

어젠다코드	2 - 6 - 3		구분	완결	
기술분야코드	V1	기술유형코드	H03	작목구분코드	IN-03-42W801
과제종류	기관고유		과제번호	LP004258	
과제명	식용곤충의 식품 자원화 연구				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	김경대		농업연구사	강원도원 농식품연구소	
연구기간	2019 ~ 2021		참여연구기관	농산물원종장	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
1) 식용곤충의 생육기간과 먹이원에 따른 품질 지표 설정 및 기능성 검증			농식품연구소	김경대	'19~'21
색인용어	갈색거저리, 흰점박이꽃무지, 아미노산, 지방산, 기능성				

ABSTRACT

In order to convert edible insects into food resources, we investigated the appropriate breeding period and the composition and content of amino acids and non-fatty acids among nutritious ingredients for mealworm(*Tenebrio molitor*) larvae and White-spotted Flower Chafer(*Protaetia brevitarsis seulensis*) larvae, and the change in composition according to the type of food source and frequency of feeding. The appropriate breeding period was 140 days after hatching for *Tenebrio molitor* larvae, and 3rd instar larvae for *Protaetia brevitarsis seulensis*. There was no difference in the content of amino acids, but in the case of fatty acids, there was a change in composition according to the type of food source. In the larva of mealworm(*Tenebrio molitor*) only the compositional difference was observed, but the compositional change and the content difference were also observed in the larvae of the White-spotted Flower Chafer(*Protaetia brevitarsis seulensis*)

There was no difference as a result of analyzing the biomarkers involved in antioxidant activity according to the type of food source and the number of harvests, but the water extract had a higher antioxidant effect than the ethanol extract. It was found that the effect was high in the extract of the mealworm(*Tenebrio molitor*) larva fed with the food source.

In the future, when developing products using edible insects, it is judged that some ingredients can be adjusted according to the type of food source, activity according to the type of food source and the number of feedings. It was found that the effect was high in the extract of the mealworm(*Tenebrio molitor*) larva fed with the food source.

In the future, when developing products using edible insects, it is judged that some ingredients can be adjusted according to the type of food source.

1

연구목표

2014년 현재 지구상에서 최소한 20억명 이상이 식사의 일부로 곤충을 섭취하고 있으며 여기에 이용되는 곤충 종은 2천여 종 이상으로 알려져 있다(FAO, 2014). 유럽 벨기에의 경우 2013년 연방식품안전청(AFSCA)에서 귀뚜라미, 메뚜기, 딱정벌레 등 시중에 판매할 수 있는 곤충 10여종을 식용등록하기 위해 제도적으로 지원하였으며, EU에는 네델란드와 프랑스, 영국, 독일 등지에서 곤충식품 전문회사가 설립되어 유럽은 식용곤충 산업 발전을 위한 초석을 다지며 식용곤충시장의 도입기를 맞이하고 있다. 강원도는 곤충산업 육성 및 지원조례(제4030호, 2016.6.17. 유통원예과)를 제정하고, 소득작목으로 육성하고 있다. 강원도내 곤충생산농가는 2017년 기준 16개 시군 97농가로 전국 2,136 농가 중 4.5%를 차지하고 있으며, 식용곤충산업 기술수준은 초기 단계(체험농장, 단순상품)로 구분되고 있다. 주로 이용되는 식용곤충으로는 전세계적으로 딱정벌레목(31%)이 중국, 태국, 남아프리카공화국, 멕시코에서 활용도가 높다고 알려져 있다. 2021년 현재 국내에서 식품원료로 사용할 수 있는 식용곤충의 종류는 풀무치, 누에 유충, 메뚜기, 갈색거저리 유충, 흰점박이꽃무지 유충, 장수풍뎅이 유충, 쌍별 귀뚜라미 성충, 아메리카 왕거저리 유충, 수벌 번데기 등 10종이다. 곤충산업의 활성화를 위해 품질 안정화와 기능성 성분 구명을 통한 상품화 기초연구가 시급한 형편이다.

2

재료 및 방법

<제1세부과제: 식용곤충의 생육기간과 먹이원에 따른 품질 지표 설정 및 기능성 검정>

본 연구는 2019년부터 2021년까지 수행하였으며, 강원도농산물원종장에서 갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충을 사육하여 제공하고 농식품연구소에서 식품으로서의 기본 특성과 기능성을 분석하였다.

(시험 1) 적정 사육기간 설정을 위한 품질분석(2019)

시험1의 대상 식용곤충은 밀기울을 먹이로 사용한 갈색거저리 유충과 발표톱밥을 먹이로 사용한 흰점박이꽃무지 유충을 대상으로 하였으며, 밀폐형 생육시설에서 센서를 활용하여 CO₂, 온도, 습도 등을 모니터링하며, 상대습도 60%, 26℃정온 조건에서 사육하였다(그림 1). 갈색거저리 유충의 생육 특성 조사시기는 부화 후 60일부터 170일까지, 일반성분 및 무기성분은 90일부터 170일까지 10일 간격으로 조사하였으며, 흰점박이꽃무지 유충의 조사시기는 생육특성, 일반성분, 무기성분 모두 부화 후 20일부터 140일까지 조사하였다. 성분분석을 위한 식용곤충 시료는 채취후 2일간 절식하여 장내 배설물을 배설 시킨 후, 갈색거저리 유충은 물로 3회 세척하고 흰점박이꽃무지 유충은 깨끗한 물에 30분 침지하고 물을 갈아주는 과정을 3회 반복하여 세척하였다. 100℃의 물에 3분간 담구어 도출하고, 동결건조 후 분말화하여 시료로 사용 하였으며, 보관은 영하 20℃에 냉동보관하여 사용하였다. 식용곤충의 조사내용은 사육기간 중 생육특성인 생체중(갈색거저리 10마리, 흰점박이꽃무지 5마리)을,

곤충의 길이를 측정하였으며, 식품 일반성분인 수분, 조단백, 조지방, 조섬유, 회분, 탄수화물, 무기성분인 칼슘, 칼륨, 마그네슘, 나트륨, 철 및 인산의 함량을 조사하였다. 분석방법은 식품공전의 제 8. 일반시험법, 2. 식품성분시험법, 2.1 일반성분시험법에 따라 분석하였다.



밀폐형 사육사



내부전경



갈색거저리



흰점박이꽃무지

그림 1. 컨테이너형 사육실 및 유충별 생육 상황

(시험 2) 아미노산 및 지방산 조성 분석(2019)

시험2의 대상 식용곤충은 시험1과 같으며, 갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충을 절식, 세척, 도충 후 동결건조하고 분말화하여 사용하였다. 갈색거저리 유충은 생육특성상 우화까지 같은 형태로 성장하는 특성을 나타내어 아미노산 및 지방산 조사시기는 부화 후 80일, 110일, 140일, 170일 샘플을 각각 채취하여 분석에 사용하였으며, 흰점박이꽃무지 유충은 우화까지 3차례의 생육이 형태변화로 1령, 2령, 3령으로 나누어져, 성장하는 특성을 나타내어 조사시기를 1령기, 2령기, 3령기로 구분하여 샘플을 각각 채취하여 분석에 사용하였다.

아미노산 분석은 식품공전의 제 8. 일반시험법, 2. 식품성분시험법, 2.1 일반성분시험법, 2.1.3 질소화합물, 2.1.3.3 아미노산 분석법에 따라 분석하였다. 지방산분석은 식품공전의 제 8. 일반시험법, 2. 식품성분시험법, 2.1 일반성분시험법, 2.1.5 지질, 2.1.5.4 지방산 분석법에 따라 분석하였다.

(시험 3) 먹이원 추가 급여에 따른 생육특성(2020)

시험3의 대상 식용곤충은 시험1과 같으며, 추가되는 먹이원은 전지분유, 대두박, 홍삼박이며 대조구로 갈색거저리 유충은 밀기울을, 흰점박이꽃무지 유충은 발효톱밥을 사용하였다. 전지분유는 일반적으로 판매되는 전지분유를 구입하였으며, 두부 생산후 잔여물인 대두박과 홍삼액 추출 후 잔여물인 홍삼박을 사용하였으며, 갈색거저리 유충의 먹이원 혼합율은 밀기울 90%에 전지분유, 대두박, 홍삼박을 각각 10% 혼합하여 사용하였으며, 흰점박이꽃무지 유충에는 발효톱밥 90%에 전지분유, 대두박, 홍삼박 각 10%를 혼합하여 사용하였다(그림 2).

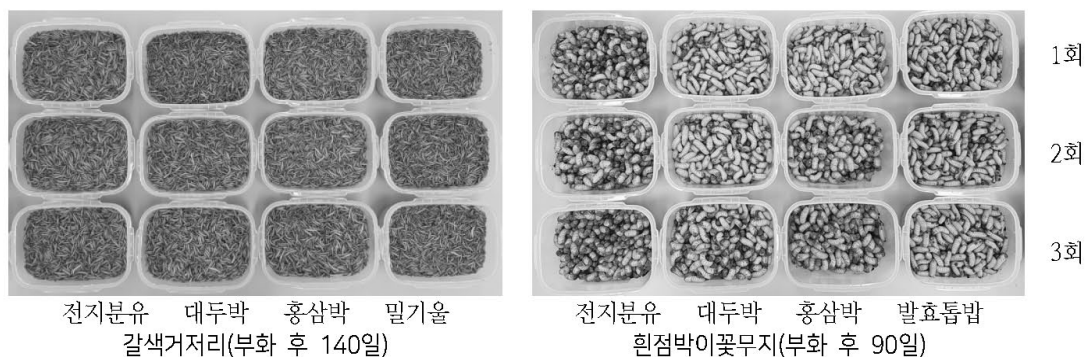


그림 2. 먹이원별 급여기간별 생육상황

급여기간은 각각 3처리로, 갈색거저리 유충은 부화후 혼합먹이원 급여일까지 표준먹이원인 밀기울 100%로 사육하고, 1회 처리는 부화 후 131일부터 10일간 혼합 먹이원을 처리하였으며, 2회 처리는 부화후 121일부터 20일간으로 10일 간격으로 2회 혼합 먹이원을 처리하였으며, 3회 처리는 111일부터 10일 간격으로 3회 혼합 먹이원을 처리하였으며, 흰점박이꽃무지 유충은 부화 후 혼합먹이원 급여일까지 표준먹이원인 발효톱밥 100%로 사육하고, 1회 처리는 부화 후 81일부터 10일간 혼합 먹이원을 처리하였으며, 2회 처리는 부화 후 71일부터 20일간 10일 간격으로 2회 혼합 먹이원을 처리하였으며, 3회 처리는 61일부터 30일간 10일 간격으로 3회 혼합 먹이원을 처리하여 급여기간을 설정하였다.

