이 추가되었고, 2021년 풀무치(*Locusta migratoria*)가 한시적 식품원료로 인정받아 현재 우리나라의 식용곤충은 총 10종이다.

흰점박이꽃무지(white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis*)는 딱정벌레목(Coleoptera) 풍뎅이과(Scarabaeidae) 꽃무지아과(Cetoniinae)에 속하는 곤충으로 한국, 중국, 일본, 유럽 등에 분포한다. 성충은 주간에 활동하고 유충은 퇴비나 건조더미 등 유기물이 풍부한 부식성 토양에서 서식하는 것으로 알려져 있다[23, 37]. 흰점박이꽃무지 유충의 배합사료는 조성물 중 대부분을 차지하는 참나무톱밥을 전량 외부에서 구매하기 때문에 비용 절감에 어려움이 있고 대량 생산 시 참나무의 훼손을 유발한다. 더구나 일부 참나무톱밥의 공급량 부족으로 폐가구, 폐목재를 사용할 경우 식용곤충의 안전성에 문제가 발생할

*Corresponding author

Tel : +82-63-238-2978, Fax : +82-63-238-3833

E-mail : carp0120@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.

우려가 있다. 따라서 이를 대체할 새로운 먹이원 개발이 필요한 실정이다[37]. 유충의 대체먹이원 혹은 첨가먹이원 개발 관련 연구로는 한약재 부산물[24], 표고버섯과 새송이버섯재배부산물[34], 콩비지[8], 발효 알로에[22], 뽕나무발효톱밥[41], 산양삼[7], 가축사료[50] 등의 이용과 이에 따른 생산비 절감 효과 등이 보고된 바 있다[37]. 기능성 소재 관련 연구로 흰점박이꽃무지 유충의 간손상 개선[10, 33], 흰점박이꽃무지 유충 유래 인돌 알칼로이드의 항혈전[32], 흰점박이꽃무지 추출물의 신경염증 억제[31], 유용 미생물 이용 발효 흰점박이꽃무지 추출물의 항산화, 항혈전[48], 김치 분리 유산균으로 발효시킨 흰점박이꽃무지 유충 추출물의 항산화, 항균 효과[35] 등이 보고된 바 있다. 비지박은 두부를 제조할 때 생기는 부산물을 의미하며, 두부박, 콩비지박으로도 불리운다. 축산에서는 원활한 원료 수급과 높은 영양학적 가치로 인해 자가 섬유 배합사료 제조시 일부 사용되는 원료이다[47, 49]. 따라서 본 연구는 식품가공부산물인 비지박을 흰점박이꽃무지 유충 먹이원으로 활용했을 때 영양성과 안전성을 검증하여 참나무발효톱밥 대체 가능성을 확인하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험곤충 및 전처리

흰점박이꽃무지는 온도 27±1℃, 상대습도 60±5%, 광조건 16L:8D 조건의 국립농업과학원 곤충사육실에서 사육되었다. 흰점박이꽃무지 유충의 주먹이원인 참나무 발효톱밥은 눈꽃곰팡이농장(세종시)에서 공급받았다. 유충은 모든 실험군을 대상으로 플라스틱 사육상자(33 l, 가로 41 × 세로 55 × 높이 20 cm)에서 180마리씩 4 사육상자를 약 60일간 사육하였다. 비지박 급이한 군에서는 알부터 45일까지는 참나무 발효톱밥만으로 급이하다가 이후 비지박을 3일 간격으로 주입하여 15일 더 사육하였다. 5번의 비지박 공급은 각각 0.5 l, 1 l, 1 l, 1.5 l, 1.5 l의 용량으로 공급하였으며, 참나무 발효톱밥 급이군에서도 비지박 공급량과 동일한 양의 발효톱밥을 추가 급이하였다. 약 72시간 절식 후 20℃ 정수에 3회 세척한 다음 100℃ 끓는 물에 1분 이상 살균하고 열풍건조기(CNT co., Ltd., Gwangju, Korea)에서 58℃, 20시간 조건으로 건조하였다.

일반성분 분석

일반성분 분석은 공인분석화학자협회(Association of Official Analytical Chemists, AOAC) [2]의 기준에 따라 조사하였다. 수분 함량은 105℃ 건조기를 사용하여 상압건조법, 회분 함량은 550℃ 직접회화법을 이용하여 분석하였다. 조단백질 함량은 micro-Kjeldahl법을 이용하여 검체에 단백질 분해촉진제와 황산을 넣어 분해한 다음 FOSS

kjeltec 8400 (Fisher Scientific, Hampton, NH, USA) 단백질 자동분석기로 함량을 측정하였다. 조지방 함량 분석은 Soxhlet법을 이용하였고, 식이섬유는 효소-중량법, 수분, 조회분, 조단백질, 조지방의 분석된 함량으로부터 탄수화물 함량을 계산하였다.

