

Changes in Body Composition of *Protaetia brevitarsis* seulensis Larvae Fed Sulfur and Selenium

Cheol Jin Park¹, Ho In Kang², Sam Woong Kim³, Kyu Ho Bang⁴, Tae Wan Kim⁵, Hyun-Wook Kim⁶ and Il-Suk Kim^{7*}

¹Poomdream Co., 169-12, Dongburo, Jinju, Gyeongnam 52818, Korea

²Oak Scent Insect Farm Co., 68-15, Gilseong-gil, Iwanseong-myeon, Jinju, Gyeongnam 52615, Korea

³Agri-Food Bio Convergence Institute, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Korea

⁴Department of Pharmaceutical Engineering, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Korea

⁵Gumbenginuli Co., 144, Songbaek-ri, Geumsan-myeon, Jinju, Gyeongnam 52636, Korea

⁶Division of Animal Bioscience and Integrated Biotechnology, Gyeongsang National University, 33 Donginro, Jinju, Gyeongnam 52725, Korea

⁷Division of Animal Science, Department of Animal Resources Technology, Gyeongsang National University, 33 Donginro, Jinju, Gyeongnam 52725, Korea

Received April 7, 2022 /Revised April 21, 2022 /Accepted April 22, 2022

This study examined changes in the body composition of *Protaetia brevitarsis* larvae fed sulfur and selenium. Among the general chemical components, an increase in protein was observed in the sulfur-fed group, whereas an increase in fatty acid was found in the groups fed selenium and sulfur/selenium. The structural amino acid showed some tendency to be increased compared to the control group, but this was especially true in the sulfur-fed group. The free amino acid were increased in the groups fed selenium and sulfur/selenium, with GABA, Glu, and Pro, in particular, being increased in the group fed sulfur/selenium. Among the essential amino acids, Met, Trp, and Val tended to be increased in selenium and sulfur/selenium groups. Saturated and polyunsaturated fatty acids showed a tendency to increase in the group fed sulfur/selenium, but monounsaturated fatty acid tended to be decreased in the group. In particular, no oleic acid was detected in the sulfur/selenium group, whereas palmitic acid, palmitoleic acid, and linoleic acid were increased. From observations of these body composition changes associated with the feeding of sulfur and selenium, it is estimated that the group fed sulfur/selenium would likely undergo a pronounced change in body composition. Therefore, we suggest that it is possible to manufacture a food that has enhanced functionality by appropriately adjusting the diet of *Protaetia brevitarsis* larvae.

Key words : Amino acid, fatty acid, larvae, mineral component, *Protaetia brevitarsis*

서론

최근 소득수준의 향상과 의학의 발달 등으로 평균수명이 증가하고 있으며, 식생활의 서구화로 인한 고혈압, 당뇨, 고지혈증 등 생활습관형 질병의 발생이 증가하고 있다. 이러한 질병의 예방 및 치료를 위해 식생활의 변화, 건강보조식품과 영양 보충제 등 2차 먹거리에 대한 관심이 날로 증대되고 있는 실정이다[19]. 이러한 측면에서 일반적으로 단백질, 불포화 지방산 및 미네랄이 다량 함유

되어 있는 고급 단백질 공급원으로 알려져 있는 곤충자원에 대한 식·약용 소재화를 위한 연구가 많이 이루어지고 있다[1, 21].

곤충자원에 대해 흰쥐를 이용한 동물임상 실험에서 안전성이 규명되었으며[5, 30], 또한 최근에는 흰점박이꽃무지를 함유한 음료의 생리활성 효능 및 안전성 검증과[23] 일반성분과 유해물질에 대한 안정성을 확보하였다[4, 20]. 흰점박이꽃무지의 유충을 식품원료로 사용하기 위한 전처리 조건을 확립하여 2014년 10월부터 식품의약품안전처(Ministry of Food and Drug Safety)의 식품허가를 받게 되었다[18]. 이와 같은 결과에 따라 앞으로 흰점박이꽃무지의 수요가 증가 할 것으로 예상되어 경제적인 대체먹이 개발이 요구되는 상황이다.

서양의학에서는 유황을 의약품으로 국부자극제, 피부질환, 변비, 치질 등에 이용하였고, 동양에서는 그 독성을 제거 후 사용하면 지혈작용, 신경마비, 냉수족 등을 치료

*Corresponding author

Tel : +82-55-772-3288, Fax : +82-55-751-3280

E-mail : ilskim@gnu.ac.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.

하는 약품으로 사용하였다. 또한, 마늘과 양파 추출물에 있는 함유 황 유기화합물은 연대적인 항생제가 나오기 전에는 티푸스, 콜레라, 이질 등 질병의 치료약으로 사용되어 왔으며, 병원성 미생물의 생육을 억제하는 것으로 알려져 있다[2, 17]. 동물을 이용한 시험에서는 닭의 시료에 무기태 sulphate를 첨가하면 병아리의 성장 및 식이효율이 개선되고 식이유허의 대사가 질소 대사와 밀접한 관계가 있는 것으로 나타난다[25].

셀레늄은 최근 다양한 동물 실험 결과, 셀레늄은 여러 동물에서 영양적으로 중요한 원소임이 증명되었고, 인간에게 필수 영양소임이 밝혀졌다[3, 8]. 또한 최근 연구에 의하면 셀레늄은 암 예방 효과가 있어 매일 셀레늄을 200 mg 섭취하면 암으로 인한 사망률을 50% 감소와[13], 중금속 독성을 감소시킬 수 있다[6].