조사내용은 추가 먹이원별, 급여기간별로 갈색거저리는 부화후 140일에, 흰점박이꽃무지는 부화 후 90일에 시료를 채취하여 생육특성인 생체중(갈색거저리 10마리, 흰점박이꽃무지 5마리)과 길이를 측정하였다.

(시험 4) 먹이원 추가 급여 유충의 아미노산 및 지방산 조성변화(2020~2021)

시험4의 2020년 대상 식용곤충, 먹이원 처리내용 및 급여기간은 시험3과 같았으며, 반복시험을 위해 2021년 대상 식용곤충은 시험3과 같으며, 먹이원 처리내용으로 갈색거저리 유충의 먹이원 혼합율은 대두박의 경우 밀기울 90%와 대두박 10%, 밀기울 80%와 대두박 20%, 밀기울 70%와 대두박 30% 처리와 밀기울 90%에 전지분유, 홍삼박을 각각 10% 혼합하여 사용하였으며, 흰점박이꽃무지 유충에는 대두박의 경우 발효톱밥 90%와 대두박 10%, 발효톱밥 80%와 대두박 20%, 발효톱밥 70%와 대두박 30% 처리와 발효톱밥 90%에 전지분유, 홍삼박 각 10%를 혼합하여 사용하였다. 급여기간

은 각 3처리로 고정하고, 갈색거저리 유충은 부화 후 혼합먹이원 급여일까지 표준먹이원인 밀기울 100%로 사육하고, 11일부터 10일 간격으로 3회 혼합 먹이원을 처리하였고, 흰점박이꽃무지 유충은 부화 후 혼합먹이원 급여일까지 표준먹이원인 발효톱밥 100%로 사육하고, 6일부터 30일간 10일 간격으로 3회 혼합 먹이원을 처리하였으며, 여 급여기간을 설정하였다.

조사내용은 추가 먹이원별, 급여기간별로 갈색거저리는 부화후 140일에, 흰점박이꽃무지는 부화 후 90일에 시료를 채취하여 시험1과 같이 절식, 세척, 도충 후 동결건조, 분말화 하여 분석하였으며, 아미노산함량 및 지방산 함량을 분석하였다. 아미노산 및 지방산 함량분석은 시험2와 같다.

(시험 5) 항산화, 면역 기능성 검정(2021)

시험5의 대상 식용곤충은 시험1과 같으며, 먹이원 처리내용으로 갈색거저리 유충의 먹이원 혼합율은 대두박의 경우 밀기울 90%와 대두박 10%, 밀기울 80%와 대두박 20%, 밀기울 70%와 대두박 30% 처리와 밀기울 90%에 전지분유, 홍삼박을 각각 10% 혼합하여 사용하였으며, 흰점박이꽃무지 유충에는 대두박의 경우 발효톱밥 90%와 대두박 10%, 발효톱밥 80%와 대두박 20%, 발효톱밥 70%와 대두박 30% 처리와 발효톱밥 90%에 전지분유, 홍삼박 각 10%를 혼합하여 사용하였다. 급여기간은 각 3처리로 고정하고, 갈색거저리 유충은 부화 후 혼합먹이원 급여일까지 표준먹이원인 밀기울 100%로 사육하고, 11일부터 10일 간격으로 3회 혼합 먹이원을 처리하였고, 흰점박이꽃무지 유충은 부화 후 혼합먹이원 급여일까지 표준먹이원인 발효톱밥 100%로 사육하고, 6일부터 30일간 10일 간격으로 3회 혼합 먹이원을 처리하였다.

조사내용은 추가 먹이원별, 급여기간별로 갈색거저리는 부화후 140일에, 흰점박이꽃무지는 부화 후 90일에 시료를 채취하여 시험1과 같이 절식, 세척, 도충 후 동결건조, 분말화 하여 물추출물과 에탄올 추출물에 대하여 항산화활성인 DPPH, FLAP와, 항비만 지표중 하나인 pancreatic lipase를 분석하였다.

3 결과 및 고찰

〈제1세부과제: 식용곤충의 생육기간과 먹이원에 따른 품질 지표 설정 및 기능성 검정〉

(시험 1) 적정 사육기간 설정을 위한 품질분석(2019)

식용곤충의 적정사육기간을 설정하기 위해 갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충의 사육기간에 따른 생육 특성, 일반성분 및 무기성분의 변화를 조사하였다.

갈색거저리 유충의 사육기간에 따른 10마리의 생체중과 생체 길이의 변화는 (표 1)과 같으며, 생체중은 부화후 120일부터 160일까지 급격히 증가하였으며, 길이는 60일부터 160일까지 비례적으로 성장하였으며, 식품의 일반성분인 수분, 조단백, 조지방, 조섬유, 회분, 탄수화물의 함량비율의 변화는 (그림 3)과 같으며, 사육이 진행될수록 탄수화물이 감소하였으나, 통계적 유의차는 나타나지 않았으며, 수분은 60% 미만으로 나타났으며, 무기성분의 함량변화는 결과는 (그림 4)와 같으며, 인산은 140

일까지 증가하다가 감소하였으며, 칼륨은 생육과 함께 완만히 지속적으로 상승하였으며, 망간과 구리는 검출되지 되지 않았다.

표 1. 갈색거저리 유충의 부화 후 사육일수별 생육특성

구분	60일	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
길이(cm)	0.69	0.85	0.91	0.98	1.12	1.33	1.54	1.72	2.06	2.26	2.41	2.44
생체중 (mg/10마리)	31	35	46	85	132	215	297	425	695	966	1,179	1,261

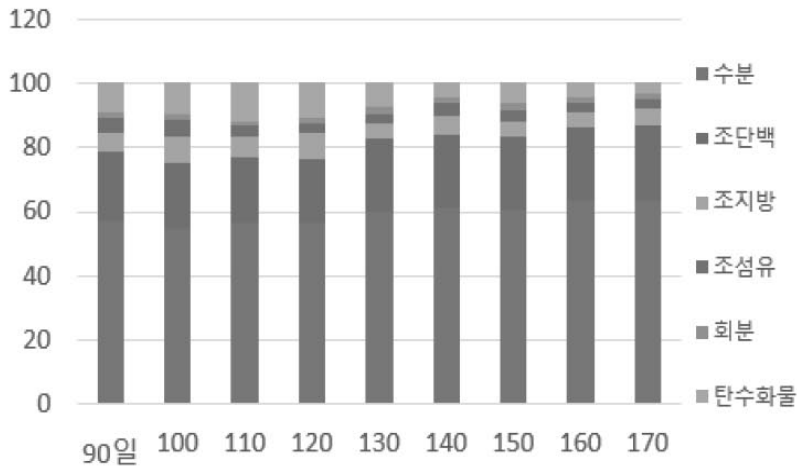


그림 3. 갈색거저리 유충의 일반성분 비율 변화

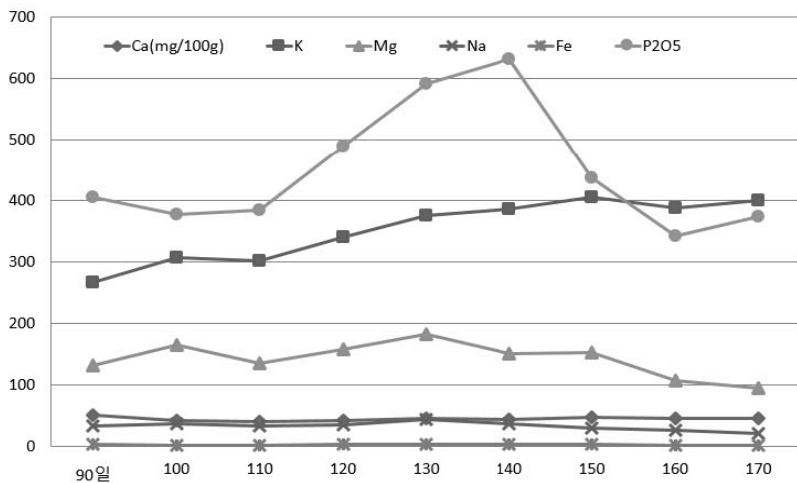


그림 4. 갈색거저리 유충의 무기질 함량 변화

흰점박이꽃무지 유충의 사육기간에 따른 5마리의 생체중과 생체 길이의 변화는 (표 2)과 같으며,

부화후 20일부터 130일까지 조사한 결과, 생체중, 생체길이 모두 30일 이후, 90일 이후 급격이 증가 및 성장하는 것을 확인할수 있었으며, 30일 이전을 1령기, 30~90일사이를 2령기, 90일 이후를 3령기로 구분되었으며, 생체중의 증가와 생체길이의 생장은 비슷한 형태를 보이고 있었으며, 식품의 일반성분의 함량비율 변화는 (그림 5)과 같으며, 수분함량이 지속적으로 증가하여 80% 이상을 나타내었고, 다른 성분은 전 생육과정에서 큰 변화는 없었으며, 무기성분의 함량변화는 결과는 (그림 6)와 같으며, 인산은 전체적으로 감소하였으며, 마그네슘은 초기 상승하였으나 50일 이후 감소하여 80일 이후 비슷한 경향을 나타내었으며, 칼륨은 생육과 함께 지속적으로 상승하는 경향이였으며, 구리는 검출되지 않았다.

