ISSN (Online) 2287-3406
Journal of Life Science **2022** Vol. 32. No. 10. 784~791 DOI : https://doi.org/10.5352/JLS.2022.32.10.784

Physicochemical Properties of *Protaetia brevitarsis* sinulensis Larvae Reared with Feed Including Noni and Nipa Palm

Sam Woong Kim[1], Kyeong Min Je[2], Dul Nam Kim[2], Tae Wan Kim[3], Kyu Ho Bang[4], Won-Jae Chi[5], Woo Young Bang[6], Jang Hyeon Kim[7], Chul Woong Yang[7] and Il-Suk Kim[8]*

[1]*Gene Analysis Center, Agri-Food Bio Convergence Institute, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Korea*
[2]*Korea Industrial Insect Agency, 33 Banggok-gil, Sacheon-eup, Sacheon, Gyeongnam 52517, Korea*
[3]*Gunbaenginuri Co., 144, Songbaek-ri, Geumsan-myeon, Jinju, Gyeongnam 52636, Korea*
[4]*Department of Pharmaceutical Engineering, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Korea*
[5]*Microorganism Resources Division, National Institute of Biological Resources (NIBR), Environmental Research Complex, Incheon 22689, Korea*
[6]*Biological and Genetic Resources Utilization Division, National Institute of Biological Resources (NIBR), Environmental Research Complex, Incheon 22689, Korea*
[7]*Lab. of Aquatic Animal Diseases, College of Veterinary Medicine, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea*
[8]*Division of Animal Science, Department of Animal Resources Technology, Gyeongsang National University, 33 Dongjinro, Jinju, Gyeongnam 52725, Korea*

Received July 12, 2022 /Revised August 1, 2022 /Accepted August 4, 2022

This study observed changes in the body composition of *Protaetia brevitarsis* sinulensis larvae when reared with feed that included noni and nipa palm. Compared to the control group, the death rate and product yield of the treatment group were improved after the larval fasting process. The brightness of the larval powder of the treatment group increased, but the redness decreased. The crude fat content of the treated group was slightly increased according to the assays of the general components, but the mineral content was significantly increased. The total structural amino acids of the treatment group decreased, but the total free amino acids increased. The structural amino acids generally tended to decrease in the treatment group. However, the free amino acids showed no specific differences. Among the free amino acids, tryptophan, phosphoserine, and methylhistidine were highly increased in the treatment group, whereas threonine, methionine, and asparagine showed the opposite results. Among the polyunsaturated fatty acids, eicosapentaenoic acid (C20:5n3) of omega-3 was increased in the treatment group, but the omega-6 series was decreased. Since minerals, total free amino acids, and omega-3 fatty acids in the treatment group were increased compared to the control group, we suggest that noni and nipa palm can potentially be applied to the production of functionally improved substances as additional sources of feed for *Protaetia brevitarsis* sinulensis larvae.

Key words : Feed, larvae, noni, nipa palm, *Protaetia bretarsis* sinulansis

서 론

현재 식약처로부터 인정을 받아 식품원료로 사용 가능한 식용곤충은 메뚜기, 백강잠, 식용누에유충번데기, 갈색거저리유충(고소애), 쌍별귀뚜라미, 흰점박이꽃무지유충(꽃벵이), 장수풍뎅이유충(장수애), 아메리카왕거지유충(탈지분말), 수벌번데기, 장수풍데기(장수애) 등 10종에 이르고 있다. 식용곤충이 미래 동물성 단백질 자원으로 주목받으면서 특히 고품질의 흰점박이꽃무지 유충 생산에 대한 먹이원 연구가 다양하게 진행되고 있다[8, 14].

노니(*Morinda citrifolia*)는 남태평양, 중앙아메리카, 동남아시아 등의 열대성 기후에 자생하며, 다양한 생리활성물질을 함유하고 있어서 국내에서 의약품 원료 및 건강기능식품으로 사용되고 있다[9]. 노니에는 polyphenol, flavonoid, iridoid, anthraquinone, lignan, vitamin C, polysaccharide, glycoside 등 약 200여종의 식물성 화학물질이 함유되어 있다[5, 13, 20]. 이들 생리활성물질에 기인하여 노니는 항암, 항균, 항산화, 항염증, 면역체계 강화 등의 효능이 있다[1, 12, 22]. 이와 같이 노니의 탁월한 약효에도 불구하고 노니 열매의 특유한 냄새 때문에 역겨운 식물로 인식되어 음용하기에 다소 불편한 점이 존재하여 노니를 이용한 제품 개발이 매우 저조한 편이다.

***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.

니파야자(Nypa fruticans Wurmb)는 천남성과에 속하며, 줄기는 갯벌이나 염분 습지 속에서 자라며, 각 나라별로 Nipa palm, Nypa palm, Nypa fruticans, Mangrove palm, Date palm 등으로 명명되고 있지만, 국내에서는 이 꽃대가 지하경에서 돋아나는 모습이 죽순을 닮았다고 하여 해죽순으로 알려져 있다. 니파야자에는 페놀산, 플라보노이드, chlorogenic acid, proto-catechuic acid, kaempferol 등이 주성분으로 함유되어 있다[15, 17, 19]. 이들 주성분에 기인하여 항염증, 항당뇨, 고혈당 강하작용 등이 알려져 있다[2, 16, 23].