최근까지 흰점박이꽃무지의 사육에 관한 연구는 인공 사육 환경[24], 형태 및 생육특성에 관한 내용이 보고되었으나[11, 14-16], 사육과정에서 중요한 급이에 관해서는 발효 알로에 대체먹이 급이를 제외하면 자료를 탐색하기 어려움이 있을 뿐만 아니라[10], 유충발육의 대체먹이 및 영양원의 급이에 대한 연구는 미흡한 상황이다. 따라서 본 연구는 식약용 소재로서 각광을 받고 있는 흰점박이꽃무지의 유충 생산성 향상을 위한 사육기술을 확립하고자 유허 및 셀레늄 분말을 발효톱밥에 혼합하여 급이에 따른 흰점박이꽃무지의 유충의 성분에 미치는 영향을 평가하여 식품을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

흰점박이꽃무지의 사육

본 실험의 공시충인 흰점박이꽃무지의 유충과 먹이인 참나무 발효톱밥은 농업회사법인 귀농생태마을(경남 진주)에서 공급받았다. 공시충은 유허먹이농장 곤충사육실(16L:8D, 25±2°C, 60±5% RH)에서 사육하였다. 투명한 폴리프로필렌(polypropylene) 재질의 직사각형(400×320×180 mm) 용기에 우화한 압수 10쌍을 넣어 산란한 알에서 부화한 유충을 이용하였다. 유충은 참나무 발효톱밥을 급이하였으며, 유충의 발달 단계에 따라서 크기가 다른 폴리프로필렌 직사각형(268×193×127 mm, 285×220×200 mm 및 400×320×180 mm) 용기를 이용하여 사육을 하였다.

영양원 급이

황 및 셀레늄의 급이에 따른 굶뎀의 영양요소 변화를 관찰하기 위해 주사료인 발효톱밥에 황 및 셀레늄을 1%의 비율로 혼합하였다. 조제된 대체먹이는 2령 유충부터 급이하였으며, 3령 유충을 3일 동안 절식상태로 배변을 유도하였다. 이를 흐르는 물에 2회 세척한 후 1시간 스팀처리 후 60°C 건조기에서 48시간 건조하여 보관하였

고, 필요한 경우에는 분쇄기(Super grinder JL-1000, Hibell, Hwaseong, Korea)로 분쇄하고 0.5 mm 체로 선별하여 냉동고에 보관하면서 시험에 사용하였다.

시료 분쇄 및 일반성분 분석

시료를 핀밀분쇄기(DK201, Sejung Tech, Daegu, Korea)를 이용하여 4,600 rpm으로 분쇄하여 일정량의 시료를 취하였다. 일반성분은 association of official agricultural chemists (AOAC) 방법에 따라 분석하였다. 조지방 함량은 soxhlet 방법으로 분석하였고 회분 함량은 550°C 직접회화법으로 측정하였으며 조단백질함량은 Kjeldahl 분석기(2300 Kjeldahl Analyzer Unit, Foss Tecator, Eden Prairie, MN, USA)를 이용하여 정량 분석하였다. 무기성분 함량은 건식법(NAAS, 2000)으로 측정하였다. 즉, 시료 1 g을 550°C에서 회화한 후 0.5 N HNO₃을 넣고 GF/C (90 mm, Cat No. 1822 090, Whatman International Ltd., Maidstone, England) 여과지로 여과한 다음 0.5 N HNO₃ 50 ml로 정용하여 Inductively Coupled Plasma Spectrometer (ICP, Thermo Jarrell Ash, Franklin, MA, USA)로 분석하였다.

지방산 분석

지방산 분석은 추출된 조지방 0.5 g에 반응시약(methanol: heptane: benzene: 2,2-dimethoxypropane: H₂SO₄=37:3620:5:2(v/v)) 2 ml을 넣고 80°C에서 20분간 반응시킨 후 상등액을 질소농축하여 hexane에 용해시켜 지방산 분석 시료로 사용하였다. 지방산 분석은 가스크로마토그래피(Agilent 6850 GC, Agilent Technologies, Wilmington, NC, USA)를 사용하였고 column은 HP-INNOWAX(30 m × 0.25 mm, 0.25 μm, Agilent Technologies), 검출기는 flame ionization detector를 사용하였다. 주입구 온도는 250°C, 검출기 온도는 300°C로 하였으며, 오븐 온도는 120°C에서 5분간 유지한 후 분당 5°C씩 230°C까지 올려 5분간 유지하였다. Carrier gas는 N₂ (99.999%)를 사용하였으며 유속은 1.3 ml/min으로 최종 주입되는 양은 1 ml이었다. 지방산 조성은 peak area의 상대적인 비로 나타내었고, 3 샘플의 풀링에 의해 분석을 수행하였다.

아미노산 조성분석

구성 아미노산 분석을 위하여 건조된 3 샘플 풀링 흰점박이꽃무지 유충의 분말 1 g과 6 N HCl 40 ml을 등근 플라스크에 넣고 혼합한 다음 110°C에서 24시간 동안 질소가스를 가수분해 하였다. 염산을 50°C에서 감압 농축시킨 다음 농축시료는 0.2 N sodium citrate buffer (pH 2.2) 50 ml을 넣어 희석시키고 여과지(0.25 μm millipore)로 여과하였다. 여과한 시료(20 ml)는 아미노산 분석기(L-8900, Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하였다.

유리아미노산 분석을 위하여 건조된 3 샘플의 풀링 시

료 1 g에 증류수 40 ml를 가하여 15분간 끓인 후 증류수를 50 ml로 맞추고 1 ml를 취하여 5% TCA (trichloroacetic acid) 1 ml를 주입하고 vortex mixer (Genie 2, Scientific industries, Inc USA)로 교반 후 10,000× g으로 10분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 여과지(0.25 μm millipore)로 여과하였다. 여과한 시료(20 ml)는 아미노산 분석기(L-8900, Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였다.

통계분석

반복 실험을 통하여 얻은 결과는 SAS program (V. 9.2, Cary, NC, USA)를 사용하여 분산분석에 의해 나타내었다. 각 시료의 분석결과에 대한 유의성 검정은 분산분석을 한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test (DMRT)를 실시하였다.