지방산 조성 분석

포화지방산과 불포화지방산은 식품공전의 지방산 시험법 및 Folch 등[16]의 방법에 준하여 실시하였다. 균질화된 각각의 시료 50 g과 chloroform:methanol (2:1) 용액 250 ml을 homogenizer 3,000 ppm으로 지질을 추출하였다. 가수분해하여 gas chromatography (US/HP 6890, Agilent Technologies, Seoul, Korea)를 사용하여 분석하였다. Gas chromatography (GC) 조건은 silica capillary column (SP-2560, 100 m × 0.25 mm × 0.20 μm)을 이용하였고 injection 온도는 225℃로 유지하였으며, 시료를 GC에 1 μl를 주입하여 지방산 분석을 실시하였다.

무기질 조성 비교분석

무기질 및 중금속 분석은 식품공전 규정에 따라 분석하였다. 각각의 시료 체내의 미량 원소 및 중금속 분석을 위해 열풍건조된 시료 분말 50 mg을 예비회화시켰다. 무기질 분석은 준비된 각각의 시료를 건조하고 탄화시키고 450~550℃에서 완전히 회화시켰다. 이후 염산을 추가하여 유리여과기로 여과한 후 유도 결합 플라즈마 발광분석기(inductively coupled plasma optical emission spectrometer, ICP-OES, Horiba, Kyoto, Japan)를 이용하여 함량을 측정하였다. 중금속의 분석은 시료를 600℃의 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[2]. 분석시료는 유도결합 플라즈마법(inductively coupled plasma, ICP)을 이용하여 측정하였고 원소별 측정 파장은 납(Pb) 207 amu, 카드뮴(Cd) 111 amu, 비소(As) 75 amu로 측정하였다.

유해미생물 분석

각 시료의 안전성 확인을 위해 식품공전법에 따라 위생 지표 세균인 대장균(*Escherichia coli* O157:H7)과 병원성 식중독균에 속하는 살모넬라(*Salmonella* spp.)를 정성분석하였다[40]. 시료 25 g을 취하여 225 ml의 0.1% 멸균된 peptone water (BD, Sparks, MD, USA)을 가한 후 균질기(Bag Mixer 400, Interscience, St Nom, France)에서 2분간 균질화하였다. 제조된 시험용액 1 ml를 9 ml의 멸균된 0.1% peptone water에 넣고 10배씩 단계 희석하였다. 대장균의 정량분석은 제조된 시험용액 1 ml를 각각 *E. coli*

coliform 건조필름배지(EC/CC, 3M)에 2매씩 분주한 후, 37 °C에서 48시간 배양하였다. 배양 결과 petrifilm에 생성된 푸른 집락 중 주위에 기포를 형성한 것을 대장균 양성으로 판정하였다. 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

비지박을 포함한 먹이원 급이 흰점박이꽃무지 유충(SCC)과 참나무발효톱밥만으로 사육한 유충(FOS)의 일반성분 분석 결과(Table 1), 건조중량 기준 조단백질 함량이 가장 많았고(SCC 50.0±4.8%, FOS 44.7±0.2%), 조지방(SCC 8.1±0.1%, FOS 13.5±4.9%), 식이섬유(SCC 27.4±4.1%, FOS 5.6±0.4%), 탄수화물(SCC 32.9±5.1%, FOS 36.1±3.1%), 조회분(SCC 8.7±0.04%, FOS 5.0±0.8%)를 함유하고 있었고, 수분은 SCC 0.4±0.2%와 FOS 0.7±0.2%였다. 조단백질 함량은 SCC에서 50.0%로 FOS(44.7%)에 비해 1.1배 많았다. 조지방은 SCC(8.1%)가 FOS(13.5%)보다 1.7배 더 적게 나타났다. 조회분 함량은 SCC (8.7%)에서 FOS (5.0%)보다 1.7배 더 많았으며, 수분 함량은 SCC (0.4%)에서 FOS (0.7%)에 비해 1.8배 낮게 나타났다. 식이섬유의 경우 SCC (27.4%)에서 FOS (5.6%)에 비해 4.9배 더 많았다.

먹이원으로 활용된 참나무발효톱밥의 경우, 수분 59.7%,

조단백질 2.0%, 조지방 0.2%, 조회분 1.0%, 탄수화물 37.1%였으며, 비지박은 수분 4.2%, 조단백질 7.5%, 조지방 1.4%, 조회분 1.5%, 탄수화물 함량이 85.5%로 비지박에서 1.4-6.9배 더 높았다.