식품용 곤충 산업은 최근래 다양한 방향에서 연구가 진척되어 오고 있는 중이다. 곤충 사육 종료 후 다양한 기능성을 증진시키기 위해 곤충 사육시 생리활성물질을 함유한 소재들을 도입하여 연구를 수행하는 것도 하나의 분야로써 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 노니와 해죽순을 발효사료에 급여한 후 수확된 흰점박이꽃무지 유충에 미치는 물리화학적 특성을 분석하여 고품질의 흰점박이꽃무지 유충 생산을 위한 기초자료로 활용하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

흰점박이꽃무지의 사육

본 실험의 공시충인 흰점박이꽃무지의 유충과 먹이인 참나무 발효톱밥은 농업회사법인 귀농생태마을(경남 진주)에서 공급받았다. 공시충은 약초굼벵이농장 곤충사육실(16L:8D, 25±2℃, 60±5% RH)에서 사육하였다. 투명한 폴리프로필렌(polypropylene) 재질의 직사각형(400×320×180 mm) 용기에 우화한 암수 10쌍을 넣어 산란한 알에서 부화한 유충을 이용하였다. 유충은 참나무 발효톱밥을 급이 하였으며, 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

노니와 해죽순의 급이에 따른 굼벵이의 영양요소 변화를 관찰하기 위해 주사료인 발효톱밥에 노니와 해죽순을 0.5%의 비율로 혼합하였다. 조제된 대체먹이는 2령 유충부터 급이 하였으며, 3령 유충을 3일 동안 절식상태로 배변을 유도하였다. 이를 흐르는 물에 2회 세척한 후 1시간 스팀처리 후 60℃ 건조기에서 48시간 건조하여 보관하였고, 필요한 경우에는 분쇄기(Super grinder JL-1000, Hibell, Hwaseong, Korea)로 분쇄하고 0.5 ㎜ 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. pH 및 색상은 각각 pH-meter (MP230, Mettler Toledo, Swiss)와 Minolta Chromameter (CR-300, Minolta Co. LTD. Japan)에 의해 수행되었다. Minolta Chromameter은 표준색판 L*=93.5, a*=0.3132, b*=0.3198을 이용하여 표준화 하였다.

조지방 함량은 soxhlet 방법으로 분석하였고 회분 함량은 550℃ 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℃에서 회화한 후 0.5 N HNO_3을 넣고 GF/C (90 mm, Cat No. 1822 090, Whatman International Ltd., Maiidstone, England) 여과지로 여과한 다음 0.5 N HNO_3 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℃에서 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, Aglient Technologies), 검출기는 flame ionization detector를 사용하였다. 주입구 온도는 250℃, 검출기 온도는 300℃로 하였으며, 오븐 온도는 120℃에서 5분간 유지한 후 분당 5℃씩 230℃까지 올려 5분간 유지하였다. Carrier gas는 질소 가스(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 둥근 플라스틱에 넣고 혼합한 다음 110℃에서 24시간 동안 질소가스를 가수분해 하였다. 염산을 50℃에서 감압 농축시킨 다음 농축 시료는 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 3샘플의 풀링 시료 1 g에 증류수 40 ml를 가하여 15분간 끓인 후 증류수를 50 ml로 맞추고 1 ml를 취하여 5% TCA (trichloroacetic

Table 1. Fasting results of larvae reared with feed including noni/nipa palm

Content	Control	Noni/nipa palm
Amount of applied larvae for fasting (kg)	1	1
Death during fasting	19	8
Yield after fasting (%)	86.6	89.3
Yield after drying (%)	16.2	19.1

* Rearing start for the study was done by 2nd instar larvae. Feed condition was performed as following; Control feed was done by 1 kg sawdust, whereas the treatment group was reared by 1 kg sawdust and 5 g noni/5 g nipa palm. Fasting treatment was done for 3 days with 1 kg of the reared larvae and 300 g of raw sweet pumpkin slice.

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

굼벵이 사육 결과 특성

흰점박이꽃무지 유충은 사육 후 사람이 섭취 가능하도록 하기 위해 장내에 소화되지 않고 남아 있는 톱밥의 제거를 수확 후 즉시 실시한다. 이 과정을 절식이라 하며 순수하게 톱밥만을 제거하도록 3일 동안 절식하는 경우도 있는 반면에 유충의 기능성 및 사멸을 감소시키며, 체중을 원 상태로 유지시키도록 절식 동안에 기능성 물질들을 첨가하는 경우도 있다. 절식 동안에 보충 물질을 첨가시키지 않을 경우에는 체 단백질을 자가분해하여 생명을 연장시키기 때문에 최종 건조 제품에서 암모니아 취가 매우 높게 나타나기 때문에 굼벵이 섭취에 어려움을 유발할 수 있다.

본 연구에서는 절식 시 생단호박을 슬라이스하여 첨가하여 악취 및 기타 문제점을 해결하였다. 그 결과 Table 1에서 보여지는 바와 같이 노니/해죽순을 급이 할 경우에는 폐사 개체수가 절반 이하로 감소하는 것으로 나타났으며, 절식 후 수율 뿐만 아니라 최종 건조 후 수율에서도 대조구에 비교하여 향상된 결과를 도출하는 것으로 관찰되었다. 다른 한편으로, 건조분말의 pH는 대조구가 6.69인 반면에 노니/해죽순 처리구는 6.66으로 약간 낮은 것으로 관찰되었다(Fig. 1A). 또한, 분말 색상에서, 처리구의 명도(L*)는 39.1로써 대조구의 35.5에 비교하여 약간 높게 관찰되었다(Fig. 1B). 그러나 적색도(a*)는 처리구가 6.7로서 대조구의 7.3에 대해 약간 낮은 것으로 나타났다. 다른 한편으로 황색도(b*)는 유의성이 관찰되지 않았다. 따라서 본 연구에서 노니/해죽순 혼합 급이는 굼벵이의 생존력을 향상하고, 명도를 개선할 수 있는 것으로 제의된다.