결과 및 고찰

일반성분 분석 결과

유황 및 셀레니움의 급이가 굼벵이의 체성분에 미치는 영향을 알아보기 위해 일반성분을 분석하였다. 일반성분 분석 결과, 단백질 함량은 황을 먹인 처리구에서 55.2%로 가장 높게 나타났지만, 대조구와 통계적 유의성에서 벗어나지 못했다. 반면에 셀레니움을 먹인 처리구에서 49.1%로 가장 낮게 나타났다(Fig. 1). 또한, 셀레니움의 영향에 따라 황/셀레니움 복합 처리구에서는 대조구(53.8%)보다 낮은 51.6%인 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 일반적인 굼벵이 사육에서 단백질 함량이 50.7~53.3% 사이에 존재하는 것에 대해 크게 벗어나지 않았다[20, 28]. 다른 한편으로, 탄수화물 함량이 높은 보조사료(supplementary feed)를 제공할 경우에 체 단백질 함량이 감소하는 것으로

나타나고 있다[29]. 본 연구에서, 보조 성분으로 먹인 황과 셀레니움은 체 단백질 함량을 급격히 감소시키지는 않는 것으로 나타났다.

지방산의 함량은 황 처리구에서 13.57%로 가장 높게 나타난 반면에 셀레니움에서 7.74%로 가장 낮은 것으로 관찰되었다. 그러나 지방의 경우에는 황/셀레니움 복합 처리구에서는 대조구(9.20%)보다 높은 11.33%를 보여 이 경우에는 황에 의해 더 영향을 받는 것으로 관찰되었다. 그러나 일반적인 사양의 결과에서 지방산의 함량이 16.1~26.7%인 것에 비교하여 본 연구에서는 대체적으로 낮게 조성되어 있는 것으로 관찰되었다[4, 20, 28]. 이와 같은 결과는 메인 사료인 톱밥의 조성에도 많은 영향을 받는 것으로 추정된다.

다른 한편으로 탄수화물은 위의 결과와 상반되는 양상을 보였다. 가장 높게 나타난 셀레니움 처리구는 29.7%의 탄수화물 함량을 보인 반면에, 황 처리구는 18.2%를 나타내었다. 황/셀레니움 복합 처리구에서는 23.3%로써 대조구의 22.4%보다 높게 유지되었다. 본 결과에서 나타난 바와 같이 체 성분 중에 탄수화물의 함량이 높은 것은 톱밥을 제거하기 위해 사용한 밀가루에 기인하여 탄수화물이 과도하게 체 성분으로 이행되어 나타나는 현상으로 추정된다.

따라서 황은 단백질과 지방의 함량을 증진시키는 반면에, 셀레니움은 탄수화물의 함량을 증진시키는 것으로 추정되었다.

아미노산 함량의 변화

전체 구조아미노산에서 황 처리구가 가장 높게 나타났지만, 통계적 유의성은 관찰되지 않았다(data not shown). 또한, 전반적으로 대조구에 비교하여 구조아미노산의 값

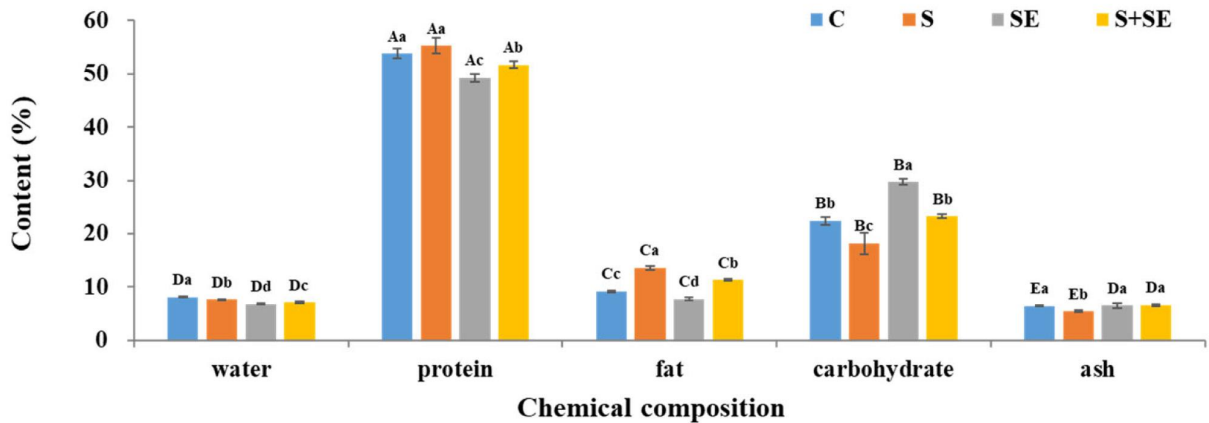


Fig. 1. Examination of general chemical component depending on sulfur and selenium-fed conditions. The general components were analyzed from each sample of control, sulfur, selenium, and sulfur/selenium-fed groups. X- and Y-axes indicate general component types and content, respectively. C; control group, S; sulfur-fed group, SE; selenium-fed group, and S+SE; sulfur and selenium-fed group. Capital and small letters indicate significant differences among fatty acids and among the treated conditions, respectively.

은 황, 셀레니움 및 황/셀레니움 처리구 모두 높게 조성되었지만, 통계적 유의성 없었다. 황 및 셀레니움 처리구에 따른 각 구조아미노산의 함량 변화를 분석해 본 결과, 특이적인 변화가 관찰되지 않았다(Fig. 2).