일반식품의 단백질 함량은 난류 8.5-14.7%, 육류 16.1-35.1%, 어류 7.1-56.0%, 두류 7.9-26.1%이다[3]. 식용곤충인 풀무치(77.3%), 쌍별귀뚜라미(64.3%), 누에(56.8%), 갈색거저리(50.3%), 장수풍뎅이(39.3%)의 단백질 함량은 39.3-77.3%로 일반식품에 비해 1.4-9.1배나 많았다[3, 11, 26]. 장수풍뎅이보다 FOS의 단백질(44.7%) 함량은 1.1배 더 높았고, SCC 단백질(50.0%)은 1.3배 더 높았다. 또한, 콩식이섬유는 변통을 원활하게 하며 변비, 다이어트는 물론 혈당량과 혈중 중성지방을 감소시키는 것으로 알려져 있으며, 껍질이나 비지 등을 원료로 한 식이섬유 개발 연구도 많다[12]. 따라서, 높은 단백질과 식이섬유 함량을 고려할 때, 비지박이 포함된 먹이원 급이 흰점박이꽃무지 유충은 대체단백질식품으로 활용될 가치가 있다고 판단된다.

지방산 조성 비교분석

비지박 함유 먹이원(SCC)과 참나무발효톱밥만으로 사육한 흰점박이꽃무지 유충(FOS)의 지방산을 불포화지방산과 포화지방산으로 나누어 분석하였다(Fig. 1). 전체 지방산 함량 중 불포화지방산 함량은 SCC와 FOS에서 각각 75.8±1.2%, 78.8±0.4%, 포화지방산은 24.2±1.2%, 21.2±0.4%로 불포화지방산은 SCC와 FOS에서 차이가 거의 없었고, 포화지방산 함량은 FOS에서 1.1배 더 높게 나타났다. Fig. 1에서 보는 바와 같이, 3개의 포화지방산(myristic acid, palmitic acid, stearic acid) 중, palmitic acid가 가장 많았으며, SCC (19.1±0.7%)에서 FOS (17.6±0.04%)에 비해 1.1배 높았다.

8개의 불포화지방산 중 SCC와 FOS 모두Docosaehae-noic acid (DHA)는 불검출되었다. 불포화지방산 중 Oleic acid는 FOS (61.2±0.7%)에서 가장 높은 함량을 나타냈고 SCC (44.0±1.0%)보다 1.4배 더 높았다. Oleic acid는 동맥 경화 및 심장병 예방, 뇌졸중 위험을 낮추는 효과뿐 아니라, 골다공증을 예방한다고 보고된 바 있다[3, 4, 13, 43]. Linoleic acid는 두 번째로 높게 나타난 불포화지방산으로 SCC (26.4±0.01%)에서 FOS (4.9±0.2%)에 비해 5.4배 높게 나타났다. Linoleic acid와 linolenic acid는 항산화, 항암 및 체지방 감소와 콜레스테롤 감소 등의 효과가 있는 것으로 연구되어 있다[1, 19]. SCC와 FOS의 불포화지방산은 각각 75.8%와 78.8%로 갈색거저리(76.8%)와는 비슷한 수치였고, 장수풍뎅이(59.6%)보다는 1.3배 높았다[1]. 또한, 불포화지방산은 주로 생선류와 식물성 기름에 다량 존재하며, 식품 중 올리브 오일 84.1%, 아보카도 오일 62.5%, 계란 65.5%, 소고기(안심) 56.5%, 고등어 70.6%, 오리고기에서

Table 1. General components of *Protaetia brevitarsis* larvae fed with FOS and FOS containing SCC

General component (%)	FOS	SCC
Moisture	0.7±0.15	0.4±0.16
Crude protein	44.7±0.17	50.0±4.78
Crude fat	13.5±4.90	8.1±0.13
Crude ash	5.0±0.83	8.7±0.04
Dietary fiber	5.6±0.38	27.4±4.08***
Carbohydrate†	36.1±3.10	32.9±5.11

†Carbohydrate = 100 - (moisture + crude protein + crude fat + crude ash)

‡Values are mean ± S.D. (n=2), T- Test, ***, p<0.001

Abbreviations: FOS, *Protaetia brevitarsis* larvae fed with fermented oak sawdust. SCC, *Protaetia brevitarsis* larvae fed fermented oak sawdust containing soybean curd cake.