표 2. 흰점박이꽃무지 유충의 생육기간별 생육특성

구분	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
길이(cm)	1.11	1.23	1.34	2.05	2.47	2.78	2.95	3.01	3.12	3.31	3.28	3.40	3.37
생체중(mg)	51	75	216	387	746	1,126	1,308	1,383	1,531	1,805	1,909	1,988	1,981

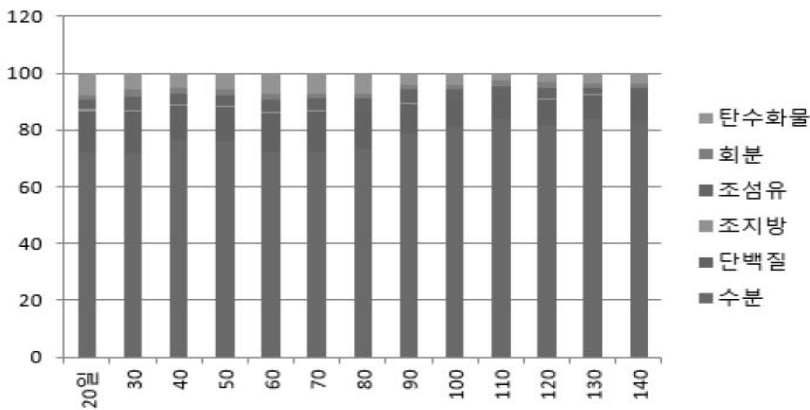


그림 5. 흰점박이꽃무지 유충의 일반성분 비율 변화

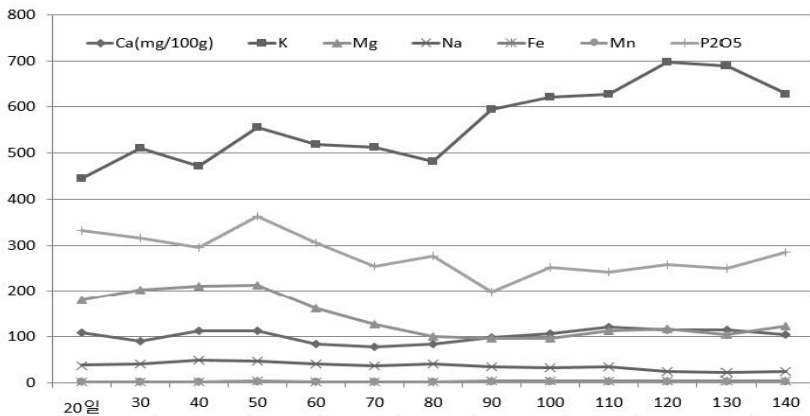


그림 6. 흰점박이꽃무지의 무기질 함량 변화

(시험 2) 아미노산 및 지방산 조성 분석

식용곤충의 적정사육기간을 설정하기 위해 갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충의 사육기간에 따른 아미노산과 지방산 조성을 분석하였다. 시기별 분석을 위해 갈색거저리 유충은 80일, 110일, 140일, 170일에 시료를 채취하였으며, 흰점박이꽃무지 유충은 1령, 2령, 3령에 시료를 채취하였다(그림 7).

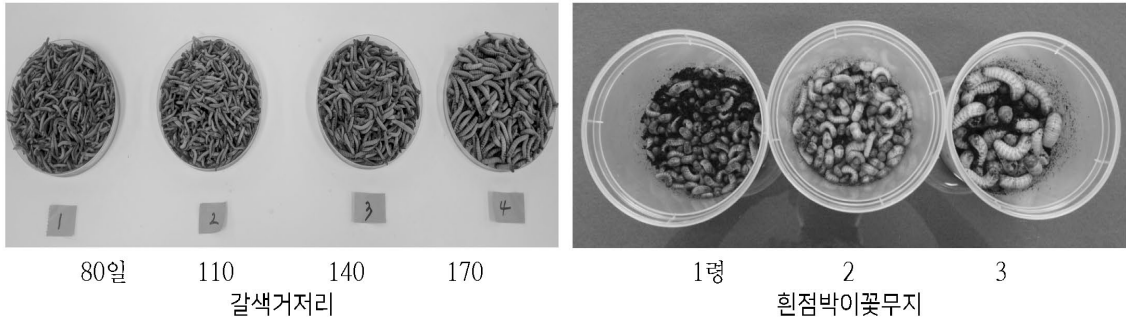


그림 7. 전처리 준비된 분석용 시료

갈색거저리 유충의 사육기간에 따른 아미노산과 지방산 조성 함량에 대한 결과는 (그림 8)과 (표 3)과 같으며, 아미노산 20종 중 19종이 검출되었으며, aspartic acid, glutamic acid, tyrosine, valine 등의 함량은 높았고, Taurine의 함량은 낮게 나타났으며, 지방산 37종 중 20종의 지방산이 검출되었고 포화 지방산 12종, 단일불포화지방산 5종, 다가불포화지방산 3종이 검출되었으며, myristic acid, palmitic acid, oleic acid, linoleic acid 등의 함량이 높게 나타났다.



그림 8. 갈색거저리 유충의 아미노산 함량 변화

표 3. 갈색거저리 유충의 지방산 함량 변화

지방산 (mg/100g)	부화 후 일수			
	80	110	140	170
포화지방(12)	7719.25±95.24	8435.99±160.02	9132.54±182.25	8637.86±279.93
Capric acid (C10:0)	6.73±0.80	7.12±1.56	8.22±0.49	9.47±1.92
Lauric acid (C12:0)	85.38±0.92	109.15±4.25	142.23±2.31	164.85±5.13
Tridecanoic acid (13:0)	13.77±0.37	16.23±0.36	20.60±0.71	25.28±3.18
myristic acid (C14:0)	1051.66±15.84	1251.89±28.69	1526.34±39.71	1709.87±58.64
pentadecanoic acid (C15:0)	23.48±0.66	25.32±1.03	28.65±0.51	23.72±1.38
palmitic acid (C16:0)	5224.82±73.44	5755.59±142.64	6257.94±130.29	5687.46±166.22
margaric acid (C17:0)	24.77±0.83	25.89±1.89	25.79±0.71	21.93±1.44
stearic acid (C18:0)	1121.71±12.98	1068.66±60.19	976.19±41.02	877.98±33.12
arachidic acid (C20:0)	86.29±5.63	85.56±9.91	74.50±7.67	55.11±6.99
Heneicosanoic acid (C21:0)	7.40±2.28	8.09±2.57	7.20±0.47	6.73±5.97
behenic acid (C22:0)	17.04±0.21	18.61±2.87	14.20±2.94	15.50±4.51
Tricosanoic acid (C23:0)	56.20±0.89	63.92±16.72	50.69±4.60	39.96±2.86
단일 불포화지방(5)	13262.32±192.93	13784.22±452.48	16059.10±398.68	16533.35±432.40
myristoleic acid (C14:1)	4.99±1.71	7.10±0.45	9.60±0.53	12.27±1.12
palmitoleic acid (C16:1)	348.31±1.27	385.04±11.44	530.94±18.74	595.28±19.62
Cis-10-Heptadecanoic acid (C17:1)	22.83±2.46	21.17±1.94	27.88±1.21	31.28±0.91
oleic acid (C18:1n-9)	12854.39±189.60	13338.41±440.48	15455.60±379.12	15849.83±419.99
Cis-11-eicosenoic acid (C20:1)	31.80±0.68	32.49±3.48	35.08±0.39	44.68±11.91
다가불포화지방(3)	7528.92±83.52	7951.20±302.10	8698.12±219.95	8567.79±320.34
linoleic acid (C18:2n-6 cis)	7312.80±74.85	7726.35±291.98	8446.97±215.99	8349.01±309.06
α-Linolenic Acid (C18:3n-3)	202.15±12.10	209.73±12.05	235.23±3.99	201.85±13.78
cis-11,14-Eicosadienoic Acid(C20:2)	13.97±1.78	15.12±1.81	15.92±2.41	16.93±2.22

흰점박이꽃무지 유충의 사육기간에 따른 아미노산과 지방산 조성 함량에 대한 결과는 (그림 7)과 (표 4)와 같으며, 아미노산 20종 중 18종의 지방산이 검출되었고 glutamic acid, aspartic acid, valine 이 높게 나타났으며, 지방산 37종 중 16종의 지방산이 검출되었고, 포화지방산 7종, 단일불포화지방산 6종, 다가불포화지방산 3종이 검출되었으며, palmitic acid, palmitoleic acid, linoleic acid 등의 함량이 높게 나타났다.