전체 유리아미노산은 셀레니움 및 황/셀레니움 처리구에서 대조구나 황 처리구에 비교하여 높게 유지되는 것으로 관찰되었다(Fig. 3). 각 개별 유리노산 함량 변화를 분석해 본 결과, 황/셀레니움 복합 처리구에 비필수아미노산 중에서 감마-아미노부틸릭산(GABA), 글루탐산, 프롤린 등에 특이적인 상승효과가 관찰되었다(Fig. 3). 다른 한편으로 셀레니움 처리구에서는 세린이 특이적으로 상승되는 경향성을 보였다. 황/셀레니움 복합 처리구에 GABA는 144.1 mg/100 g으로써 다른 처리구에 비교하여 3.7~4.4 배 높게 유지되는 것으로 나타났다. 또한, 일반적으로 잘 알려진 Haiibuki brown rice (Satake Co., Ltd., Hiroshima, Japan)의 GABA 함량이 47.0 mg/100 g dry biomass이며, 일반적인 normal brown rice는 5.8 mg/100 g dry biomass인 것으로 알려져 있다[12]. 따라서 rice에 비교하여 3.1배 이상의 GABA 생산량을 유지하는 것으로 나타났기 때문에 산업적 활용 가치가 매우 높은 것으로 판단된다.

필수 유리아미노산의 경우에서, 셀레니움 처리구에 루이신의 함량이 특이적으로 높게 나타났으며, 루이신은 근

육형성과 연관성이 있기 때문에 가치성이 있는 것으로 판단된다. 다른 한편으로 황, 셀레니움 및 황/셀레니움 복합 처리구 모두에서 메티오닌 및 트립토판의 생성이 대조구에 비교하여 상승효과가 있는 것으로 나타났다.

따라서 구조아미노산의 경우에는 처리구에 따라 특이적인 경향성이 관찰되지 않았지만, 셀레니움 처리구에 유리아미노산의 경우에서 산업적 가치성이 있는 GABA, 글루탐산 및 루이신 등의 함량이 증가되며, 특히 GABA의 경우에는 매우 의미 있는 개선 효과가 있는 것으로 관찰되었다.

지방산 함량 및 물리화학적 변화

황 및 셀레니움 처리구에서는 일가 불포화지방산의 함량은 증가한 반면에 포화지방산의 함량은 감소되었다 (data not shown). 그러나 황/셀레니움 복합 처리구에서는 일가 불포화지방산의 함량이 감소된 반면에 포화 및 다가 불포화지방산의 함량이 증가되는 경향성을 보였다. 황/셀레니움 복합 처리구에 포화지방산 중 팔미트산과 스테아릭산의 함량이 매우 증가되었다(Fig. 4). 특히 헵타데카노익산과 리그노세릭산은 대조구를 제외한 다른 처리구에서 전혀 감지되지 않았다. 황/셀레니움 복합 처리구에 일가 불화지방산중에서 올레산은 전혀 분석되지 않아 매우

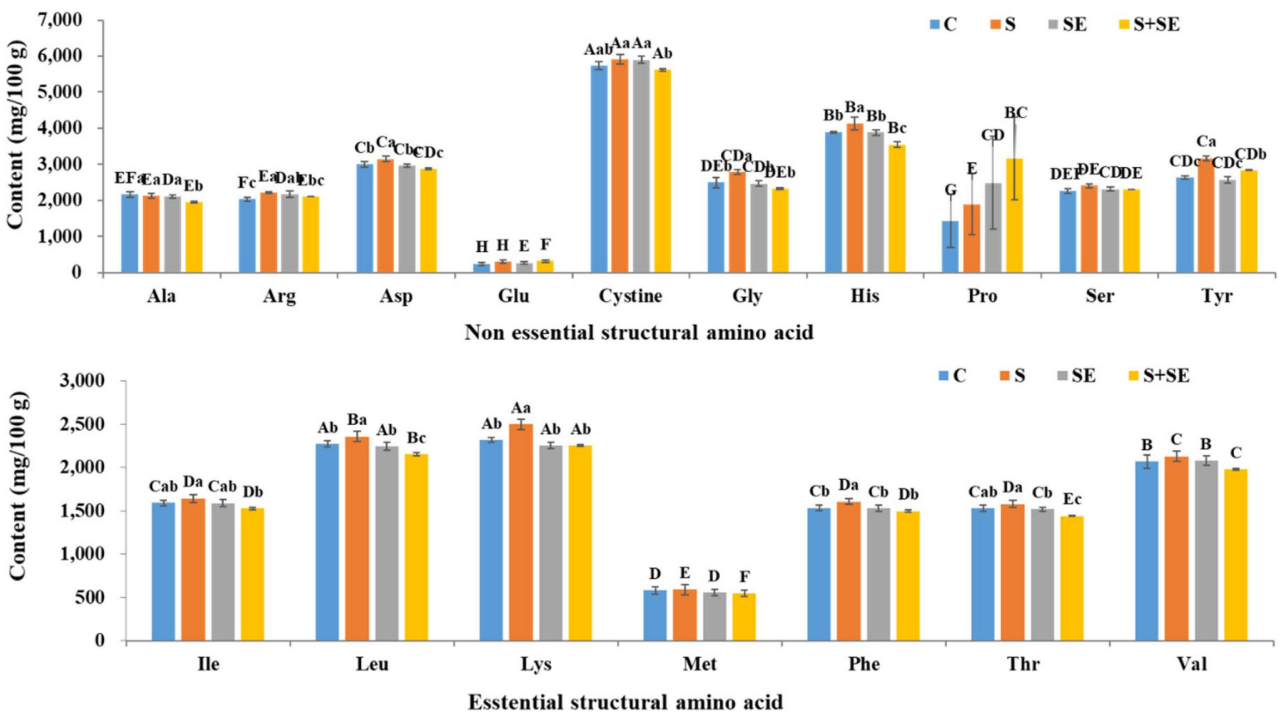


Fig. 2. Changes of structural amino acid content depending on sulfur and selenium-fed conditions. The structural amino acids were examined by essential and non-essential amino acids. X- and Y-axes indicate essential or non-essential amino acid types and content, respectively. C; control group, S; sulfur-fed group, SE; selenium-fed group, and S+SE; sulfur and selenium-fed group. Capital and small letters indicate significant differences among fatty acids and among the treated conditions, respectively.