일반성분 및 미네랄의 변화

노니/해죽순 급이 굼벵이의 일반성분 분석결과 단백질과 탄수화물의 함량은 크게 변화되지 않는 것으로 나타났다(Fig. 2A). 그러나 지방의 함량은 대조구의 14.3에 비교

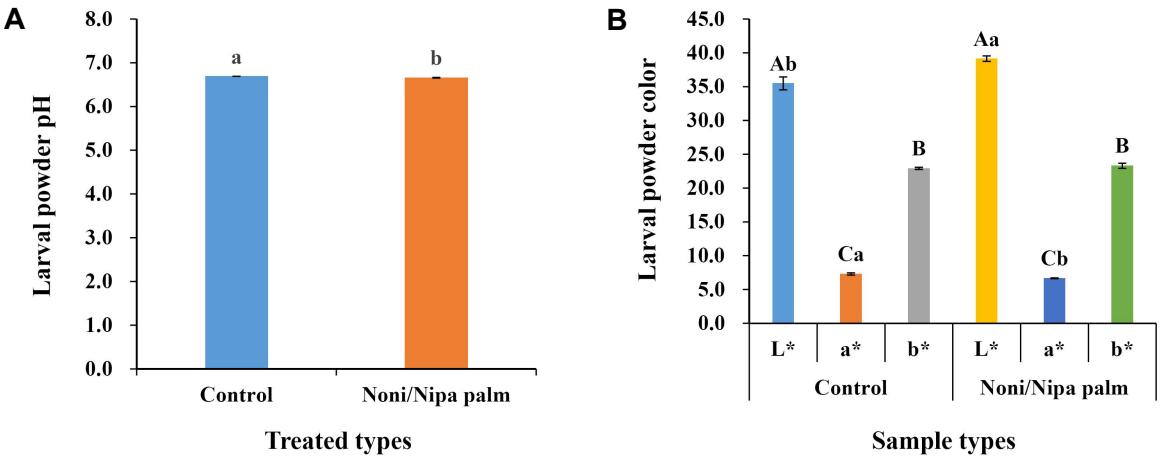


Fig. 1. Properties of pH (A) and larval powder color (B). The treated larvae were crashed after heat drying for 24 hr at 50℃. Capital and small letters in A and B indicate significant differences in the treated samples and each color component, respectively. L*; brightness, a*; redness, b*; yellowness.

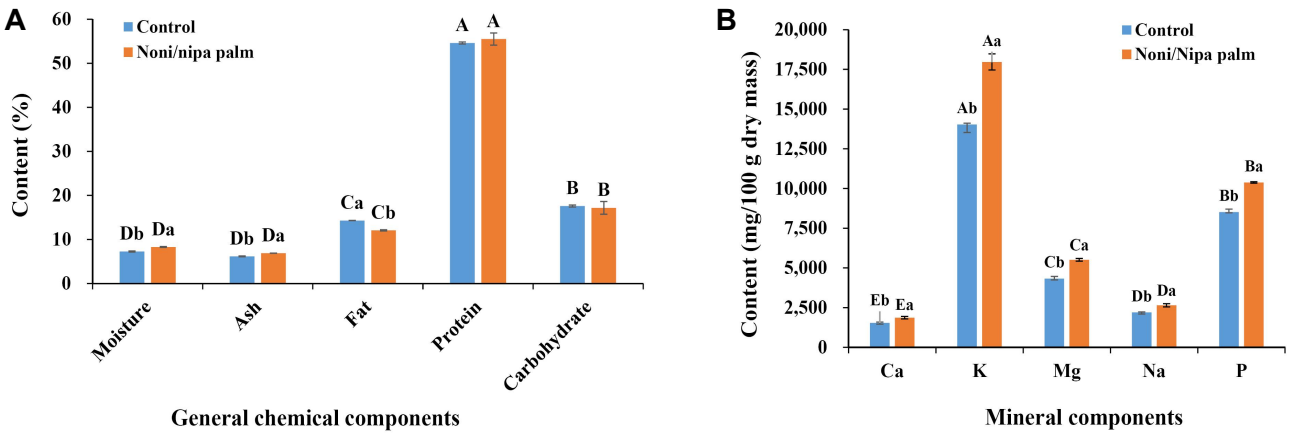


Fig. 2. Changes of general (A) and mineral components (B). The components were assayed according to described procedures in materials and methods. General and mineral components were marked by content (%) and content (mg/100 g dry mass), respectively.

하여 처리구에서는 12.1로써 2.2% 정도 감소되는 것으로 관찰되었다. 이와 같은 결과는 황과 셀레니움을 급이한 굼벵이에서 나타난 결과와는 약간 다르게 관찰되었다[14]. 황과 셀레니움으로 급이한 경우에는 단백질, 탄수화물 및 지방의 함량이 모두 대조구에 비교하여 처리구에 따라 증가 또는 감소되는 변화가 발생되는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 노니/해죽순의 급이가 굼벵이 구성성분에 대해 단지 지방 함량 변화에만 관여되는 것으로 제의된다.

노니/해죽순 처리에 따른 굼벵이 사육에서, 미네랄 함량은 분석된 모든 항목에서 대조구에 비교하여 1.20~1.28배 높게 관찰되었다(Fig. 2B). 특히 이 중에서 칼륨(K)이 1.28배로써 가장 높게 증가되는 것으로 나타났다. 노니의 과육에는 페놀화합물 등을 포함하는 약 160종의 화학물질을 포함하고 있으며, 칼슘, 마그네슘, 인, 칼륨 등이 다양하게 포함되어 있다[7, 21]. 다른 한편으로 해죽순은 바다 및 강에서 성장되면서, 폴리페놀류를 포함하는 다양한 기능성 성분과 칼슘 등의 미네랄을 함유하고 있다[3, 10, 11]. 따라서 본 연구에서 처리구의 미네랄 함량이 상승되어 나타난 것은 노니/와 해죽순으로부터 이행되어 나타난 결과로 추정된다.

