

사료 발효원으로 느타리버섯 종균이 흰점박이꽃무지 생육에 미치는 영향

김미혜, 박장우, 김미정, 박정준^{1,*}

오상킨섹트, ¹경상국립대학교 식물의학과, 농업생명과학연구원

Role of oyster mushroom as an alternative fermentation source in the growth of white-spotted flower chafer (*Protaetia brevitarsis seulensis*)

Mi-Hye Kim, Jang-Woo Park, Mi-Jung Kim and Jung-Joon Park^{1,*}

Osangkinsect Co., Ltd., Uiryong 52129, Republic of Korea

¹Department of Plant Medicine, Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea

*Corresponding author

Jung-Joon Park
Tel. 055-772-1928
E-mail. jungpark@gnu.ac.kr

Received: 3 November 2021

First Revised: 18 November 2021

Second Revised: 22 November 2021

Revision accepted: 23 November 2021

Abstract: Effective microorganisms (EM), which are sources of fermentation byproducts in herbal medicine, were compared with oyster mushrooms (OM) to identify alternative larval feeds for white-spotted flower chafer (*Protaetia brevitarsis seulensis*). The nutritional composition of each fermented feed was analyzed. The content of crude protein, crude fat, and fiber was higher in the OM fermented feed, except for crude ash. No difference in nutritional content of larvae based on fermented feed was observed. A comparative weekly analysis of the live weights of larvae was based on the fermented feed used. The average weight was significantly higher in the feeds using EM and OM from third week of observation. The larval survival rate in the presence of fermented feed was 96.7% compared with 9.8% with non-fermented feed. The results suggest that fermented food source is essential for the growth of white-spotted flower chafer, and OM was a stable alternative to EM as a fermentation source for the survival of white-spotted flower chafer.

Keywords: fungi fermentation, edible insects, effective microorganism, oyster mushroom fungi, alternative food source

서 론

전 세계 약 20억명 이상이 1,900여 종 이상의 곤충을 식품으로 이용하고 있다(FAO 2013). 대표적인 식용곤충군으로 나비목(Lepidoptera), 딱정벌레목(Coleoptera), 메뚜기목(Orthoptera), 흰개미목(Isoptera), 벌목(Hymenoptera) 등이 있다(Chung *et al.* 2013). 식용곤충은(edible insects)은 전체

중량대비 고단백질과 미량원소가 다량 함유되어 있으며(Chung *et al.* 2013; Köhlerab *et al.* 2019) 현재는 식용곤충자원의 식·약용 소재화를 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다(Bukkens 1997; Van Itterbeeck and van Huis 2012). 우리나라에는 현재 식품의약품안전처에 총 10종의 곤충이 일반 식품 및 식품원료로 인정·등록되어 있다(NIFDS and NIAS 2021).

일반 식품으로 분류된 식용곤충 중 흰점박이꽃무지 (white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis seulensis*)는 딱정벌레목 꽃무지과 꽃무지아과 흰점박이꽃무지속에 속한다. 알, 유충, 번데기, 성충의 시기를 거치며 완전변태를 하며 성충은 전체 길이가 약 17~24mm 정도의 식식성 곤충으로 한국, 일본, 대만, 중국, 유럽에 분포해 있고 야생에서 성충은 7월 상순부터 출현하고 8월 상순에 출현빈도가 가장 높다. 유충은 미생물에 의해 발효된 참나무 톱밥과 같은 부엽토 속에서 서식하여 10월 하순까지 3령 유충으로 변태 후 월동에 들어간다(Cho 1969; Zhang 1984; Kim and Kang 2006). 식용곤충 중 건강보조식품으로 가장 많이 활용되고 있는 흰점박이꽃무지 유충을 정제한 상품 개발도 이루어지고 있다(Park et al. 1994; Kang et al. 2000; Lee et al. 2001; Cho et al. 2003; Hwang et al. 2005). 흰점박이꽃무지 유충의 상품화는 대량사육이 필수적이며 이를 위해 안정적인 인공사료 공급과 관련된 연구가 뒷받침되어야 한다. 국내에서 발효 알로에를 대체 먹이로 급여한 결과가 보고되어 있고(Kang et al. 2012), 인공사료가 흰점박이꽃무지 유충의 영양성분과 생육에 미치는 영향(Yoon et al. 2016), 버섯 수확 후 배지를 대체사료로 하여 흰점박이꽃무지 발육에 미치는 영향(Lee et al. 2018) 및 한약재 부산물을 대체사료로 사용하여 흰점박이꽃무지의 발육에 미치는 영향(Kim et al. 2019) 등이 연구되었다. 흰점박이꽃무지 유충 연구는 국내에서만 한정된 것이 아니며, 외국에서는 흰점박이꽃무지 유충의 기능성에 대한 연구(Kan et al. 2009), 흰점박이꽃무지의 지리적 차이에 따른 형태적 변형(Suo et al. 2015) 등이 연구되었다.