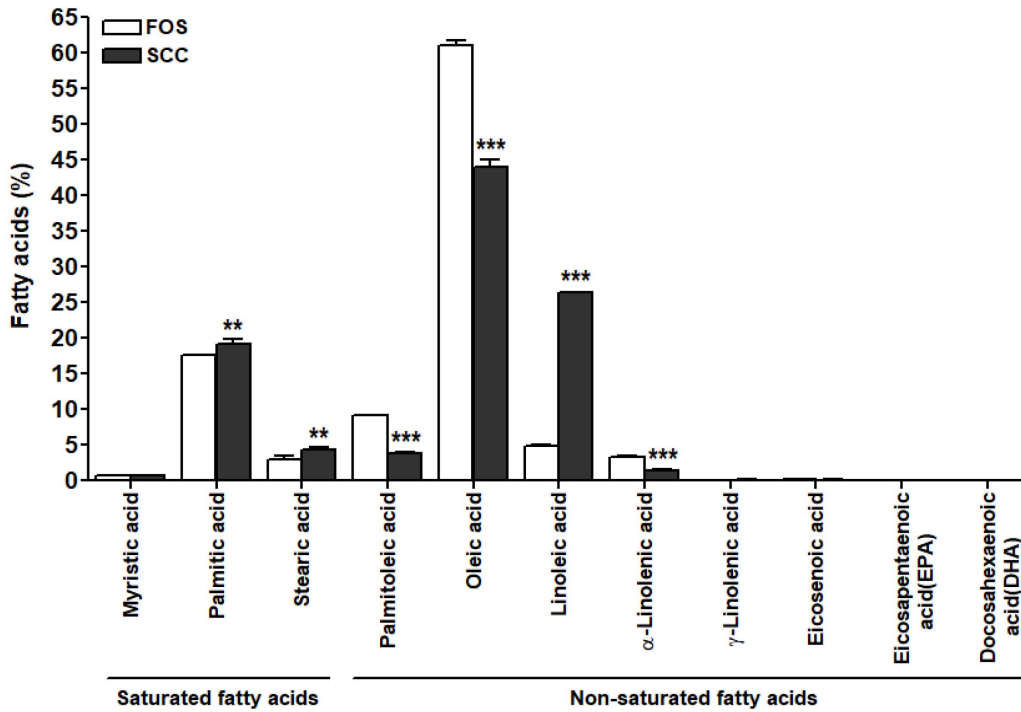


Fig. 1. Fatty acid compositions of *Protactia brevitarsis* larvae fed with FOS and FOS containing SCC. The values showed as means ± S. D. (n=2). One-way ANOVA test, **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$. Abbreviations: FOS, *Protactia brevitarsis* larvae fed with fermented oak sawdust. SCC, *Protactia brevitarsis* larvae fed fermented oak sawdust containing soybean curd cake.

69.3%를 함유하고 있다[6, 20, 21, 28, 42]. SCC와 FOS의 불포화지방산 함량은 주단백질원에 속하는 소고기(안심) 56.5% 보다 1.3-1.4배 높았기 때문에 육류 대체식품으로 활용될 가능성을 가지고 있다. 특히, linoleic acid와 oleic acid 함량이 높은 점을 고려했을 때, 비지방 함유 먹이원으로 사육한 흰점박이꽃무지 유충은 심혈관질환 및 골다공증 예방 효능을 가지는 식용 및 사료용 소재로 이용될 가치가 높다고 생각된다.