아미노산 변화

총구조아미노산의 함량은 대조구의 57,204 mg/100 g dry mass에 비교하여 노니/해죽순으로 처리된 그룹에서는 53,728 mg/100 g dry mass로 관찰되어 3,477 mg/100 g dry mass에 의해 현저히 감소되는 경향성을 보였다(Fig. 3A). 필수아미노산에서는 트레오닌(0.92), 루이신(0.96), 페닐알라닌(0.92), 라이신(0.91) 등에서 대조구에 비교하여 약간 감소되어 나타났지만, 발린, 메티오닌, 이소루이신, 히스티딘 등에서는 유의성이 검증되지 않았다(Fig. 3B). 비필수아미노산에서는 아스파트산(0.95), 세린(0.87), 글루탐산(0.95), 프로린(0.86), 시스틴(0), 타이로신(0.76) 등에서 감소되는 경향성을 보였다(Fig. 3C). 특히, 시스틴은 대조구에서 356 mg/100 g dry mass인데 비교하여, 노니/해죽순 처리구에서는 전혀 없거나 미량인 것으로 나타났다. 또한, 타이로신의 감소폭이 높게 나타나는 것으로 관찰되었다. 특이적인 것은 대부분의 아미노산 함량이 처리구에서 감소되었지만, 비필수아미노산 중에 글리신, 알라닌, 아르기닌 등은 소폭 상승되는 경향성을 보였다. 이와 경향성은 황 및 셀레니움 급이에서 대조구에 비교하여 전반적으로 총구조아미노산의 함량이 증가되는 양상을 보였던 결과와는 상반되는 경향성을 보였다(unpublished data). 또한, 황 또는 셀레니움 처리시 전체적인 구조아미노산의 변화가 어떤 방향성을 가지고 감소되는 경향성을 보이지 않았다[14].

다른 한편으로, 유리아미노산은 구조아미노산의 함량에 상반되어 증가되는 경향성을 보였다(Fig. 4). 총유리아미노산의 함량은 대조구가 4,298 mg/100 g dry mass인 것에 비교하여 4,934 mg/100 g dry mass으로 636 mg/100 g dry mass가 상승되어 나타났다(Fig. 4A). 또한, 각 아미노산별 증감은 구조아미노산에 비교할 때 뚜렷한 증감을 표시하지 않았다. 필수아미노산에서 히스티딘(1.10), 트립토판(3.13), 라이신(1.07) 등은 증가를 나타낸 반면에, 트레오닌(0.41), 발린(0.87), 메티오닌(0.41), 이소루이신(0.88), 루이신(0.38), 페닐알라닌(0.98) 등은 감소로 관찰되었다(Fig. 4B). 이 중에서 특이적으로, 트립토판은 대조구에 비교하여 3.1배 이상 증가된 반면에, 트레오닌 및 메티오닌은 2.4배 감소되는 것으로 나타났다. 비필수아미노산 중에서 포스포세린(2.10), 포스포에탄올아민(1.77), 요소(2.04), 아스파르산(1.21), 글루탐산(1.37), 글리신(1.22), 알라닌(1.24), 베타-알라닌(1.04), 감마-아미노-부티르산(GABA;