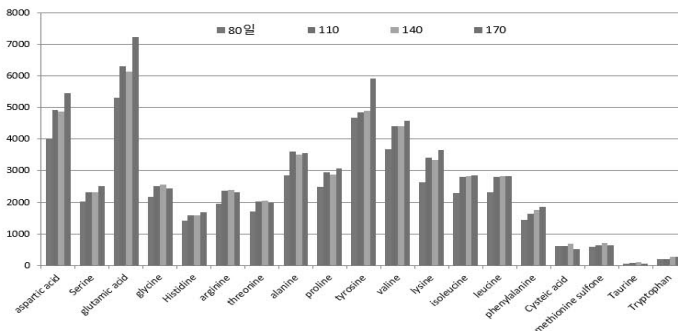


그림 7. 흰점박이꽃무지 유충의 아미노산 함량 변화

표 4. 흰점박이꽃무지 유충의 시기별 지방산 함량 변화

지방산(mg/100g)	조사시기		
	1령	2령	3령
포화지방(7)	622.99	991.70	2737.43
myristic acid (C14:0)	20.97	26.17	64.65
pentadecanoic acid (C15:0)	10.19	12.27	31.98
palmitic acid (C16:0)	335.22	574.48	2173.54
margaric acid (C17:0)	16.22	16.47	23.85
stearic acid (C18:0)	188.09	290.15	337.87
arachidic acid (C20:0)	33.34	44.63	89.70
behenic acid (C22:0)	18.95	27.54	15.84
단일 불포화지방(6)	1273.43	1982.37	10402.46
myristoleic acid (C14:1)	0.00	22.22	19.52
palmitoleic acid (C16:1)	81.30	155.63	1217.74
Cis-10-Heptadecanoic acid (C17:1)	10.62	10.95	28.08
oleic acid (C18:1n-9)	1153.40	1761.58	9056.79
Cis-11-eicosenoic acid (C20:1)	8.94	8.49	58.80
Nervonic acid (C24:1)	19.16	23.49	21.54
다가 불포화지방산(3)	683.80	747.28	1157.16
linoleic acid (C18:2n-6 cis)	633.83	690.41	1084.25
α -Linolenic Acid (C18:3n-3)	7.46	9.35	26.75
arachidonic acid (C20:4n-6)	42.51	47.53	46.16

(시험 3) 먹이원 추가 급여에 따른 생육특성

먹이원 추가 급여 및 추가 급여원의 급여 횟수에 따른 생육특성을 조사한 결과는 (표 5)와 같이 나타났으며, 먹이원별, 급여횟수에 따른 길이 및 생체중은 다소 차이는 보이나 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 2019년 생육특성과 비교할 때 길이와 생체중이 증가한 것을 확인할 수 있었으나, 이는 대조구로 적용된 표준먹이원인 밀기울과 발효톱밥에서도 증가된 것을 확인할 수 있어, 추가 급여원의 효과로 보기는 어려울 것으로 판단되었다.

표 5. 추가 급여 회수에 따른 생육 특성

대상 곤충	먹이원	급여횟수						비고
		1회		2회		3회		
		길이	생체중	길이	생체중	길이	생체중	
갈색거저리 유충	밀기울	2.57	1.37	2.46	0.88	2.38	0.89	10마리 생체중 적용
	전지분유	2.59	1.28	2.62	1.15	2.61	1.18	
	홍삼박	2.53	1.24	2.51	1.02	2.51	1.15	
	대두박	2.52	1.43	2.37	1.12	2.54	1.16	
흰점박이꽃무지 유충	발효톱밥	3.84	2.55	3.67	2.39	3.70	2.62	5마리 생체중 적용
	전지분유	3.79	2.41	3.77	2.66	3.67	2.70	
	홍삼박	3.74	2.26	3.81	2.63	3.78	2.50	
	대두박	3.86	2.50	3.89	2.72	3.89	2.69	

※ 무급여시 갈색거저리 유충 생체중 1.0g, 길이 2.1cm, 흰점박이꽃무지 유충 생체중 2.0, 길이 3.0 (2019)

(시험 4) 떡이원 추가 급여 유층의 아미노산 및 지방산 조성 변화

떡이원 추가 급여 및 추가 급여원의 급여 횟수에 따라 식용곤충의 품질에 영향을 주는 것으로 알려져 있어 이를 검토하기 위해, 처리별 아미노산과 지방산의 조성 및 함량을 분석하였다.

갈색거저리 유층의 아미노산 및 지방산 조성 함량 분석 결과는 (표 6), (표 7)과 같이 나타났으며, 아미노산 20종 중 19종의 아미노산이 검출되었고 떡이원의 추가 급여 및 추가 떡이원의 급여횟수에 따라 아미노산 조성은 차이가 없었으며, 급여 횟수에 따라 차이는 대조구인 밀기울과 비교했을 때 전지분유는 2회 처리시 함량이 다소 증가하였다가, 3회 차에 비슷하여지는 경향이 있었으나, 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다. 대두박은 급여횟수가 늘어날수록 아미노산 함량이 다소 증가하는 경향을 나타내었으나, 통계적 유의한 차이는 없었으며, 홍삼박은 대부분의 아미노산 함량이 급여 횟수가 늘어날수록 함량이 낮아지는 경향이며, 대조구인 밀기울과 비교할 때 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 홍삼박의 경우 약용의 특정 성분 이외의 아미노산에 영향을 주는 성분이 낮은 것으로 판단되었다. 추가 급여원의 종류 추가급여원의 급여회수의 전체적인 변화에서 FAO 발표 자료와 비교하였을 때 차이가 없는 것으로 판단되었다. 검출된 아미노산 19종은 2019년 1년차 분석과 같았으며, 타우린의 경우 FAO자료에는 기록되지 않은 아미노산이었다. 필수 아미노산 중에서는 이소류이신, 티로신, 라이신 등의 함량이 높았다.

지방산 함량은 대조로 사용한 밀기울 급여시 지방산 37종 중 16종의 지방산이 검출되었고, 전지분유 추가 급여시 18종이, 대두박 추가 급여시 19종이, 홍삼박 추가 급여시 16종이 검출되었으며, 대조구인 밀기울의 지방산 조성과의 비교할 때, 전지분유를 추가 급여했을 때, 포화지방산인 카프릭산, 베헨산과, 단일불포화지방산인 미리스토렌산이 추가 검출되었으나, 포화지방산인 트리토사노익산이 불검출되었으며, 대두박을 추가 급여했을 때 포화지방산인 카프릭산과 베헨산과, 단일불포화지방산인 미리스토렌산과 시스-10-헵타데카노익산이 그리고 다가불포화지방산인 감마리놀레인산이 추가 검출되었으나, 포화지방산인 로릭산과 트리토사노익산이 불검출되었으며, 홍삼박을 추가 급여했을 때는 대조구로 사용한 밀기울과 조성이 같았다.

표 6. 갈색거저리 유층의 아미노산 함량 변화(%)

구분	밀기울			전지분유			대두박			홍삼박			FAO
	1회	2회	3회	1회	2회	3회	1회	2회	3회	1회	2회	3회	
아스파르트산	4.15	4.22	4.12	4.03	4.30	4.30	4.07	4.15	4.21	4.07	3.88	4.09	4.15
트레오닌	2.10	2.14	2.09	2.03	2.15	2.12	2.05	2.08	2.11	2.05	1.93	2.03	2.0
세린	2.44	2.49	2.44	2.38	2.50	2.48	2.40	2.42	2.46	2.37	2.22	2.39	2.5
글루탐산	5.53	5.86	5.73	5.73	6.07	6.01	5.73	5.82	5.92	5.88	5.69	5.72	5.5
프롤린	3.43	3.41	3.58	3.45	3.46	3.53	3.36	3.41	3.50	3.17	3.00	3.31	3.4
글리신	2.76	2.82	2.79	2.67	2.83	2.74	2.73	2.71	2.81	2.73	2.49	2.66	2.7
알라닌	3.99	4.16	4.07	3.90	4.31	3.87	4.06	3.99	4.02	4.13	3.68	3.85	4.0
발린	3.00	3.09	2.99	2.96	3.07	3.03	2.98	3.01	3.07	3.04	2.76	2.92	0.3
이소류신	1.99	2.07	1.99	1.94	2.09	2.01	1.98	2.00	2.04	2.05	1.88	1.95	2.47
류신	3.69	3.79	3.68	3.57	3.82	3.73	3.64	3.68	3.72	3.69	3.42	3.61	5.2
티로신	3.45	3.31	3.54	3.43	4.12	3.87	3.63	3.52	3.78	3.19	3.07	3.80	3.6

구분	밀기울			전지분유			대두박			홍삼박			FAO
	1회	2회	3회	1회	2회	3회	1회	2회	3회	1회	2회	3회	
페닐알라닌	1.96	2.01	1.96	1.97	2.15	2.12	2.01	2.03	2.10	1.99	1.91	2.00	1.7
히스티딘	1.77	1.76	1.71	1.70	1.76	1.80	1.73	1.77	1.84	1.70	1.57	1.74	1.6
라이신	3.23	3.39	3.31	3.20	3.39	3.31	3.26	3.30	3.30	3.31	3.12	3.17	2.7
아르기닌	2.71	2.71	2.71	2.63	2.80	2.78	2.64	2.71	2.72	2.55	2.41	2.67	2.6
시스틴	0.72	0.62	0.68	0.67	0.65	0.68	0.67	0.70	0.64	0.70	0.67	0.66	0.4
메티오닌	0.86	0.70	0.70	0.74	0.74	0.89	0.86	0.81	0.79	0.81	0.79	0.86	0.6
트립토판	0.35	0.41	0.39	0.37	0.35	0.38	0.35	0.38	0.36	0.32	0.34	0.39	0.4
타우린	0.16	0.19	0.16	0.15	0.12	0.15	0.13	0.12	0.12	0.16	0.19	0.14	-
총합량(%)	48.29	49.15	48.64	47.52	50.68	49.8	48.28	48.61	49.51	47.91	45.02	47.96	45.82

표 7. 갈색거저리의 먹이원 추가 급여에 따른 지방산 변화(2020)