흰점박이꽃무지 유충 대량사육 시 유용미생물(Effective microorganism, EM)을 이용하여 사료를 발효한다(Yoon et al. 2016; Kim et al. 2019). 상업적으로 EM은 자연 발효된 토양에서 분리한 여러 미생물을 혼합·배양하여 작물의 생산성 증가를 위해 사용되곤 한다(Mohan 2008). EM은 토양 내 미생물 상의 생물다양성을 증가시켜 식물의 양분 획득에 도움이 되고, 병원성 미생물의 발생을 감소시키는 효과가 있다고 하며(Condor et al. 2007), 작물의 광합성 증가, 병해충의 억제 및 발아에 도움을 주고, 특히 토양에 존재하는 유기물 분해 촉진에 따른 소출된 작물의 영양학적 효능 증가를 유도한다(Anon 1995). 토양 미생물 유래 EM 처리는 작물 재배 시 토양 미생물 상에 간접 시너지 효과를 야기하며, 지역에 따른 토양 미생물 상의 차이는 EM을 조성하

는 미생물 상의 제조지역, 시설에 따라 다르다. 이는 식용곤충을 위한 사료의 질적 저하가 야기되는 결과로 볼 수 있다(EM 생산 시 동일 미생물 비율을 구성하는 재현성 문제)(Higa and Parr 1994). 식용곤충을 위한 사료의 질적 저하, 일정한 생산량을 요구하는 식용곤충 대량사육에 문제가 될 가능성이 있다(Higa and Parr 1994).

균류(fungi)에 의한 발효는 천연생리활성 물질의 생산(Stierle and Stierle 2000), 재생 가능 자원의 생물처리로 인한 단백질 함량 증가(El-Enshasy 2007) 및 고형 자원 발효(Wang and Yang 2007) 측면에서 널리 사용되고 있으며, 특히 동물사료에 사용되는 균류에 의한 발효는 다른 미생물로 인한 모든 부정적인 상호작용을 회피하고, 사료 대상물의 직접적인 가수분해, 사료취취 특성(기호성, palatability) 개선 등의 효과가 있다(Ghorai et al. 2011). 이러한 균류 중 식용버섯은 인간에게 무해하며, 항산화 활성, 혈전용해 활성, 면역증강 및 항염증에 효과가 있으므로(Roupas et al. 2012), 식용버섯종균(edible mushroom fungi)은 EM 대체제로 적절하다고 볼 수 있다.

본 연구는 흰점박이꽃무지 유충의 대체 먹이원인 한약재 부산물의 발효를 위해 목재 부후균 중 백색 부후균이며 식용버섯으로 상대적으로 저렴한 가격과 구입이 용이한 느타리버섯 종균(Oyster mushroom fungi) 처리에 따른, 대체 사료의 영양성분 비교와 유충의 생육에 미치는 영향을 비교 분석하고자 한다.

재료 및 방법

1. 공시충

본 실험에서 사용한 공시충인 흰점박이꽃무지 유충은 경상남도 합천군 '희망곤충농장'에서 공급 받았다. 공시충은 의령곤충생태학습관의 곤충사육실에서 16L : 8D, 25 ± 2°C, 60 ± 5% RH 조건으로 사육하였다.

2. 흰점박이꽃무지 유충 대체 먹이 제조

대체 먹이 제조를 위해 한약재 부산물은 의령 소재 한의원(인제한의원)에서 탕제한 후 나온 한약재를 수거하여 70°C에서 12시간 건조(agricultural products dryer KED-035A) 후 고속채 분쇄기(GRC-12, Garyeo industry, Siheung,

Korea)로 처리하여 분쇄한 이후 농업기술실용화재단 (FACT; The Foundation of Agri, Tech, Commercialization & Transfer, Iksan, Korea)에 의뢰하여 조단백질, 조섬유, 조지방 및 조회분의 일반 영양조성과 중금속 검출을 의뢰하였다. 한약재 부산물 분석 결과, 일반영양성분의 함량을 각각 확인하였으며, 이 중 중금속은 검출되지 않았다(Table 1).