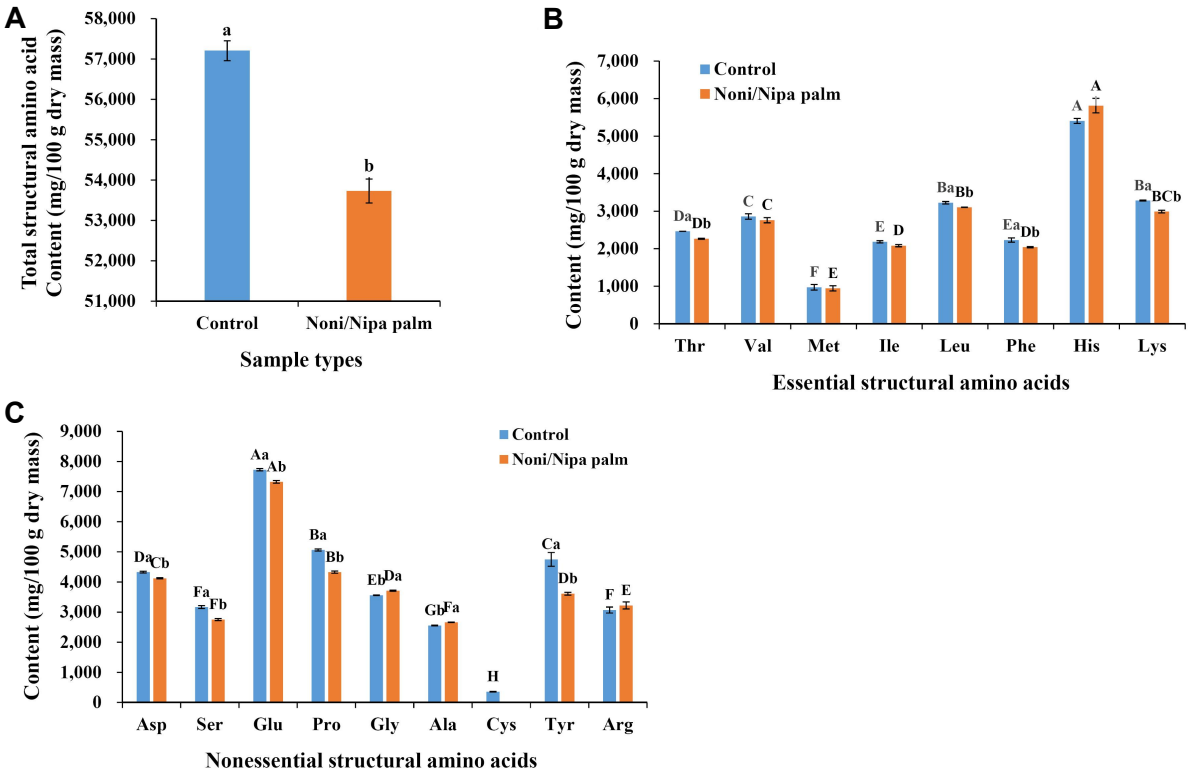
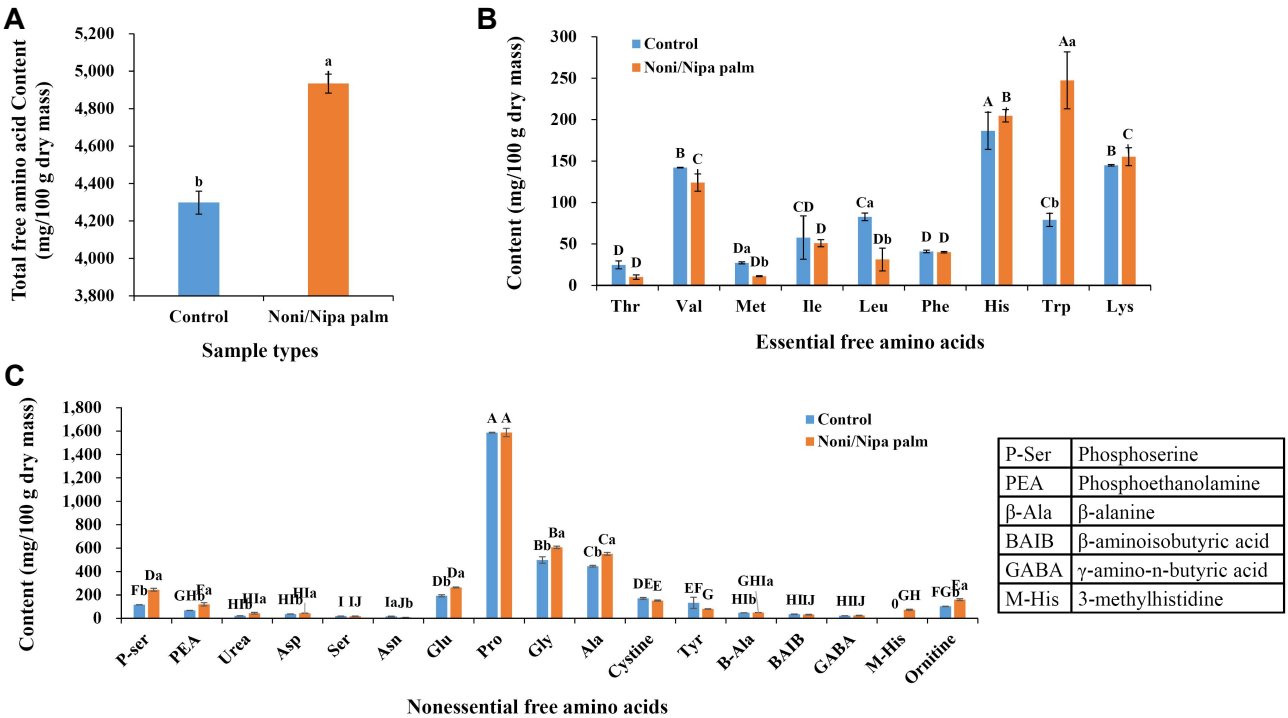


Fig. 3. Assays of structural amino acid content. Total structural amino acid content (A), Essential structural amino acid (B), and Nonessential structural amino acid (C). Total structural amino acid and each structural amino acid were indicated by content (mg/100 g dry mass).