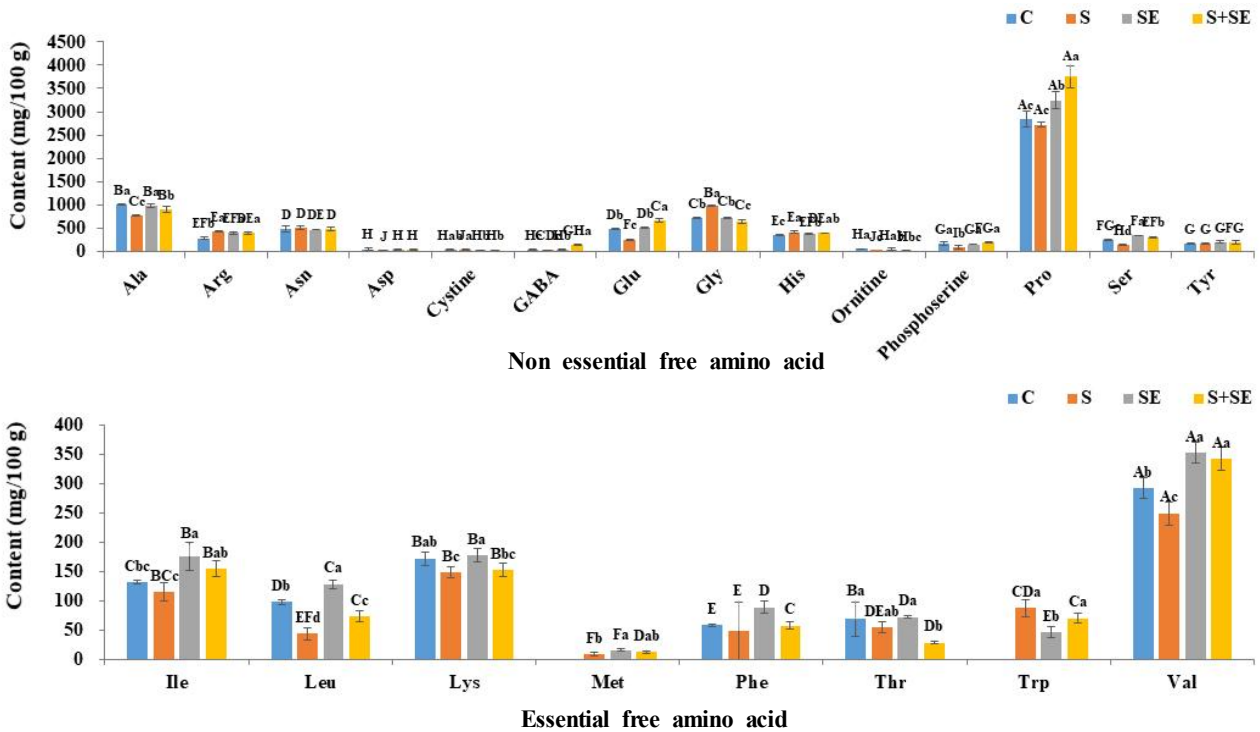


Fig. 3. Changes of free amino acid content depending on sulfur and selenium-fed conditions. The free amino acids were examined by essential and non-essential amino acids. X- and Y-axes indicate essential or non-essential amino acid types and content, respectively. C; control group, S; sulfur-fed group, SE; selenium-fed group, and S+SE; sulfur and selenium-fed group. Capital and small letters indicate significant differences among fatty acids and among the treated conditions, respectively.

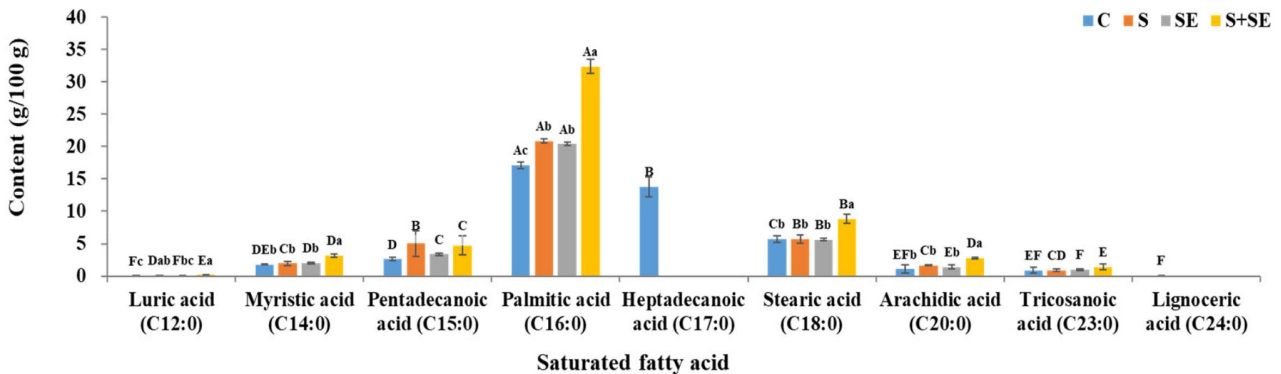


Fig. 4. Changes of saturated fatty acid content depending on sulfur and selenium-fed conditions. The saturated fatty acids were examined from each sample of control, sulfur, selenium, and sulfur/selenium-fed groups. X- and Y-axes indicate saturated fatty acid types and content, respectively. C; control group, S; sulfur-fed group, SE; selenium-fed group, and S+SE; sulfur and selenium-fed group. Capital and small letters indicate significant differences among fatty acids and among the treated conditions, respectively.

특이적인 것으로 나타났다. 그러나 팔미토렉산이 복합 처리구에서 상승되는 경향성을 보였다. 다른 한편으로 올레산은 황과 셀레늄 개별 처리구에서 대조구에 비교하여 상승되는 경향성을 보여 황/셀레늄 복합 처리구와 대조적인 양상을 보였다.