일반명	밀기울(16종)			전지분유(18)			대두박(19)			홍삼박(16종)		
	1회	2회	3회	1회	2회	3회	1회	2회	3회	1회	2회	3회
포화지방산												
capric acid	-	-	-	17.03	17.23	18.94	0.00	0.00	17.34	-	-	-
lauric acid	210.3	228.3	225.5	270.8	296.1	290.3	-	-	-	225.2	235.2	243.2
Tridecanoic acid	36.48	30.66	33.10	34.98	39.54	37.60	246.96	239.78	229.56	31.94	36.46	37.79
myristic acid	2334	2389	2452	2648	2578	2543	2488	2383	2376	2417	2431	2482
pentadecanoic acid	36.00	39.74	41.67	44.43	41.10	42.72	38.62	38.16	38.93	44.11	39.86	42.29
palmitic acid	8488	8902	8984	8667	8431	8275	8702	8624	8141	9514	9099	8508
margaric acid	32.24	34.07	35.10	33.74	32.09	32.08	35.04	49.10	32.32	34.64	33.58	37.61
stearic acid	1233	1387	1319	1464	1486	1255	1256	1238	1087	1475	1336	1123
arachidic acid	107.5	132.1	129.3	94.5	107.4	78.9	97.9	100.5	62.8	147.9	128.9	84.9
Heneicosanoic acid	43.11	36.81	40.46	62.69	62.28	59.16	29.36	30.30	28.72	37.23	32.46	28.76
Tricosanoic acid	46.43	64.10	68.89	-	-	-	-	-	-	54.59	61.46	57.81
behenic acid	-	-	-	21.46	17.25	15.05	17.02	20.36	15.81	-	-	-
단일 불포화 지방산												
myristoleic acid	-	-	-	20.88	24.76	25.83	16.13	15.16	16.28	-	-	-
palmitoleic acid	877.6	852.9	902.8	832.2	775.6	866.2	955.9	957.2	1053.1	897.0	962.1	1023.0
cis-10-Heptadecanoic acid	-	-	-	-	-	-	42.97	45.05	46.61	-	-	-
oleic acid	25263	25096	25707	26099	26379	25625	25176	25618	26911	26451	27619	26528
cis-11-eicosenoic acid	82.03	58.13	57.84	53.72	50.30	59.04	68.78	58.11	32.04	64.52	63.52	59.30
다가 불포화 지방산												
linoleic acid	13565	13592	14122	12495	11310	12148	13428	13164	13304	14393	13289	13787
γ -linoleic acid	-	-	-	-	-	-	40.80	0.00	0.00	-	-	-
α -Linolenic Acid	332.7	308.3	319.2	279.4	258.6	297.8	298.9	311.1	329.0	327.8	318.4	336.1
cis-11,14-Eicosadienoic Acid	34.96	29.30	29.35	29.24	21.99	26.23	32.51	29.19	32.56	36.91	29.87	33.29

흰점박이꽃무지 유충의 아미노산 및 지방산 조성 함량 분석 결과는 (표 8), (표 9)와 같이 나타났으며, 아미노산 20종 중 18종의 아미노산이 검출되었고 먹이원의 추가 급여 및 추가 먹이원의 급여횟수에

다른 아미노산 조성은 차이가 없었으며, 급여 횟수에 따른 함량 차이를 대조구인 발효톱밥과 비교했을 때, 전지분유는 2회 처리시 함량이 다소 감소하였다가, 3회 차에 다소 상승하는 경향이 있었으나, 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았으며, 대두박은 급여횟수가 늘어날수록 아미노산 함량이 다소 증가하는 경향을 나타내었으나, 통계적 유의한 차이는 없었으며, 홍삼박은 급여횟수가 늘어날수록 아미노산 함량이 다소 증가하는 경향을 나타내었으나, 통계적 유의한 차이는 없었다. 갈색거저리와 비교할 때 대두박은 비슷한 경향을 나타내었으나, 전지분유와 홍삼박은 다른 경향을 나타내었다. 검출된 아미노산 18종은 2019년 1년차 분석과 같았으며, 필수 아미노산 중에서는 티로신, 라이신, 발린 등의 함량이 비교적 높았으며, 비필수 아미노산 중에서는 아스파르트산, 글루타민, 프롤린의 함량이 높았다.

표 8. 흰점박이꽃무지 유충의 아미노산 함량 변화(%)

일반명	발효톱밥			전지분유			대두박			홍삼박		
	1회	2회	3회	1회	2회	3회	1회	2회	3회	1회	2회	3회
아스파르트산	3.56	3.63	3.53	3.70	3.59	3.75	3.72	3.68	3.79	3.63	3.69	3.74
트레오닌	1.83	1.89	1.81	1.90	1.88	1.97	1.91	1.92	2.02	1.86	1.92	1.96
세린	2.78	2.86	2.75	2.85	2.89	3.01	2.90	2.94	3.12	2.82	2.93	3.01
글루탐산	6.55	6.79	6.39	6.69	6.30	6.65	6.57	6.35	6.77	6.41	6.61	6.89
프롤린	4.38	4.68	4.84	5.19	4.93	5.14	5.14	5.30	5.24	5.38	5.04	4.81
글리신	3.77	4.00	3.77	3.83	3.44	3.58	3.91	3.45	3.64	3.91	3.59	3.80
알라닌	2.27	2.33	2.23	2.39	2.15	2.29	2.32	2.08	2.25	2.47	2.19	2.34
발린	2.30	2.27	2.24	2.37	2.34	2.50	2.45	2.46	2.52	2.40	2.39	2.44
이소류신	1.73	1.74	1.74	1.81	1.75	1.88	1.83	1.88	1.88	1.78	1.81	1.84
류신	2.67	2.72	2.65	2.80	2.72	2.90	2.80	2.86	2.95	2.71	2.83	2.86
티로신	3.14	3.41	3.55	3.85	4.02	4.37	3.71	4.82	4.60	3.44	4.12	3.92
페닐알라닌	1.88	1.88	1.86	1.97	2.01	2.14	2.03	2.10	2.18	1.91	2.05	2.05
히스티딘	1.50	1.46	1.53	1.69	1.62	1.71	1.73	1.69	1.80	1.68	1.60	1.66
라이신	3.09	3.04	2.99	3.08	3.09	3.27	3.17	3.22	3.33	3.12	3.24	3.35
아르기닌	2.28	2.40	2.30	2.37	2.23	2.39	2.36	2.32	2.44	2.29	2.34	2.42
시스틴	1.11	1.19	1.09	1.21	1.20	0.93	1.03	1.37	1.06	1.25	1.28	1.26
메티오닌	0.68	0.68	0.66	0.73	0.79	0.85	0.80	0.88	0.91	0.74	0.85	0.80
트립토판	0.46	0.59	0.51	0.56	0.61	0.56	0.57	0.60	0.54	0.45	0.40	0.52
총함량(%)	45.98	47.56	46.44	48.99	47.56	49.89	48.95	49.92	51.04	48.25	48.88	49.67

지방산 함량은 대조로 사용한 발효톱밥 급여시 지방산 37종 중 17종의 지방산이 검출되었고, 전지분유 추가 급여시 18종이, 대두박 추가 급여시 22종이, 홍삼박 추가 급여시 20종이 검출되었으며, 대조구인 발효톱밥의 지방산 조성과 비교하면, 전지분유를 추가 급여했을 때 포화지방산인 로릭산과 단일불포화지방산인 시스-10-헥사데카노익산 그리고 다가불포화지방산인 호모감마리놀레익산과 에이코사펜타엔산이 추가 검출되었으며, 포화지방산인 마가릭산과 베헨산, 단일불포화지방산인 오레익산이 불검출되었으며, 대두박을 추가 급여했을 때 포화지방산인 로릭산, 트리코사노익산과 리그노세릭산, 단일불포화지방산인 시스-10-헥사데카노익산 그리고 다가불포화지방산인 호모감마리놀레익산과 에이코사펜타엔산이 추가 검출되었으며, 포화지방산인 베헨산이 불검출되었으며, 홍삼박을 추가 급여했을

때는 포화지방산인 로릭산과 트리코사노익산, 단일불포화지방산인 시스-10-헵타에카노익산 그리고 다가불포화지방산인 에이코사펜타엔산이 추가 검출되었으며, 포화지방산인 베헨산이 불검출되었다

표 9. 흰점박이꽃무지의 먹이원 추가 급여에 따른 지방산 변화(2020)

일반명	발효톱밥(17종)			전지분유(18종)			대두박(22종)			홍삼박(20종)		
	1회	2회	3회	1회	2회	3회	1회	2회	3회	1회	2회	3회
포화지방산												
lauric acid	-	-	-	13	19	16	19	23	18	6	6	6
myristic acid	83	80	85	260	270	238	375	452	391	109	117	95
pentadecanoic acid	18	18	18	55	57	62	63	82	80	24	29	24
palmitic acid	2,348	2,140	2,542	7,459	8,493	7,928	9,817	9,086	9,074	3,412	3,698	3,003
margaric acid	28	22	22	-	-	-	60	69	69	30	34	29
stearic acid	354	318	375	1,063	1,098	1,145	1,192	1,359	1,309	485	444	451
arachidic acid	129	111	137	401	380	423	437	455	473	182	161	153
behenic acid	14	14	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tricosanoic acid	-	-	-	-	-	-	21	21	15	11	9	7
lignoceric acid	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-
단일불포화지방산												
myristoleic acid	22	18	24	67	78	72	103	121	103	35	38	28
palmitoleic acid	1,515	1,435	1,775	4,664	5,403	4,652	5,676	5,524	5,380	2,683	2,663	1,876
cis-10-Heptadecanoic acid	-	-	-	82	88	7	95	102	122	37	42	45
oleic acid	11,000	9,957	12,071	-	-	-	37,414	39,036	38,986	15,994	13,506	13,205
cis-11-eicosenoic acid	50	39	24	95	115	104	105	204	108	46	55	60
Nervonic acid	15	11	13	28	40	27	21	14	37	133	11	9
다가불포화지방산												
linoleic acid	952	868	913	3,192	3,558	3,067	2,610	2,623	2,819	1,314	1,611	1,245
γ -linoleic acid	102	66	61	164	137	132	137	153	144	39	54	33
α -Linolenic Acid	34	31	61	153	173	113	82	88	72	39	54	37
cis-11,14-Eicosadienoic Acid	37	18	55	118	57	39	138	38	38	29	27	22
Homo- γ -Linolenic Acid	-	-	-	21	22	14	18	30	25	-	-	-
arachidonic acid	27	27	26	78	69	79	102	137	125	26	29	31
Eicosapentaenoic Acid(EPA)	-	-	-	23	25	23	22	25	25	7	9	9

갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충에 대한 추가 먹이원 및 추가먹이원 급여 횟수에 대한 성분분석 결과 아미노산은 먹이원 및 급여횟수에 따른 함량변화가 다소 있으나, 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 지방산에서는 지방산 조성 및 함량에 유의적인 차이를 나타냈으며, 갈색거저리 유충에 대한 추가먹이원에 따른 지방산조성 변화에 유의적인 차이를 나타내었으나, 급여횟수에 대한 함량의 차이는 나타나지 않았다. 흰점박이꽃무지 유충에 대한 추가 먹이원에 따른 지방산 조성 변화 및 함량에도 유의적인 차이를 나타내었으나, 급여 횟수에 따른 차이는 나타나지 않았다. 지방산 조성의 변화에 영향을 많이 준 먹이원은 전지분유와 대두박으로 지방성분 및 단백질이 많은 성분이 지방산에 영향을 준것으로 판단되며, 특히 대두박이 갈색거저리 유충에서는 지방산이 19종이 검출되

였으며, 흰점박이꽃무지 유충에서는 지방산이 22종으로 조성 변화가 가장 많았다.