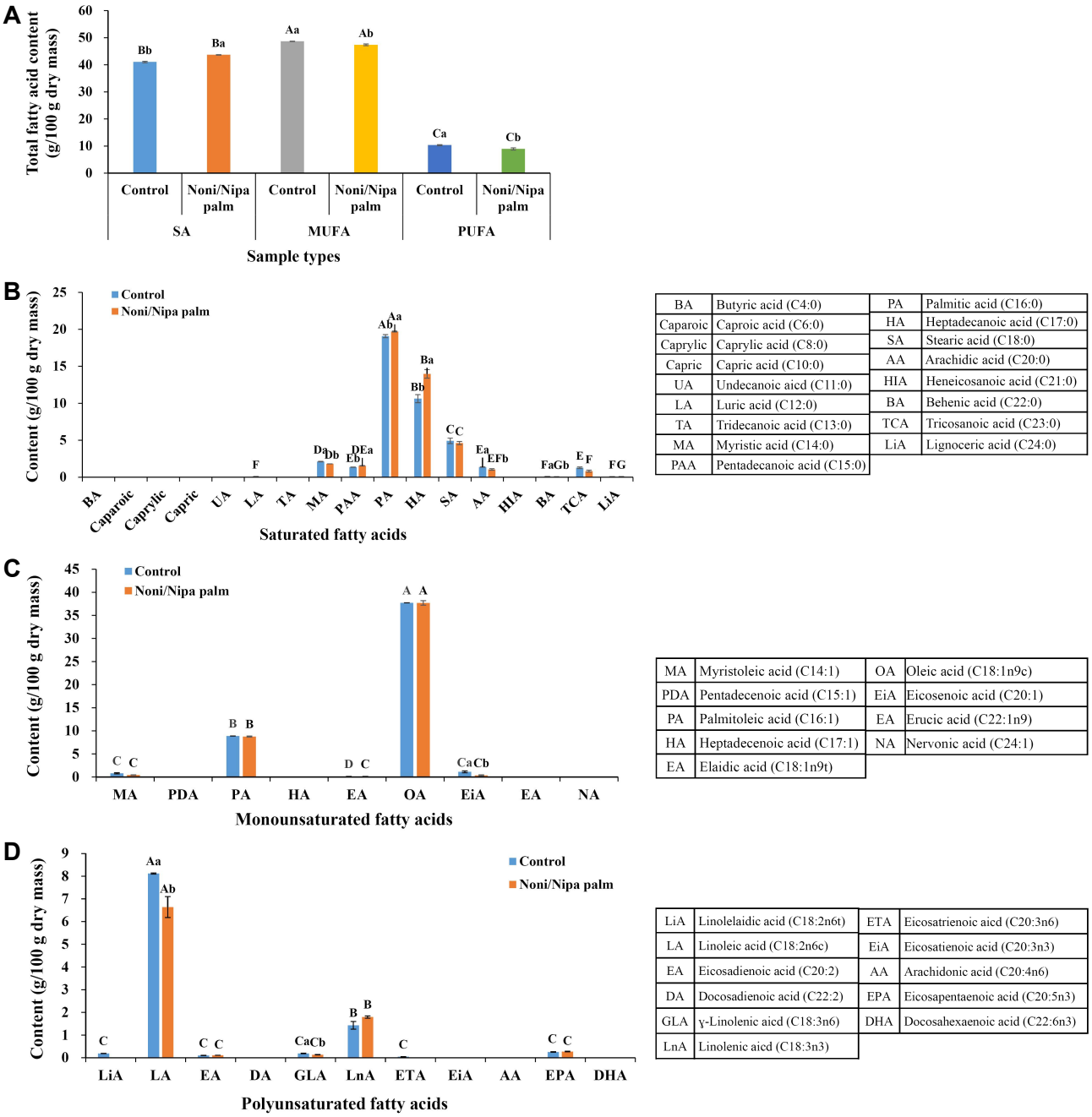


P-Ser	Phosphoserine
PEA	Phosphoethanolamine
β-Ala	β-alanine
BAIB	β-aminoisobutyric acid
GABA	γ-amino-n-butyric acid
M-His	3-methylhistidine

Fig. 4. Changes of free amino acids. Total free amino acid content (A), Essential free amino acids (B), and Nonessential free amino acids (C). The larvae were reared by feed including each 0.5% of noni and nipa palm. Total free amino acid and each free amino acid were indicated by content (mg/100 g dry mass).

1.10), 메틸-히스티딘(73.22), 오르니틴(1.56) 등은 상승된 반면에, 세린(0.96), 아스파라긴(0.47), 시스틴(0.89), 타이로신(0.60), 베타-아미노이소부틸르산(0.90) 등은 감소하였다(Fig. 4C). 특히, 포스포세린 및 메틸-히스티딘이 각각 2.1과 73.2배 이상에 의해 상승률이 높은 것으로 관찰되었다. 다른 한편으로, 아스파라긴은 2.1배 이상 감소되는 것으로 나타났다. 황 및 셀레니움 처리시에서 처리구에 따른 총유리아미노산의 함량이 변화되는 양상과는 다르게 본 연구에서 나타났다(data not published). 다른 한편으로 황 및 셀레니움 처리에서 처리에 따른 각 유리아미노산의 함량 변화는 비특이적으로 변화가 발생한 것은 본 연구와 유사한 경향성을 보였다[14].

종합적으로, 총구조 및 유리아미노산의 변화는 증감이 명확하게 확인되었으며, 구성아미노산은 구조아미노산



BA	Butyric acid (C4:0)	PA	Palmitic acid (C16:0)
Caparoic	Caproic acid (C6:0)	HA	Heptadecanoic acid (C17:0)
Caprylic	Caprylic acid (C8:0)	SA	Stearic acid (C18:0)
Capric	Capric acid (C10:0)	AA	Arachidic acid (C20:0)
UA	Undecanoic aicd (C11:0)	HIA	Heneicosanoic acid (C21:0)
LA	Luric acid (C12:0)	BA	Behenic acid (C22:0)
TA	Tridecanoic acid (C13:0)	TCA	Tricosanoic acid (C23:0)
MA	Myristic acid (C14:0)	LiA	Lignoceric acid (C24:0)
PAA	Pentadecanoic acid (C15:0)		

MA	Myristoleic acid (C14:1)	OA	Oleic acid (C18:1n9c)
PDA	Pentadecenoic acid (C15:1)	EiA	Eicosenoic acid (C20:1)
PA	Palmitoleic acid (C16:1)	EA	Erucic acid (C22:1n9)
HA	Heptadecenoic acid (C17:1)	NA	Nervonic acid (C24:1)
EA	Elaidic acid (C18:1n9t)		

LiA	Linolelaidic acid (C18:2n6t)	ETA	Eicosatrienoic aicd (C20:3n6)
LA	Linoleic acid (C18:2n6c)	EiA	Eicosatienoic acid (C20:3n3)
EA	Eicosadienoic acid (C20:2)	AA	Arachidonic acid (C20:4n6)
DA	Docosadienoic acid (C22:2)	EPA	Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)
GLA	γ-Linolenic aicd (C18:3n6)	DHA	Docosahexaenoic acid (C22:6n3)
LnA	Linolenic aicd (C18:3n3)		

Fig. 5. Changes of fatty acid content. Total fatty acid content (A), saturated fatty acids (B), monounsaturated fatty acids (C), and polyunsaturated fatty acids (D). Each component at X-axis was indicated by abbreviated words as described at each right panel. Each component was described by content (g/100 g dry mass).

에서는 비교적 감소되는 경향성을 보였지만, 유리아미노산에서는 경향성이 또렷하게 관찰되지 않았다.