황/셀레늄 복합처리구에 다가 불포화지방산 중에서 리놀레산, 감마-리놀렌산, 리노렌산 등이 모두 상승되는

경향성을 보였다(Fig. 5). 리놀레산(omega-6), 감마-리놀렌산(omega-6) 및 알파-리놀렌산(omega-3)는 일반적으로 건강기능성 불포화지방산으로 잘 알려져 있다[7, 9, 22, 26]. 특히, 불포화지방산 중 비교적 높은 함량을 나타내는 리놀레산은 S+SE 복합처리시 매우 높은 값을 보였다. 유사한 실험의 경우는 셀레늄 단독처리시 리놀레산 함량의 변화가 관찰되지 않았지만, 비타민 E와 동시에 처리할 경

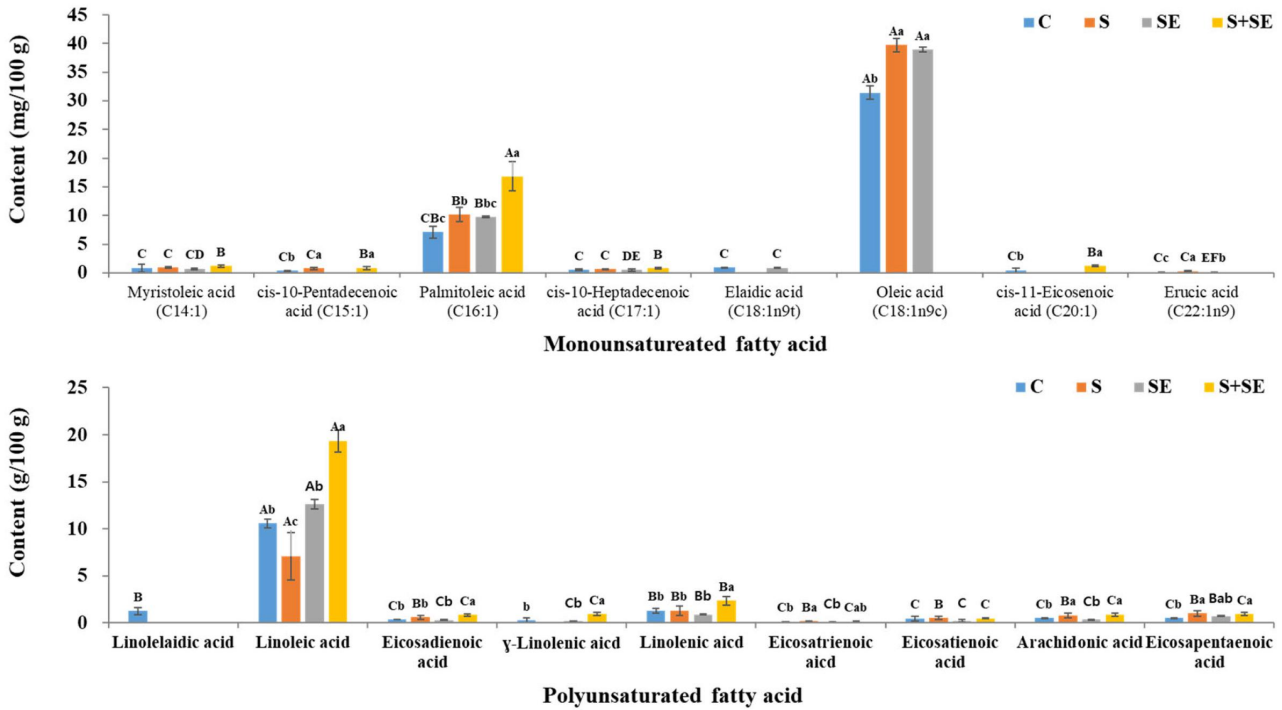


Fig. 5. Changes of unsaturated fatty acid content depending on sulfur and selenium-fed conditions. The unsaturated fatty acids were examined from each sample of control, sulfur, selenium, and sulfur/selenium-fed groups. X- and Y-axes indicate unsaturated fatty acid types and content, respectively. C; control group, S; sulfur-fed group, SE; selenium-fed group, and S+SE; sulfur and selenium-fed group. Capital and small letters indicate significant differences among fatty acids and among the treated conditions, respectively.

우에 이 지방산의 함량이 증가되는 경향성을 보였다[27]. 본 연구에서도 셀레늄 단독처리시에는 특이적인 경향성이 보이지 않았지만, 황과 동시 처리시 리놀레산이 증가되는 양상을 보였다.

따라서 증가된 이들 불포화지방산을 수거하여 건강기능성 성분으로 활용 가능성이 있는 것으로 추정된다. 그

러나 황 및 셀레늄을 개별 처리할 경우에는 일가 불포화지방산의 함량이 증가되는 반면에 황/셀레늄 복합 처리시 다가 불포화지방산이 증가되지만, 포화지방산도 증가되는 경향성을 보였다. 그러므로 황/셀레늄 복합 처리에 따른 다가 불포화지방산의 산업적 활용 가치를 증진시키기 위해서는 포화지방산을 제거하는 부분 정제 시스