무기질 조성 비교분석

SCC와 FOS의 다량무기질 함량을 비교분석한 결과, 칼륨(3169.6 ± 524.1 mg/100 g과 1245.9 ± 234.5 mg/100 g), 인(1267.5 ± 106.0 mg/100 g과 586.8 ± 163.4 mg/100g), 마그네슘(639.6 ± 171.5 mg/100 g과 224.5 ± 65.5 mg/100 g)(Fig. 2). 나트륨을 제외한 모든 다량무기질에서 FOS보다 SCC에서 2.2-4.1배 높았다. SCC와 FOS에서 가장 높은 함량을 나타낸 칼륨은 SCC에서 2.5배 더 높았다. 칼륨은 나트륨의 과섭취에 인한 고혈압, 심근경색 등의 심혈관 질환 발생 억제, 에너지 대사 및 뇌기능 활성화에 도움을 주며[36, 45], 충분한 칼륨의 섭취는 골다공증[18]과 신장결석 예방[15, 36]에 도움을 주는 것으로 연구된 바 있다. SCC와 FOS에서 2번째로 높았던 인 함량은 SCC가 FOS에 비해 2.2배 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[9]. 식용곤충 3종(갈색거저리, 흰점박이꽃무지, 장수풍뎅이) 관련 선행연구에서도 칼륨($865.2-1597.0$ mg/100 g)과 인($424.7-593.2$ mg/100 g) 함량이 높게 나타났다[3, 25]. SCC와 FOS의 미량무기질 함량 분석 결과, 아연(103.0 ± 10.3 mg/100 g과 8.19 ± 1.4 mg/100 g)의 함량이 가장 높았고, 다음으로 철(13.6 ± 4.9 mg/100 g과 3.3 ± 0.3 mg/100 g)이 높았다. 가장 높은 함량을 나타낸 아연은 항바이러스, 항박테리아 작용으로 감기를 예방하거나 단백질과 DNA 합성 등 신체의 기능과 반응에 필요하다[46]. 또한, 아연은 심한 여드름 관련 발적과 자극 완화 및 여드름 흉터를 줄이는데 도움을 줄 수 있으며, 남성의 전립선 질환 예방, 정자 수 및 테스토스테론 증가에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다[14, 26, 44]. 다음으로 높게 나타났던 철은 SCC에서 FOS에 비해 4.2배 높았고, 세포에 산소와 영양을 공급하는 헤모글로빈의 생성을 돕고, 빈혈 예방에 필수적이며, 운동 시 젖산 상승을 억제하고 피로 회복에 도움을 주는 것으로 알려져 있다[3, 27]. 무기질은 단백질, 지방, 탄수화물, 비타민과 함께 5대 영양소에 포함되며, 효소와 호르몬, 비타민의 활성화, 영양소의 흡수와 생리 활성화 작용에 중요한 역할을 한다[26].

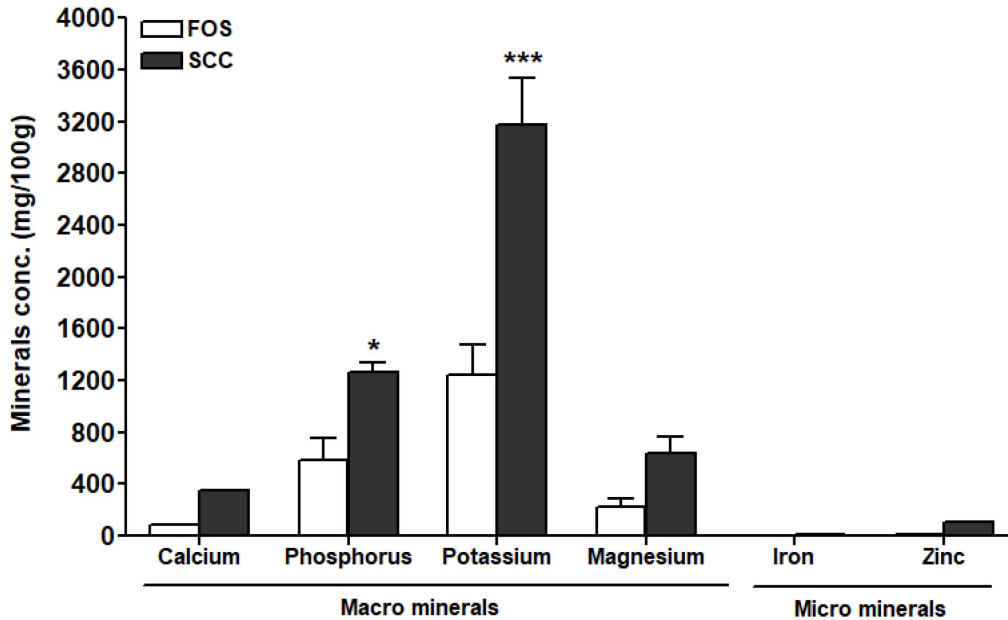


Fig. 2. Minerals contents of *Protactia brevitarsis* larvae fed with FOS and FOS containing SCC. The values showed as means \pm S. D. (n=2). One-way ANOVA test, *, $p < 0.05$; ***, $p < 0.001$. Abbreviations: FOS, *Protactia brevitarsis* larvae fed with fermented oak sawdust. SCC, *Protactia brevitarsis* larvae fed fermented oak sawdust containing soybean curd cake.

따라서 비지박 함유 먹이원 급이 흰점박이꽃무지 유충은 다양한 무기질이 고루 분포하기 때문에 식품 원료나 사료 첨가제로 활용될 가능성이 충분하다고 생각된다.