지방산 변화

총지방산 함량의 변화는 노니/해죽순 처리구는 포화지방산 함량이 소폭 증가되는 반면에 일가불포화지방산 및 다가불포화지방산 함량이 약간 감소되는 경향성을 보였다(Fig. 5A). 포화지방산 중에서 처리구에서 증가되어 나타난 것은 Pentadecanoic acid (C15:0), Palmitic acid (C16:0), Heptadecanoic acid (C17:0) 등에서 소폭 상승되어 나타났다(Fig. 5B). 이 중에서 Heptadecanoic acid (C17:0)이 1.3배 상승으로 가장 상승폭이 높았다. Heptadecanoic acid (C17:0)은 반추동물의 지방과 유지방의 미량 성분으로 발견되지만, 다른 야생동물이나 식물성 지방에서 고농도로 발견되지 않는다[4, 6]. 따라서 본 연구에서 노니/해죽순 급이가 heptadecanoic acid (C17:0)의 함량을 증가시키는 것은 굼벵이의 체성분 변화에 영향을 미치는 것으로 추정된다. 이와는 반대로, 황 및 셀레니움의 급이는 heptadecanoic acid (C17:0)의 생합성을 완전히 철폐시키는 것으로 나타났다[14]. 따라서 향후 기능성 사료의 급이가 heptadecanoic acid (C17:0) 양상 변화와 굼벵이에 미치는 파급효과에 대한 구체적인 연구가 수행되어야 할 것으로 제의된다. 일가불포화지방산은 처리구에서 대조구에 비교하여 myristoleic acid (C14:1)와 cis-11-Eicosenoic acid (C20:1)가 1.9와 3.1배 감소되는 경향성을 보였지만, 나머지는 특이적인 양상을 보이지 않았다(Fig. 5C). 다양한 식물성 기름 및 견과류에서 발견되는 cis-11-eicosenoic acid (C20:1)은 오메가-9 계열 일가불포화지방산이다[18]. 다가불포화지방산은 cis-11,14-eicosadienoic acid (C20:2), linolenic acid (C18:3n3), cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoic acid (C20:5n3; EPA) 등이 처리구에서 약간 증가되는 양상을 보였다(Fig. 5D). 특히, 오메가-3 계열인 linolenic aicd (C18:3n3), cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoic acid (C20:5n3; EPA)가 증가되는 것이 특이적이다. 그러나 오메가-6 계열인 linoleic acid (C18:2n6c) 및 ɣ-ㅣinolenic acid (C18:3n6)가 일부 감소되는 것도 존재하기 때문에 기능성 지방산 함량 증가를 위해 추가적인 연구가 제의된다. 황 및 셀레니움의 복합첨가에서는 오메가-6 계열인 linoleic acid (C18:2n6c)와 ɣ-ㅣinolenic acid (C18:3n6) 및 linolenic acid (C18:3n3), cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoic acid (C20:5n3; EPA), cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6n3, DHA) 등이 모두 증가되는 것과는 약간 상이한 결과를 보였다[14]. 따라서 기능성 지방산만으로 볼 때는 보다 정밀한 추가 연구가 제의된다.

종합적으로 노니와 해죽순을 함께 급여할 때 아미노산에 비교하여 급격한 변화가 관찰되지 않았지만, 오메가-3 계열의 일부가 증가되는 반면에, 오메가-6계열은 감소되는 경향성을 보였다.

The Conflict of Interest Statement

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

References

1. Assi, R. A., Darwis, Y., Abdulbaqi, I. M., Khan, A. A., Vuanghao, L. and Laghari, M. H. 2017. *Morinda citrifolia* (noni): A comprehensive review on its industrial uses, pharmacological activities, and clinical trials. *Arab. J. Chem*. **10**, 691-707.
2. Bae, G. S. and Park, S. J. 2016. The anti-inflammatory effect of *Nypa fruticans* Wurmb. fruit on lipopolysaccharide-induced inflammatory response on RAW 264.7 cells. *Kor. J. Herbol*. **31**, 79-84.
3. Bae, G. S. and Park, S. J. 2019. Anti-inflammatory effect of *Nypa fruticans* Wurmb. on tumor necrosis factor (TNF)-α-induced inflammatory response in HaCaT cells. *Kor. J. Herbol*. **34**, 51-57.
4. Beare-Rogers, J., Dieffenbacher, A. and Holm, J. V. 2001. Lexicon of lipid nutrition (IUPAC Technical Report). *Pure Appl. Chem*. **73**, 685-744.
5. Carr, M. E., Klotz, J. and Bergeron, M. 2004. Coumadin resistance and the vitamin supplement, “Noni". *Am. J. Hematol*. **77**, 103.
6. Hansen, R. P., Shorland, F. B. and June Cooke, N. 1957. Occurrence in butterfat of n-heptadecanoic acid (margaric acid). *Nature* **179**, 98.
7. Hwang, H. J., Shin, K. O. and Han, K. S. 2019. A Study on the Function and Role of *Morinda citrifolia* L. (Noni). *Kor. J. Food Nutr*. **32**, 275-283.
8. Kang, M. G. 2011. Study on the effects of fermented Aloe 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.
9. Kim, J. M., Jeon, Y. H., Jeong, Y. J. and Yoon, K. Y. 2020. Comparison of bioactive composition, antioxidant activity, and nitric oxide inhibition effect of enzyme-treated and commercial noni juice. *Kor. J. Food Sci. Technol*. **52**, 75-80.
10. Kim, M. K. 2021. Ingredient Contents of Nipa Palm (*Nypa fruticans* Wurmb.) according to different extraction methods. *J. Conv. Infrom. Tech*. **11**, 104-110.
11. Lee, Y. H., Kim, W. K., Jung, H. A. and Oh, W. K. 2017. Analysis of nutritional components and antioxidant activity of nipa palm (*Nypa fruticans* Wurmb) flower stalk. *Kor. J. Food Nutr*. **5**, 1080-1086.
12. Lee, Y. R. 2020. Antioxidant and α-amylase inhibitory activity of 70% ethanolic extract from *Morinda citrifolia* L. (noni). *Kor. J. Food Nutr*. **33**, 210-214.
13. McClatchey, W. 2002. From Polynesian healers to health