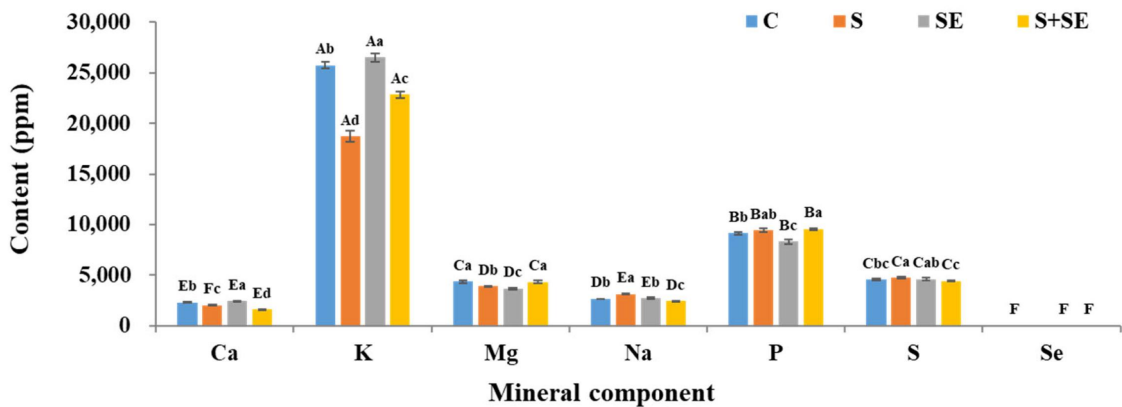


Fig. 6. Changes of mineral component content depending on sulfur and selenium-fed conditions. The mineral components were examined from each sample of control, sulfur, selenium, and sulfur/selenium-fed groups. X- and Y-axes indicate mineral component types and content, respectively. C; control group, S; sulfur-fed group, SE; selenium-fed group, and S+SE; sulfur and selenium-fed group. Capital and small letters indicate significant differences among fatty acids and among the treated conditions, respectively.

템의 도입이 요구된다.

황처리구에는 칼륨과 셀레니움의 함량이 저하되는 양상을 제외하고 다른 미네랄 성분에 있어서 특이적인 변화가 관찰되지 않았다(Fig. 6). 각 처리구로부터 유래된 분말의 경우에 있어서 pH는 모두 대조구에 비교하여 상승되는 경향성을 보였다. 특히 황 처리구에서 가장 높게 상승되는 것으로 나타났다(data not shown). 분말 색상에 있어서 황 처리구는 명도가 저하되는 반면에 황색도가 상승되는 경향성을 보였다(data not shown). 그 외의 색상은 특이적인 차이점이 관찰되지 않았다.

따라서 본 연구의 결과로부터 황이나 셀레니움의 처리는 단백질 및 지방 함량의 변화를 초래했다. 특히 셀레니움 및 황/셀레니움을 처리하면, GABA, Pro, Ile, Leu, Val 등의 상승이 관찰되었다. 황/셀레니움을 동시에 처리하면 불포화지방산 중 가장 높은 비율을 차지하는 oleic acid가 완전히 결여되는 반면에 포화지방산 및 다가불포화지방산이 증가되었다. 이와 같은 현상을 바탕으로 인위적인 기능성불포화지방산의 생산이 가능한 것으로 판단된다. 따라서 황과 셀레니움 기반 무기염류에 의해 대사산물을 인위적으로 조절하여 기능성이 증가된 굼벵이를 사육하는 것이 가능할 것으로 제의된다.

The Conflict of Interest Statement

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

References

- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C. C., Paoletti, M. G. and Ricci, A. 2013. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A Critical Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **12**, 296-313.
- Block, E. 1992. The organosulfur chemistry of the genus allium-implications for the organic chemistry of sulfur. *Angew Chem. Int. Fd. Engi.* **31**, 1135-1178.
- Choi, Y. S. and John, E. 2006. Hesketh. Nutritional biochemistry of selenium. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 661-670.
- 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.
- Hwang, S. Y., Lee, Y. G., Hwang, S. G., Lim, H. B., Kim, Y. I., Jang, K. H., Jeon, B. H., Lee, D. W. and Lee, H. C. 2001. Subchronic toxicity of *Protaetia brevitarsis* in rates. *Kor. J. Ori. Med. Physiol. Pathol.* **15**, 703-707.
- Hu, Q. H. and Zhu, J. C. 2000. Biological geochemistry and selenium in food chain. *Rural Ecoenviron* **16**, 54-57.
- Huang, Y. S. and Ziboh, V. A. 2001. Gamma-Linolenic Acid: Recent advances in biotechnology and clinical applications. AOCS Press. 259. ISBN 1-893997-17-0.
- Jenning, V. and Gohla, S. H. 2001. Encapsulation of retronoids in solid lipid nanoparticles. *Microencapsulation* **18**, 149-158.
- Kanehara, S., Ohtani, T., Uede, K. and Furukawa, F. 2007. Clinical effects of undershirts coated with borage oil on children with atopic dermatitis: a double-blind, placebo-controlled clinical trial. *J. Dermatol.* **34**, 811-815.
- Kang, M. G. 2011. Study on the effects of fermented loc vera mixed diet on the larval growth of *Protaetia brevitarsis* seulensis and protective effects of its larval extracts on rat hepatotoxicity. Agricultural Biology Graduate School Kyungbook National University.
- Kang, S. J., Park, C. W., Han, S. C., Yi, Y. K. and Kim, Y. G. 2005. A grub (*Protaetia brevitarsis* seulensis) rearing technique using cellulose-digesting bacteria and natural recycling of rearing byproduct to an organic fertilizer. *Kor. J. Appl. Entomol.* **44**, 189-197.
- Kawakami, K., Yamada, K., Yamada, T., nabika, T. and Nomura, M. 2018. Antihypertensive effect of γ -aminobutyric acid-enriched brown rice on spontaneously hypertensive rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **64**, 56-62.
- Kim, D. K., Jung, B. J., Son, D. M., Chon, S. U., Lee, K. D., Kim, K. S. and Rim, Y. S. 2007. Effects of selenium (Se) on growth and se content of mungbean. *Kor. J. Plant Res.* **20**, 383-388.
- Kim, H. G. 2005. Bionomical characteristics of *Protaetia brevitarsis* and *Allomyrina dichotoma*. Department of Biology Graduate School Jeonju University.
- Kim, H. G. and Kang, K. H. 2005. Bionomical characteristic of *Protaetia brevitarsis*. *Kor. J. Appl. Entomol.* **44**, 139-144.
- Kim, H. G., Kang, K. H. and Hwang, C. Y. 2005. Effect of some environmental factors on oviposition and developmental characteristic of *Protaetia brevitarsis* and *Allomyrina dichotoma*. *Kor. J. Appl. Entomol.* **44**, 283-286.
- Kumar, M. and Berwal, J. S. 1998. Sensitivity of food pathogens to garlic (*Allium sativum*). *J. Appl. Microbiol.* **84**, 213-215.
- Kwon, E. Y., Yoo, J. M., Yoon, Y. I., Hwang, J. S., Goo, T. W., Kim, M. A., Choi, Y. C. and Yun, E. Y. 2013. Pre-treatment of the white-spotted flower chafer (*Protaetia brevitarsis*) as an ingredient for novel foods. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **42**, 397-402.
- Mozaffarian, D. 2016. Dietary and policy priorities for cardiovascular disease, diabetes, and obesity: A Comprehensive Review. *Circulation* **133**, 187-225.
- Noh, C. W., Jeon, S. E., Son, D. and Lee, B. J. 2015. Changes of nutritive component with before processing feeding type for larva of *Protaetia brevitarsis*. *J. Kor. Soc. Int. Agric.* **27**, 675-681.
- Nowak, V., Persijn, D., Rittenschober, D. and Charrondiere, U. R. 2016. Review of food composition data for edible insects. *Food Chem.* **193**, 39-46.
- Pan, A., Chen, M., Chowdhury, R., Wu, J. H. Y., Sun, Q., Campos, H., Mozaffarian, D. and Hu, F. B. 2012. α -Linolenic acid and risk of cardiovascular disease: a sys-