유해물질 비교분석

중금속 3종인 납, 카드뮴, 비소와 병원성 미생물 대장균 (*E. coli*)과 살모넬라균(*salmonella* spp.)의 유해물질 검사 결과를 Table 2에 나타냈다. 중금속 3종 분석 결과, SCC에서 납은 0.08 ± 0.01 mg/kg, 카드뮴은 0.02 ± 0.00 mg/kg, 비소는 0.06 ± 0.01 mg/kg, FOS에서 납은 0.06 ± 0.03 mg/kg, 카드뮴은 0.03 ± 0.01 mg/kg, 비소는 0.07 ± 0.01 mg/kg 검출되었다. 식용곤충 중금속 관리 기준은 현재 납(0.1 mg/kg, 흰점박이꽃무지 유충, 장수풍뎅이 유충에 한해서만 0.3 mg/kg 적용), 카드뮴(0.1 mg/kg), 무기비소(0.1 mg/kg)로 정해져 있으며, SCC, FOS의 중금속 함량은 현 식용곤충 중금속

관리 기준 내에서 검출되었다. Table 2에서 보는 바와 같이, 병원성 미생물인 대장균과 살모넬라균은 SCC와 FOS에서 불검출되었다.

위의 결과에 따르면 조단백질, 식이섬유 함량에서 SCC가 FOS보다 1.1-4.9배 많았다. 또한, SCC에서 FOS에 비해 무기질 함량이 2.2-12.6배 높았다. 비지박 함유 먹이원 급이 흰점박이꽃무지 유충은 단백질 함량(50.0%)이 식용곤충인 갈색거저리(50.3%)와 비슷하였고 장수풍뎅이(39.3%)보다 1.3배 많았다. 또한 식이섬유는 SCC에서 27.4%로 FOS (5.6%)에 비해 4.9배 많았다.

SCC와 FOS에서 불포화지방산(75.8-78.8%), 칼륨, 인 등 체내에서 합성되지 않는 영양소를 많이 함유하고 있을 뿐만 아니라 중금속, 병원성 미생물 등 유해물질 분석 결과 안전성이 검증되었다.

갈색거저리 유충의 단백질 함량과 비교했을 때 SCC는

Table 2. Hazardous substances of *Protactia brevitarsis* larvae fed with FOS and FOS containing SCC

Hazardous substance	Content	FOS	SCC
Heavy metals (mg/kg)	Lead (Pb)	0.06 ± 0.03	0.08 ± 0.01
	Cadmium (Cd)	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.00
	Arsenic (As)	0.07 ± 0.01	0.06 ± 0.01
Food poisoning bacteria	<i>Escherichia coli</i> (O157:H7)	ND [†]	ND [†]
	<i>Salmonella</i> spp.	ND [†]	ND [†]

[†]ND, Not Detected.

The values showed as means \pm S. D. (n=2).

Abbreviations: FOS, *Protactia brevitarsis* larvae fed with fermented oak sawdust. SCC, *Protactia brevitarsis* larvae fed fermented oak sawdust containing soybean curd cake.

비슷한 수치였고, FOS는 1.1배 낮았다. 5대 필수영양소에 속하는 무기질 중 신장 결석 형성, 심혈관 질환 위험도를 감소시키고, 골밀도를 높여 골다공증을 예방하는 인, 칼륨, 칼슘의 함량이 SCC에서 FOS보다 2.2-4.1배 높았다. 비지박을 포함하는 먹이원 급이 흰점박이꽃무지 유충은 단백질과 식이섬유 함량이 높고 무기질이 풍부하기 때문에 특히 성장기 어린이나 노년층을 위한 식품원료로 활용 가치가 높을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 산업곤충 종 보급을 위한 우량계통 선발 및 증식, 세부과제번호: PJ01355901)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