대두박에서 지방산조성의 현격한 차이를 나타내어 추가적인 검토를 위해 2021년도 추가적인 시험을 수행하였다. 먹이원에 따른 지방산 조성 변화 확인과 먹이원 함량에 따른 지방산 조성변화를 확인하기 위해 대두박의 함량을 10%, 20%, 30%로 구분하여 처리하고, 지방산을 분석한 결과는 (표 10)과 같다.

표 10. 갈색저거리, 흰점박이꽃무지의 먹이원 추가 급여에 따른 지방산 변화(2021)

일반명	갈색저거리					흰점박이꽃무지		
	밀기울 (16종)	대두박 10% (16종)	대두박 20% (16종)	대두박 30% (16종)	전지 분유 (17종)	홍삼박 (17종)	발효 톱밥 (17종)	홍삼박 (17종)
포화지방산								
capric acid	-	-	-	-	-	-	-	-
lauric acid	143	134	137	134	133	157	-	-
Tridecanoic acid	22	20	18	20	25	26	-	-
myristic acid	1,521	1,477	1,381	1,380	1,398	1,525	53	63
pentadecanoic acid	23	19	19	19	28	34	13	16
palmitic acid	5,299	5,221	5,036	5,235	4,672	1,579	1,765	1,748
margaric acid	22	20	22	21	27	31	19	19
stearic acid	754	700	712	677	733	984	279	268
arachidic acid	164	145	153	138	157	93	127	81
behenic acid	10	8	12	10	11	9	-	-
Tricosanoic acid	-	-	-	-	-	-	-	-
lignoceric acid	-	-	-	-	-	-	-	-
단일불포화지방산								
myristoleic acid	12	11	10	10	10	21	12	11
palmitoleic acid	621	632	573	560	524	499	899	831
cis-10-Heptadecanoic acid	-	-	-	-	29	33	19	22
oleic acid	3,372	3,574	3,597	4,344	3,581	3,374	6,377	5,708
cis-11-eicosenoic acid	21	17	19	20	23	24	11	13
Nervonic acid	-	-	-	-	-	-	18	15
다가불포화지방산								
linoleic acid	6,265	5,547	5,649	5,497	5,715	6,638	616	629
γ-linoleic acid	-	-	-	-	-	-	14	7
α-Linolenic acid	208	178	184	183	182	164	30	28
cis-11,14-Eicosadienoic acid	20	21	19	21	20	13	30	30
Homo-γ-Linolenic acid	-	-	-	-	-	-	-	-
arachidonic acid	-	-	-	-	-	-	15	20
Eicosapentaenoic acid (EPA)	-	-	-	-	-	-	-	-

갈색저거리 유충의 분석결과 대조구인을 밀기울에서 지방산 37종중 16종이 검출 되었으며, 대두박에서도 밀기울과 같은 지방산 조성의 16종이 검출되었으며, 함량을 증가 시킨 처리에서도 밀기울 처리구와 차이를 나타내지 않았다. 전지분유와 홍삼박에서 단일불포화지방산인 시스-10-헵타에카노익

산이 추가로 검출되었다. 흰점박이꽃무지 유충은 표준먹이원인 발효톱밥에서 지방산 37종중 17종이 검출되었으며, 홍삼박 혼한 처리에서도 같은 경향을 나타내었다.

흰점박이꽃무지 유충의 경우 2021년 사육기간 중 대두박과 전지분유 처리구에서 폐사가 발생하여 2회 사육을 추가 진행하였으나, 2회 모두 폐사하였다. 이는 발효톱밥의 종류 및 생산방법이 2020년차 재료와 상이하여 발생한 것으로 대두박 및 전지분유의 투여로 이상발효가 발생된 것으로 판단된다. 추가 먹이원 적용시 표준먹이원의 종류 등을 고려한 선택이 필요할 것으로 판단되었다.

3년간의 갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충의 지방산 조성 및 함량 변화자료를 분석하면, 표준먹이원으로 밀기울을 사용하였음에도 불구하고 지방산 조성 및 함량이 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 밀기울이라 할지라도 밀기울의 성분에 따라 차이가 나는 것으로 판단되었다.

밀기울을 표준먹이원으로 사용한 갈색거저리 유충의 지방산 품질 특성을 표준화 하기 위해 3년간 지속적으로 검출된 지방산 조성 및 함량을 제시한 결과는 (표 11)과 같으며, 3년간 분석된 지방산 조성 20종 중 3년간 지속적으로 검출된 지방산 조성은 15종으로 나타났다.

표 11 갈색거저리 밀기울 급여시 연차별 지방산 함량(mg/100g, 2019~2021)

구 분	1년차 (20종)	2년차 (16종)	3년차 (16종)	3년 평균 (15종)	
포화 지방산	Capric acid (C10:0)	8			
	Lauric acid (C12:0)	142	210	143	165 ± 39
	Tridecanoic acid (C13:0)	21	36	22	26 ± 9
	myristic acid (C14:0)	1,526	2,334	1,521	1,794 ± 468
	pentadecanoic acid (C15:0)	29	36	23	29 ± 7
	palmitic acid (C16:0)	6,258	8,489	5,299	6,682 ± 1,637
	margaric acid (C17:0)	26	32	22	27 ± 5
	stearic acid (C18:0)	976	1,234	754	988 ± 240
	arachidic acid (C20:0)	75	108	164	115 ± 45
	Heneicosanoic acid (C21:0)	7	43		
	behenic acid (C22:0)	14		10	22 ± 18
	Tricosanoic acid (C23:0)	51	46		
단일 불포화지방산	myristoleic acid (C14:1)	10		12	
	palmitoleic acid (C16:1)	531	878	621	677 ± 180
	Margoleic acid (C17:1)	28			
	oleic acid (C18:1n-9)	15,456	25,263	3,372	14,697 ± 10,965
	Cis-11-eicosenoic acid (C20:1)	35	82	21	46 ± 32
다가 불포화지방산	linoleic acid (C18:2n-6 cis)	8,447	13,565	6,265	9,426 ± 3,747
	α-Linolenic Acid (C18:3n-3)	235	333	208	259 ± 66
	cis-11,14-Eicosadienoic Acid(C20:2)	16	35	20	24 ± 10

발효톱밥을 표준먹이원으로 사용한 흰점박이꽃무지 유충의 지방산 품질 특성을 표준화 하기 위해 3년간 지속적으로 검출된 지방산 조성 및 함량을 제시한 결과는 (표 12)와 같으며, 3년간 분석된 지방산 조성 18종 중 3년간 지속적으로 검출된 지방산 조성은 14종으로 나타났다.

표 12. 흰점박이꽃무지 발효톱밥 급여시 연차별 지방산 함량 (mg/100g, 2019~2021)

구 분		1년차 (16종)	2년차 (17종)	3년차 (17종)	3년 평균 (14종)
포화 지방산	myristic acid	65	83	53	67 ± 15
	pentadecanoic acid	32	18	13	21 ± 10
	palmitic acid	2,174	2,348	1,765	2,095 ± 299
	margaric acid	24	28	19	24 ± 4
	stearic acid	338	354	279	324 ± 40
	arachidic acid	90	129	127	115 ± 22
	behenic acid	16	14		
단일 불포화지방산	myristoleic acid	20	22	12	18 ± 5
	palmitoleic acid	1,218	1,515	899	1,211 ± 308
	Margoleic acid	28		19	
	oleic acid	9,057	11,000	6,377	8,811 ± 2,321
	cis-11-eicosenoic acid	59	50	11	40 ± 25
	Nervonic acid	22	15	18	18 ± 3
다가 불포화지방산	linoleic acid	1,084	952	616	884 ± 241
	γ-linoleic acid		102	14	
	α-Linolenic Acid	27	34	30	30 ± 4
	cis-11,14-Eicosadienoic Acid		37	30	
	arachidonic acid	46	27	15	30 ± 16

곤충은 생물농축공장으로 불리울만큼 일부성분을 체내에 농축하는 기능을 가지고 있으며, 대두박을 첨가한 발효톱밥을 먹이원으로 사용한 흰점박이꽃무지 유충의 분석결과와 일부 지방산 함량이 매우 높게 검출된 것을 볼수 있었다. 이는 곤충을 활용한 다양한 활용의 가능성을 보여 주고 있어 지속적으로 다양한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

(시험 5) 기능성 검정(2021)

곤충은 약용, 식용 등으로도 사용되고 있으나, 일부만 알려져 있어 지속적인 연구를 통해 다양한 활용이 가능할 것으로 보고되고 있어, 식용곤충의 기능성 검정을 통해 다양한 활용성을 탐색하고자 항산화활성과 항비만에 관여하는 생물지표를 분석하였다.

갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충의 물추출물과 에탄올추출물에 대하여 항산화활성 지표중 하나인 DPPH를 분석한 결과는 표 13과 같으며, 대조구로 물추출물은 증류수를 에탄올추출물은 100% DMSO를 사용하고, 비교를 위해 항산화제인 비타민C를 사용하였다. 추가 먹이원에 대한 효과는 다소간 차이는 있으나 통계적인 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 50% 저해 농도가 물추출물이 에탄올추출물에 비해 현저히 낮은 것을 확인 할 수 있었다. DPPH분석에서는 낮은 농도에서 높은 저해율을 나타내는 것을 효과가 있는 것으로 판단되어, 갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충의 항산화 상품으로 개발시 물추출물을 사용하는 것이 유리할 것으로 판단되었다.

표 13. 먹이원 추가 급여한 갈색거저리, 흰점박이꽃무지의 DPPH 분석

Sample	물 추출물				에탄올 추출물					
	농도	저해율	오차	IC ₅₀	농도	저해율	오차	IC ₅₀		
CONTROL	DW	0.00	0.00		100% DMSO	0.00	0.00			
갈색 거저리	밀기울	0.5	13.71	3.27	1.956	1	6.95	0.31	23.018	
		1	27.56	2.76		5	15.25	0.27		
		2.5	63.06	3.75		10	24.52	0.48		
	대두박 10%	0.5	18.05	1.24	1.550	1	11.85	4.35	15.959	
		1	32.37	1.98		5	21.23	1.98		
		2.5	79.53	1.16		10	34.94	1.05		
	대두박 20%	0.5	16.24	0.39	1.880	1	7.35	1.15	28.001	
		1	27.43	0.32		5	14.14	1.15		
		2.5	65.58	1.67		10	21.54	1.01		
	대두박 30%	0.5	19.18	0.68	1.629	1	7.30	0.86	31.178	
		1	32.09	1.73		5	13.03	1.16		
		2.5	74.25	0.13		10	20.04	0.65		
	전지분유 10%	0.1	9.68	1.81	1.681	1	5.54	0.13	30.287	
		1	30.82	0.92		5	11.86	0.51		
		2.5	71.88	1.97		10	19.20	0.43		
	홍삼박 10%	0.1	10.53	1.99	1.550	1	7.30	1.08	23.420	
		1	33.20	0.71		5	15.07	0.42		
		2.5	77.06	1.29		10	24.43	0.14		
	흰점박이 꽃무지	발효 톱밥	0.1	11.39	1.63	1.391	1	8.06	0.78	6.044
			1	38.52	0.71		5	45.40	0.61	
			2.5	83.03	1.07		10	79.69	0.52	
		홍삼박 10%	0.1	9.30	1.89	1.393	1	8.47	1.79	5.987
			1	39.75	1.43		5	44.45	0.42	
			2.5	83.19	1.27		10	81.27	0.20	
Vit-C	0.01	15.93	1.38	0.033	0.01	15.93	1.38	0.033		
	0.025	37.73	1.08		0.025	37.73	1.08			
	0.05	74.00	0.26		0.05	74.00	0.26			
	0.1	92.58	0.13		0.1	92.58	0.13			

갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충의 물추출물과 에탄올추출물에 대하여 항산화활성 지표중 하나인 FLAP을 분석한 결과는 (표 14)과 같으며, 대조구로 항산화제인 비타민 C 를 사용하였다. FLAP분석에서는 추출물의 낮은 농도에서 Trolox 함량이 높을수록 효과가 있는 것으로 판단하게 되어, 추가 먹이원에 대한 항산화 효과 차이는 없었으나, 물추출물이 에탄올추출물에 항산화 활성이 높았으며, 이는 DPPH 분석에서도 같은 경향을 나타내었다.

표 14. 먹이원 추가 급여한 갈색거저리, 흰점박이꽃무지의 FLAP 분석

Sample	물 추출물			에탄올 추출물		
	mg/ml	od. ave.	mg Trolox/g	mg/ml	od. ave.	mg Trolox/g
Vit-C	0.25	1.515	1.483	0.25	1.519	1.488
밀기울	1	0.148	0.117	1	0.127	0.095
	5	0.381	0.350	5	0.216	0.184
	10	0.724	0.693	10	0.343	0.312
대두박 10%	1	0.159	0.128	1	0.132	0.100
	5	0.415	0.383	5	0.228	0.196
	10	0.776	0.745	10	0.378	0.346
대두박 20%	1	0.153	0.121	1	0.128	0.096
	5	0.377	0.345	5	0.198	0.166
	10	0.693	0.661	10	0.305	0.273
대두박 30%	1	0.158	0.126	1	0.127	0.095
	5	0.423	0.391	5	0.195	0.163
	10	0.775	0.743	10	0.313	0.281
전지분유 10%	1	0.154	0.123	1	0.129	0.097
	5	0.415	0.383	5	0.195	0.163
	10	0.786	0.755	10	0.297	0.265
홍삼박 10%	1	0.162	0.130	1	0.136	0.105
	5	0.427	0.396	5	0.205	0.173
	10	0.780	0.748	10	0.325	0.294
발효 톱밥	1	0.198	0.167	1	0.144	0.112
	5	0.566	0.534	5	0.283	0.251
	10	1.052	1.020	10	0.475	0.444
홍삼박 10%	1	0.198	0.166	1	0.142	0.110
	5	0.545	0.513	5	0.262	0.230
	10	0.993	0.961	10	0.443	0.411

갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충의 물추출물에 대하여 항비만 활성 지표 중 하나인 pancreatic lipase 분석을 한 결과는 (표 15)와 같으며, pancreatic lipase 분석에서 추출물의 낮은 농도에서 저해활성이 높은 것이 효과가 있는 것으로 판단하게 되며, 갈색거저리 유충의 추가 먹이원에 따라 pancreatic lipase 활성의 차이를 나타내었다. 특히 지방성분이 높은 대두박과 전지분유에서 다른 먹이원에 비해 효과가 있는 것으로 나타났으며, 대두박의 함량이 높을수록 활성이 높게 나타났으며, 밀기울과 홍삼박에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 흰점박이꽃무지 유충에서는 발효톱밥과 홍삼박 처리에서는 유의한 차이가 없었다. 갈색거저리 유충의 pancreatic lipase 저해율이 높은 추가 먹이원인 대두박 및 전지분유는 밀기울이나 홍삼박에 비해 지방성분이 높은 먹이원으로 갈색거저리 유충이 먹이원을 섭취하고 소화시 pancreatic lipase 저해 물질이 생성되는 것으로 보인다. 이는 곤충은 식물과 달리 먹이원의 소화를 위해 다양한 물질을 생산하는 기능을 가진 것이 아닌가 판단되며, 이에 대한 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

표 15. 먹이원 추가 급여한 갈색거저리, 흰점박이꽃무지의 pancreatic lipase 분석

Sample	물 추출물			IC 50	
	농도(mg/ml)	저해활성(%)	표준편차		
갈색 거저리	밀기울	5	42.63	5.58	7.3
		7.5	50.16	3.84	
		10	59.70	3.69	
	대두박 10%	1	30.85	3.51	11.1
		5	36.03	2.58	
		10	48.57	1.16	
	대두박 20%	5	37.46	3.93	8.7
		7.5	43.25	0.60	
		10	56.01	1.90	
	대두박 30%	5	38.42	2.81	6.0
		7.5	69.27	4.32	
		10	78.81	3.91	
	진지분유 10%	1	33.77	2.92	4.0
		5	60.14	4.24	
		10	73.71	4.47	
	홍삼박 10%	5	37.77	0.73	10.8
		7.5	42.38	2.50	
		10	48.63	0.69	
흰점박이 꽃무지	발효 톱밥	1	9.29	2.10	5.4
		5	48.84	5.27	
		10	90.30	5.93	
	홍삼박 10%	1	22.54	2.06	4.1
		5	67.34	2.60	
		10	84.85	0.82	

식용곤충에 대한 활용성을 높이기 위해 기능성검정 수행한 결과 갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충의 에탄올추출물 제조시 식물체와 달리 지방성분 등에 따라 에탄올 추출의 어려움이 있어 이에 대한 실험적 방법 탐색이 필요하였다. 항산화활성의 분석결과를 볼 때 갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충의 물추출물이 에탄올 추출물에 비해 높은 활성을 나타내는 것을 확인하였는데, 이는 식물체에서 대부분이 에탄올추출물에서 높은 활성을 보이는 것과는 다른 경향이었다.

4 적 요

<제1세부과제: 식용곤충의 생육기간과 먹이원에 따른 품질 지표 설정 및 기능성 검정>

(시험 1) 적정 사육기간 설정을 위한 품질분석(2019)

가. 식용곤충의 적정사육기간을 설정하기 위해 갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충의 사육기간에 따른 생육 특성, 일반성분 및 무기성분의 변화를 조사하였다.

나. 갈색거저리 유충의 사육기간에 따른 생체중은 부화 후 120일부터 160일까지 급격히 증가하였으며, 길이는 60일부터 160일까지 비례적으로 성장하였다. 사육이 진행될수록 탄수화물이 감소하였으나, 통계적 유의치는 나타나지 않았으며, 수분은 60% 미만으로 나타났으며, 인산은 140일까지 증가하다가 감소하였으며, 칼륨은 생육과 함께 완만히 지속적으로 상승하였으며, 망간과 구리는 검출되지 되지 않았다.

다. 흰점박이꽃무지 유충의 사육기간에 따른 생체중, 생체길이 모두 30일 이후, 90일 이후 급격히 증가 및 성장하였다. 30일 이전을 1령기, 30~90일 사이를 2령기, 90일 이후를 3령기로 구분하고, 생체중의 증가와 생체길이의 생장은 비슷한 형태를 보이고 있었으며, 수분함량이 지속적으로 증가하여 80% 이상을 나타내었고, 다른 일반 성분은 전 생육과정에서 큰 변화는 없었으며, 인산은 전체적으로 감소하였으며, 마그네슘은 초기 상승하였으나 50일 이후 감소하여 80일 이후 비슷한 경향을 나타내었으며, 칼륨은 생육과 함께 지속적으로 상승하였으며, 구리는 검출되지 않았다.