- tematic review and meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* (Systematic review) **96**, 1262-1273.
23. Park, J. H., Kim, S. Y., Kang, M., Yoon, M., Lee, Y. I. and Park, E. 2012. Antioxidant activity and safety evaluation of juice containing *Protaetia brevitarsis*. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **41**, 41-48.
24. Park, H. Y., Park, S. S., Oh, H. W. and Kim, J. I. 1994. General characteristics of the white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis* reared in the laboratory. *Kor. J. Entomol.* **24**, 1-5.
25. Sasse, C. E. and Baker, D. H. 1974. Factors affecting sulphate-sulphur utilization by young chick. *Poultry Sci.* **53**, 652-670.
26. Simopoulos, A. P. 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Exp. Biol. Med.* **233**, 674-688.
27. Wojtasik-Kalinowska, I., Guzek, D., Gorska-Horczyczak, E., Glabska, D., Brodowska, M., Sun, D. W. and Wierzbicka, A. 2016. Volatile compounds and fatty acids profile in Longissimus dorsi muscle from pigs fed with feed containing bioactive components. *LWT-Food Sci. Technol.* **67**, 112-117.
28. Yeo, H. L., Youn, K. J., Kim, M. J., Yun, E. Y., Hwang, J. S., Jeong, W. S. and Jun, M. 2013. Fatty acid composition and volatile constituents of *Protaetia brevitarsis* larvae. *Prev. Nutr. Food Sci.* **18**, 150-156.
29. Yoon, C. H., Jeon, S. H., Ha, Y. J., Kim, S. W., Bang, W. Y., Bang, K. H., Gal, S. W., Kim, I. S. and Cho, Y. S. 2020. Functional chemical components in *Protaetia brevitarsis* larvae: impact of supplementary feeds. *Food Sci. Anim. Resour.* **40**, 461-473.
30. Yoon, W. J., Lee, J. A., Kim, J. Y., Kim, S. B. and Park, S. Y. 2007. Antioxidant activity and physiological function of the *Anomala albopilosa* extracts. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **36**, 670-677.

초록 : 황 및 셀레늄의 급이에 따른 흰점박이꽃무지 유충의 체성분 변화

박철진¹ · 강호인² · 김삼웅³ · 방규호⁴ · 김태원⁵ · 김현욱^{6*} · 김일석^{7*}

(¹주 품드림, ²주 유황먹인토종굼벥이, ³경상국립대학교 농식품바이오융복합연구원, ⁴경상국립대학교 제약공학과, ⁵주 굼벥이누리, ⁶경상국립대학교 동물생명융합학부 동물응용과학전공, ⁷경상국립대학교 축산과학부 동물소재공학전공)

본 연구는 유황 및 셀레늄을 급이하였을 때 굼벥이 체 성분의 변화를 관찰하기 위해 수행되었다. 일반 성분 중에서 단백질의 증가는 황 급이구에서 나타난 반면에, 지방산 증가는 셀레늄 및 황/셀레늄 급이구에서 보였다. 구조아미노산은 대조구에 비교하여 전반적으로 상승되는 경향성을 보였지만, 아미노산 중에서는 특이적으로 변화가 유발되는 것은 관찰되지 않았다. 유리아미노산은 셀레늄 및 황/셀레늄 급이구에서 증가되었다. 비필수아미노산 중 GABA, Pro가 황/셀레늄 급이구에서 증가되었다. 유리아미노산의 필수아미노산 중에서는 Met, Trp, Val이 셀레늄 및 황/셀레늄 그룹에서 증가되는 경향성을 보였다. 지방산은 황/셀레늄 급이구에서 monounsaturated fatty acid가 감소한 반면에, saturated and polyunsaturated fatty acids가 증가되는 경향성을 보였다. 특히, oleic acid가 전혀 검출되지 않은 반면에, palmitic acid, palmitoleic acid, linoleic acid가 증가되는 양상을 보였다. 황 및 셀레늄의 급이에 따른 체 성분 변화를 관찰해 본 결과, 황/셀레늄 급이구는 체 성분의 급격한 변화가 유발될 가능성이 있는 것으로 추정된다. 이와 같은 변화 적절하게 조절하여 기능성을 강화한 굼벥이를 제조하는 것이 가능한 것으로 제의된다.