1. Angerer, P. and von Schacky, C. 2000. N-3 polyunsaturated fatty acids and the cardiovascular system. *Curr. Opin. Lipidol.* **11**, 57-63.
2. AOAC. 2003. Official Methods of Analysis (17th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA.
3. 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.
4. 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.
5. Chang, S. S., Kwon, H. J., Lee, S. M., Cho, Y. M., Chung, K. Y., Choi, N. J. and Lee, S. 2013. Effects of brewers grain, soybean curd and rice straw as an ingredient of TMR on growth performance, serum parameters and carcass characteristics of Hanwoo steers. *J. Anim. Sci. Technol.* **55**, 51-59.
6. 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.
7. Choi, M. H., Kim, K. H. and Yook, H. S. 2019. Antioxidant activity and quality evaluation of the larvae of *Protaetia brevitarsis* after feeding with Korean panax ginseng. *J. Kor. Soc. Food Cult.* **48**, 403-409.
8. Choi, S. U., Choi, I. H. and Chung, T. H. 2020. Effects of four different feeds on larval weight and survival rate of *Protaetia brevitarsis seulensis*. *J. Environ. Sci. Int.* **29**, 939-941.
9. Choi, S. Y., Seo, D. G. and Hwang, J. Y. 2018. Serum 25-hydroxyvitamin D levels are associated with dental caries experience in Korean adolescents: the 2010-2014 Korean national health and nutrition examination surveys. *J. Nutr. Health* **51**, 287-294.
10. Chon, J. W., Kweon, H. Y., Jo, Y. Y., Yeo, J. H. and Lee, H. S. 2012. Protective effects of extracts of *Protaetia brevitarsis* on carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in the mice. *J. Seric. Entomol. Sci.* **50**, 93-100.
11. Chung, M. Y., Hwang, J. S., Goo, T. W. and Yun, E. Y. 2013. Analysis of general composition and harmful material of *Protaetia brevitarsis*. *J. Life Sci.* **23**, 664-668.
12. Coulston, A. M., Hollenbeck, C. B., Liu, G. C., Williams, R. A., Starich, G. H., Mazzaferri, E. L. and Reaven, G. M. 1984. Effect of source of dietary carbohydrate on plasma glucose, insulin, and gastric inhibitory polypeptide responses to test meals in subjects with noninsulin-dependent diabetes mellitus. *Am. J. Clin. Nutr.* **40**, 965-970.
13. 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.
14. Favier, A. E. 1993. Current aspects about the role of zinc in nutrition. *Rev. Prat.* **43**, 146-151.
15. 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.
16. 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.
17. Global Market Insights, 2020. Edible insects market size by product (beetles, caterpillars, grasshoppers, bees, wasps, ants, scale insects & tree bugs), by application (flour, protein bars, snacks), industry analysis report, regional outlook, application potential, price trends, competitive market share & forecast, 2020-2026.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. Indriyani, L., Rohman, A. and Riyanto, S. 2016. Physicochemical characterization of Avocado (*Persea Americana*

- Mill.) oil from three Indonesian avocado cultivars. *Res. J. Med. Plants* **10**, 67-78.
22. Kang, M. G., Kang, C. G., Lee, H. K., Kim, E. K., Kim, J. S., Kwon, O. S., Lee, H. K., Kang, H. J., Kim, C. H. and Jang, H. S. 2012. Effects of fermented aloe vera mixed diet on larval growth of *Protaetia brevitarsis seulensis* (Coleoptera: Cetoniidae) and protective effects of its extract against CCl₄-induced hepatotoxicity in Sprague-dawley rats. *Entomol. Res.* **42**, 111-121.
 23. Kim, H. G. and Kang, K. H. 2005. Bionomical characteristic of *Protaetia brevitarsis*. *Kor. J. Entomol.* **44**, 139-144.
 24. Kim, M. H., Park, J. W., Kim, M. J. and Park, J. J. 2019. Effect of herbal medicine by-products on the larval growth of white-spotted flower chafer (*Protaetia brevitarsis seulensis*). *Kor. J. Environ. Biol.* **37**, 60-67.
 25. 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.
 26. 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. Environ. Agric.* **39**, 253-262.
 27. 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.
 28. 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.
 29. Korea FAO Association. 2022. Monitoring of agricultural and fishery trends of international organizations. Why You Should Change Your Thinking About Edible Insects Positively.
 30. Kouřimská, L. and Adámková, A. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS J.* **4**, 22-26.
 31. Lee, H. J., Seo, M. S., Lee, J. H., Kim, I. W., Kim, S. Y., Hwang, J. S. and Kim, M. A. 2019. Inhibitory effect of *Protaetia brevitarsis seulensis* ethanol extract on neuroinflammation in LPS-stimulated BV-2 microglia. *J. Life Sci.* **29**, 1096-1103.
 32. Lee, J. I., Lee, W. H., Kim, M. A., Hwang, J. S., Na, M. K. and Bae, J. S. 2017. Inhibition of platelet aggregation and thrombosis by indole alkaloids isolated from the edible insect *Protaetia brebitarsis seulensis* (Kolbe). *J. Cell. Mol. Med.* **21**, 1217-1227.
 33. Lee, J. S., Kwon, O. S., Hwang, S. Y. and Yun, C. Y. 2011. Effects of larval extracts from *P. brevitarsis seulensis* on cytokine and diagnostic marker in carbon tetrachloride-administered SD rats. *Kor. J. Clin. Lab. Sci.* **43**, 113-119.
 34. Lee, S. B., Kim, J. W., Bae, S. M., Hwang, Y. H., Lee, B. J., Hong, K. P. and Park, C. G. 2018. Evaluation of spent mushroom substrates as food for white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis seulensis* (Coleoptera: Cetoniidae). *Kor. J. Appl. Entomol.* **57**, 97-104.
 35. Lee, Y. D. 2018. Properties of aqueous extract of *Protaetia brevitarsis* larva and mountain ginseng fermented by *Lactobacillus brevis*. *J. Food Hyg. Saf.* **33**, 369-374.
 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, J. R., Moon, H. C., Park, N. Y., Lee, E. J., Nam, J. H., Kim, W., Choi, C. H. and Kim, H. J. 2022. Development and oviposition characteristics of *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera: Cetoniidae) fed with fermented sawdust from different berries. *Kor. J. Appl. Entomol.* **61**, 377-385.
 38. Massaro, M., Scoditti, E., Carluccio, M. A., Calabriso, N., Santarpino, G., Verri, T. and De Caterina, R. 2020. Effects of olive oil on blood pressure: epidemiological, clinical, and mechanistic evidence. *Nutrients* **12**, 1548.
 39. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2022. 2021 Insect industry survey.
 40. Ministry of Food and Drug Safety. 2021. Korea Food Code. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=263
 41. Moon, H. C., Lim, J. R., Kim, N. Y. and Chon, H. G. 2018. Development and oviposition characteristics of *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera: Cetoniidae) fed fermented mulberry sawdust. *Kor. J. Appl. Entomol.* **57**, 373-379.
 42. Nam, H. Y. and Lee, K. T. 2007. Analysis of characterization in commercial extra virgin olive oils. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **36**, 866-873.
 43. Natali, F., Siculella, L., Salvati, S. and Gnoni, G. V. 2007. Oleic acid is a potent inhibitor of fatty acid and cholesterol synthesis in C6 glioma cells. *J. Lipid Res.* **48**, 1966-1975.
 44. Om, A. S. and Chung, K. W. 1996. Dietary zinc deficiency alters 5 α -reduction and aromatization of testosterone and androgen and estrogen receptors in rat liver. *J. Nutr.* **126**, 842-848.
 45. 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.
 46. 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.
 47. Shin, J. S., Lin, G. Z. and Kim, B. W. 2008. The effect of alcohol fermented feedstuff made of byproducts on fermentation characteristics and dry matter disappearance in the rumen. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* **28**, 49-60.
 48. Sim, S. Y., Ahn, H. Y., Seo, K. I. and Cho, Y. S. 2018. Physicochemical properties and biological activities of *Protaetia brevitarsis seulensis* larvae fermented by several kinds of micro-organisms. *J. Life Sci.* **28**, 827-834.
 49. Song, M. H., Han, M. H., Lee, S. H., Kim, E. S., Park, K. H., Kim, W. T. and Choi, J. Y. 2017. Growth performance and nutrient composition in the white-spotted flower