food stores: changing perspectives of *Morinda citrifblia* (Rubiaceae). *Integr. Cancer Ther*. **1**, 110-120.
14. Park, C. J., Kang, H. I., Kim, S. W., Bang, K. H., Kim, T. W., Kim, H. W. and Kim, I. S. 2022. Changes in body component of *Protaetia brevitarsis* siulensis larvae according to feeding sulfur and selenium. *J. Life Sci*. **32**, 455-462.
15. Prasad, N., Yang, B., Kong, K. W., Khoo, H. E., Sun, J. and Azlan, A. 2013. Phytochemicals and antioxidant capacity from Nypa fruti- cans Wurmb. Fruit. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.* **2013**, 154606.
16. Reza, H., Haq, W. M., Das, A. K., Rahman, S., Jahan, R. and Rahmatullah, M. 2011. Anti-hyperglycemic and antinociceptive activity of methanol leaf and stem exract of *Nypa fruticans* Wurmb. *Pak. J. Pharm. Sci*. **24**, 485-488.
17. Tamunaidu, P. and Saka, S. 2011. Chemical characterization of various parts of nipa palm (*Nypa fruticans*). *Ind. Crop Prod*. **34**, 1423-1428.
18. Thomas, M. 1971. Jojoba oil wax esters and derived fatty acids and alcohols: gas chromatographic analyses. *J. Am. Oil Chem. Soc*. **48**, 259-264.
19. Tang S. Y,, Hara, S., Melling, L., Goh, K. J. and Hashidoko, Y. 2010. Burkholderia vietnamiensis isolated from root tissues of nipa palm (*Nypa fruticans*) in Sarawak, Malaysia, proved to be its major endophytic nitrogen-fixing bacterium. *Biosci. Biotechnol. Biochem*. **74**, 1972-1977.
20. Wang, M., Kikuzaki, H., Csiszar, K., Boyd, C. D., Maunakea, A., Fong, S. F., Ghai, G., Rosen, R. T., Nakatani, N. and Ho, C. T. 1999. Novel trisaccharide fatty acid ester identified from the fruits of *Morinda citrifblia* (Noni). *J. Agri. Food Chem.* **47**, 4880-4882.
21. Wang, M. Y. and Su, C. 2001. Cancer preventive effect of *Morinda citrifolia* (noni). *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **952**, 161-168.
22. Yang, J., Gadi, R., Paulino, R. and Thomson, T. 2010. Total phenolics, ascorbic acid, and antioxidant capacity of noni (*Morinda citrifolia* L.) juice and powder as affected by illumination during storage. *Food Chem*. **122**, 627-632.
23. Yosoff, N. A., Ahmad, M., AI-Hindi, B., Widyawati, T., Yam, M. F. and Mahmud, R. 2015. Aqueous extract of *Nypa fruticans* Wurmb. Vinegar alleviates postprandial hyperglycemia in nor- moglycemic rats. *Nutrients* **7**, 7012-7026.

초록 : 노니와 해죽순 급이가 흰점박이꽃무지 유충에 미치는 물리화학적 특성

김삼웅[1] · 제경민[2] · 김둘남[2] · 김태완[3] · 방규호[4] · 지원재[5] · 방우영[6] · 김장현[7] · 양철웅[7] · 김일석[8]*
([1]경상국립대학교 농식품바이오융복합연구원, [2]한국산업곤충사업단, [3]㈜굼벵이누리, [4]경상국립대학교 제약공학과, [5]국립생물자원관 미생물자원과, [6]국립생물자원관 유용자원활용과, [7]경상국립대학교 수의학과, [8]경상국립대학교 축산과학부 동물소재공학전공)

본 연구는 노니와 해죽순을 혼합 급여하였을 때 흰점박이꽃무지유충(꽃벵이)에 미치는 물리화학적 변화를 관찰하기 위해 수행되었다. 노니와 해죽순을 복합 급여 시 꽃벵이 절식 동안에 사멸율, 수율 등을 개선하는 것으로 나타났다. 건조굼벵이 분말의 처리구에서 pH는 소량 증가하였으며, 명도가 증가되는 반면에, 적색도는 감소되는 것으로 나타났다. 일반성분 분석에서 지방이 약간 증가되었지만, 단백질 및 탄수화물은 유사한 것으로 관찰되었다. 처리구에 미네랄 함량은 전반적으로 상승되었으며, 특히 칼륨이 매우 높게 관찰되었다. 처리구에서 총구조아미노산은 감소된 반면에, 총유리아미노산은 증가되어 상반되는 결과를 보였다. 처리구에 구조아미노산들은 전반적으로 감소되는 경향성을 보였다. 그러나 유리아미노산은 특이적인 경향성을 보이지 않았고, 각 성분별 다른 결과를 보였다. 유리아미노산 중 트립토판, 포스포-세린, 메틸-히스티딘은 높게 증가한 반면에, 트레오닌, 메티오닌, 아스파라긴 등은 높은 감소를 보였다. 처리구에서 총포화지방산은 증가되었지만, 일가 및 다가불포화지방산은 감소되었다. 포화지방산 중에서 Heptadecanoic acid (C17:0)가 특이적으로 증가했다. 다른 한편으로 다가불포화지방산 중에서 오메가-3계열인 cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)가 약간 상승되는 경향성을 보였지만, 오메가-6계열은 감소되었다. 따라서 본 연구에서 미네랄, 총유리아미노산, 오메가-3 계열 지방산 등이 증가되었기 때문에, 노니와 해죽순 복합 급여 사료는 기능성 증진 물질 생산을 위한 먹이원으로써 활용가능성이 있는 것으로 제의된다.