(시험 2) 아미노산 및 지방산 조성 분석

가. 갈색거저리 유충의 사육기간에 따른 아미노산과 지방산 조성 함량에 대해 분석한 결과, 아미노산 20종 중 19종이 검출되었으며, aspartic acid, glutamic acid, tyrosine, valine 등의 함량은 높았고, Taurine의 함량은 낮게 나타났으며, 지방산 37종 중 20종의 지방산이 검출되었고 포화지방산 12종, 단일불포화지방산 5종, 다가불포화지방산 3종이 검출되었으며, myristic acid, palmitic acid, oleic acid, linoleic acid 등의 함량이 높게 나타났다. 사육기간에 따라 증가하는 경향이였다.

나. 흰점박이꽃무지 유충의 사육기간에 따른 아미노산과 지방산 조성 함량에 대해 분석한 결과, 아미노산 20종 중 18종의 지방산이 검출되었고 glutamic acid, aspartic acid, valine 이 높게 나타났으며, 지방산 37종 중 16종의 지방산이 검출되었고, 포화지방산 7종, 단일불포화지방산 6종, 다가불포화지방산 3종이 검출되었으며, palmitic acid, palmitoleic acid, linoleic acid 등의 함량이 높게 나타났다. 사육기간에 따라 증가하는 경향이였다.

(시험 3) 먹이원 추가 급여에 따른 생육특성

가. 먹이원 추가 급여 및 추가 급여원의 급여 횟수에 따른 생육특성을 조사한 결과, 먹이원별, 급여 횟수에 따른 길이 및 생체중은 다소 차이는 보이나 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 2019년 생육특성과 비교할 때 길이와 생체중이 증가한 것을 확인할 수 있었으나, 이는 대조구로 적용된 표준먹이원인 밀기울과 발효톱밥에서도 증가된 것을 확인할 수 있어, 추가 급여원의 효과로 보기는 어려울 것으로 판단되었다.

(시험 4) 먹이원 추가 급여 유충의 아미노산 및 지방산 조성 변화

가. 먹이원 추가 급여 및 추가 급여원의 급여 횟수에 따라 식용곤충의 품질에 영향을 주는 것으로 알려져 있어 이를 검토하기 위해, 처리별 아미노산과 지방산의 조성 및 함량을 분석하였다.

나. 갈색거저리 유충에의 아미노산 및 지방산 조성 함량을 분석한 결과, 아미노산 20종 중 19종의 아미노산이 검출되었고 먹이원의 추가 급여 및 추가 먹이원의 급여횟수에 따라 아미노산 조성은 차이가 없었으며, 급여 횟수에 따른 유의한 차이는 없었다. 지방산 함량은 대조로 사용한 밀기

- 을 급여시 지방산 37종 중 16종의 지방산이 검출되었고, 전지분유 추가 급여시 18종이, 대두박 추가 급여시 19종이, 홍삼박 추가 급여시 16종이 검출되었다.
- 다. 흰점박이꽃무지 유충의 아미노산 및 지방산 조성 함량을 분석한 결과, 아미노산 20종 중 18종의 아미노산이 검출되었고 먹이원의 추가 급여 및 추가 먹이원의 급여횟수에 따른 아미노산 조성은 차이가 없었으며, 급여 횟수에 따른 유의한 차이는 없었다. 지방산 함량은 대조로 사용한 발효 톱밥 급여시 지방산 37종 중 17종의 지방산이 검출되었고, 전지분유 추가 급여시 18종이, 대두박 추가 급여시 22종이, 홍삼박 추가 급여시 20종이 검출되었다
- 라. 대두박에서 지방산조성의 현격한 차이를 나타내어 추가적인 검토를 위해 2021년도 추가 시험을 수행한 결과, 갈색거저리 유충의 분석결과 대조구인을 밀기울에서 지방산 37종중 16종이 검출되었으며, 대두박에서도 밀기울과 같은 지방산 조성의 16종이 검출되었으며, 함량을 증가 시킨 처리에서도 밀기울 처리구와 차이를 나타내지 않았다. 전지분유와 홍삼박에서 단일불포화지방산인 시스-10-헥타에카노익산이 추가로 검출되었다. 흰점박이꽃무지 유충은 표준먹이원인 발효 톱밥에서 지방산 37종중 17종이 검출되었으며, 홍삼박 혼한 처리에서도 같은 경향을 나타내었다.
- 마. 3년간의 갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충의 지방산 조성 및 함량 변화자료를 분석한 결과, 지속적으로 검출된 갈색거저리 유충의 지방산 조성은 3년간 분석된 20종 중 15종이었으며, 흰점박이꽃무지 유충의 지방산 조성은 3년간 분석된 18종 중 14종으로 나타났다.

(시험 5) 기능성 검정(2021)

- 가. 식용곤충의 기능성 검정을 통해 다양한 활용성을 탐색하고자 항산화활성과 항비만에 관여하는 생물지표를 분석하였다.
- 나. 갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충의 물추출물과 에탄올추출물에 대하여 항산화활성 지표중 하나인 DPPH를 분석한 결과, 추가 먹이원에 대한 효과는 차이가 없었으며, 물추출물에 에탄올추출물에 비해 DPPH 효과가 높았다.
- 다. 갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충의 물추출물과 에탄올추출물에 대하여 항산화활성 지표중 하나인 FLAP을 분석한 결과, 추가 먹이원에 대한 항산화 효과 차이는 없었으나, 물추출물이 에탄올추출물에 항산화 활성이 높았다
- 라. 갈색거저리 유충과 흰점박이꽃무지 유충의 물추출물에 대한 pancreatic lipase 분석을 한 결과, 갈색거저리 유충의 추가 먹이원에 따라 pancreatic lipase 활성의 차이를 나타내었다. 지방성분이 높은 대두박과 전지분유에서 다른 먹이원에 비해 효과가 있는 것으로 나타났으며, 대두박의 함량이 높을수록 활성이 높게 나타났으며, 밀기울과 홍삼박에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 흰점박이꽃무지 유충의 발효톱밥과 홍삼박 처리에서는 유의한 차이가 없었다.

5 인용문헌

김선영, 정태호, 김성현, 송성호, 김남정. 2014. 갈색거저리 대량사육을 위한 농업부산물 대체먹이 탐색. 한국응용곤충학회지. 53(4): 367-373.

김시현, 김종철, 이세진, 김재수. 2016, 갈색거저리 유충 생산을 위한 효율적인 사육조건 확립. 한국응용곤충학회지. 55(4):214-429.

김철학, 이준석, 고민수, 박규택. 2002. 점박이꽃무지의 발생 및 생육특성에 관한 연구. 한국응용곤충학회지, 41(1):43-47.

김하곤, 강경홍. 2005. 흰점박이꽃무지의 생육특성. 한국응용곤충학회지. 44(2):139-144.

식품의약품안전처. 식품공전: 제8 일반시험법. 식품의약품안전처.

농촌진흥청. 2014. 곤충산업, 농업기술길잡이 195. 농촌진흥청

Arnold van Huis, Joost Van Itterbeeck, Harmke Klunder, Esther Mertens, Afton Halloran, Giulia Muir, Paul Vantomme. 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. (FAO FORESTRY PAPER 171). food and agriculture organization of the united nations, Rome.

6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2019(1년)	학술발표	식용곤충 생장시기별 생체중 및 성분변화
	영농정보	식용곤충 갈색거저리의 사육기간별 영양성분 변화
		식용곤충 흰점박이꽃무지 유충의 영별 영양성분 변화
2020(2년)	학술발표	먹이원에 따른 식용곤충의 성분변화
	영농정보	식용곤충의 먹이원에 따른 지방산 변화
	홍보	새농사 투고(식용곤충의 미래)
2021(3년)	영농정보	갈색거저리와 흰점박이꽃무지 유충의 지방산 성분지표 설정
	학술발표	먹이원과 급여횟수에 따른 흰점박이꽃무지 유충의 영양성분 변화

성과지표명		1년차 (2019)		2년차 (2020)		3년차 (2021)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
학술 발표	국제						1	-	1
	국내	1	1	1				2	1
영농 활용	기술							-	
	정보	1	2	1	1	1	1	3	4
홍보					1		1	-	2
기타									
계		2	3	2	2	1	3	5	8

7

연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					'19	'20	'21
과제책임자	환경농업연구과	농업연구관	정태성	과제 총괄	○	-	-
	산채연구소	농업연구관	최성진	"	-	○	-
	농식품연구소	농업연구사	김경대	"	-	-	○
1세부책임자	산채연구소	농업연구관	최성진	세부주관 수행	○	○	-
	농식품연구소	농업연구사	김경대		-	-	○
공동연구자	산채연구소	농업연구사	이효영	시험수행 및 평가	○	-	-
	감자연구소	"	박아름	품질조사 지원	○	-	-
	옥수수연구소	"	김희연	품질조사 지원	○	-	-
	농식품연구소	농업연구관	권순배	분석평가 지원	○	-	-
	농산물원종장	기계서기보	석영식	곤충사육 지원	○	○	○
	강원대학교	교수	조성준	현장조사 지원	○	-	-
	인섹트플라이	상무	이성득	현장조사 지원	○	-	-
	농식품연구소	"	이재희	품질조사 지원	-	○	○
	농식품연구소	"	이기연	품질조사 지원	-	○	○
	농식품연구소	공업주사보	최병철	현장조사 지원	-	○	○
	총무과	운전서기	윤석원	현장조사 지원	-	○	-
	농식품연구소	농업연구관	장은하	분석평가 지원	-	-	○
	농식품연구소	농업연구사	박지선	품질조사 지원	-	○	○
	농식품연구소	"	임재길	품질조사 지원	-	○	○
	농식품연구소	농업연구관	함진관	분석평가 지원	-	○	○
	농식품연구소	공업서기	김주경	현장조사 지원	-	○	○
	농식품연구소	운전주사	유창구	현장조사 지원	-	○	○