chafer, *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera: Scarabaeidae) fed agricultural by-product, soybean curd cake. *J. Life Sci.* **27**, 1185-1190.

50. Song, M. H., Lee, H. S. and Park, K. H. 2018. Effects of dietary animal feed on the growth performance of edible insects. *J. Life Sci.* **28**, 563-568.

초록 : 비지박 함유 먹이원 급이 흰점박이꽃무지 유충의 영양성분 비교분석

김선영^{1*} · 유태호² · 지상민¹ · 송정훈¹ · 김소윤¹ · 장규동¹

(¹농촌진흥청 국립농업과학원 곤충양잠산업과, ²눈꽃곰뽕이농장)

비지박을 포함하는 먹이원을 급이한 흰점박이꽃무지 유충의 영양학적 우수성과 안전성을 검증하고자 비지박 함유 먹이원과 참나무 발효톱밥만으로 사육한 유충의 영양성분과 유해물질을 비교분석하였다. 조단백질 함량은 비지박 함유 먹이원을 급이한 유충(SCC)에서 50.0%로 참나무 발효톱밥으로 사육한 유충(FOS) 44.7%보다 1.1배 많았다. 다량 무기질 중 가장 많은 함량을 나타낸 칼륨은 SCC (3169.6 mg/100 g)에서 FOS(1245.9 mg/100 g)보다 2.5배 더 많았다. 미량 무기질 중 아연은 SCC (103.0 mg/100 g)에서 FOS (8.2 mg/100 g)보다 12.6배 높은 함량을 나타냈다. 유해물질 분석 결과, SCC와 FOS에서 납, 카드뮴, 비소 모두 식용곤충 중금속 기준에 적합하였고, 병원성 미생물인 대장균과 살모넬라균은 모두 불검출되었다. 위의 연구 결과에 따르면, 비지박을 급이한 흰점박이꽃무지 유충은 다양한 영양성분을 포함하고 있으며, 안전성 또한 검증되었으므로 식용으로 활용하기에 적합할 것으로 판단된다.