한약재부산물의 발효를 위해 농가에서 관행적으로 사용하는 유용미생물 (effective microorganisms, EM; yeast, lactic acid bacteria, Bacillus, photosynthetic bacterium, 의령군 유용미생물 배양센터에서 분양)과 대체 발효원인 느타리버섯 종균 (oyster mushroom fungi, OM, 충남 예당 버섯 농장 분양, Potato Dextros 배지를 이용하여 28°C에서 7일간 액상 배양)을 이용하여 중량대비 20%의 비율로 EM균과 느타리버섯 종균 액상배양액 ($\times 10^{10}$ cfu 이상)을 각각 첨가하여 혼합한 후 상온 25°C에서 30일간 발효하였다. 발효된 한약재 부산물을 이용한 대체사료는 흰점박이꽃무지 유충에게 1주일 간격으로 공급하였다.

3. 대체 먹이원과 흰점박이꽃무지 영양성분 비교

흰점박이꽃무지 유충의 대체 먹이원으로 안전성과 영양성분 확인 및 흰점박이꽃무지 유충의 사료에 따른 영양성분 확인은 한국식품연구원 (KFRI; Korea Food Research Institute, Wanju, Korea)에 분석 의뢰하였으며, 영양성분의 경우 분석된 자료를 제시하고 비교하였다(Tables 2~4).

Table 1. Analysis of nutritional composition (%) of herbal medicine byproducts in this study

Components	Proportion
Crude protein	11.34
Crude fat	3.45
Crude fiber	17.24
Crude ash	4.12
Heavy metals	Not detected

Table 2. Comparison of general nutritional composition (%) of herbal medicine byproducts obtained via different methods of fermentation

Fermentation method	Crude protein	Crude fiber	Crude fat	Crude ash	Heavy metals
Non-fermented	11.08	20.78	6.12	3.41	
Effective Microorganisms (EM)	18.47	24.55	3.55	10.06	Not detected
Oyster Mushroom fungi (OM)	19.68	26.33	4.85	7.33	

4. 흰점박이꽃무지 유충 발육 특성 및 분석

EM과 OM을 이용해 발효된 사료와 비발효된 사료를 흰점박이꽃무지 1령 초기 유충부터 각각 급이하였다. 실험은 투명한 폴리프로필렌 (polypropylene) 재질의 원형 (외경 ϕ 12 cm, 내경 ϕ 9 cm, 높이 8 cm) 용기에서 1령 초기 유충 10마리씩 사용하였으며 번데기 방을 짓는 날까지 처리군 간 생육속도를 비교하기 위하여 주 1회 미량전자저울 (HS3130F; Hansung Inc.)을 이용하여 무게를 측정하였고 유충의 생존율, 마리당 유충 무게, 유충의 발육기간을 비교 관찰하였다. 모든 실험은 3회 반복 진행하였다. 수집된 유충의 무게 데이터는 SAS프로그램의 PROC GLIMMIX를 이용한 Repeated measure ANOVA로 시기별, 처리별 평균값을 5% 유의수준에서 비교 분석하였다(SAS institute 2010).

결과 및 고찰

1. 대체 사료 영양성분, 중금속 분석과 사료별 흰점박이꽃무지 유충의 영양성분 비교

비발효 및 EM과 OM으로 발효시킨 한약재 부산물의 일반 영양학적 조성 분석 결과, 비발효시킨 한약재 부산물의 영양성분이 매우 낮은 함량을 보였으며, EM과 OM으로 발효시킨 경우, 큰 차이를 보이지 않았다(Table 2). EM과 OM으로 발효한 대체사료로 사육된 흰점박이꽃무지 유충 분말 100g의 일반 영양성분 분석 결과, 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. OM 발효 한약재 부산물 급이 흰점박이꽃무지 유충은 EM 발효와 비교하여 수분과 조지방 함량이 높았으며, 조단백질과 조회분 함량은 적었으나 그 차이가 미미하였으며, 중금속은 검출되지 않았다(Table 3).

발효원에 의한 유기물의 천연생리활성 물질 증가가 있다는 보고가 있으므로 (Stierle and Stierle 2000), 발효된 사료의 경우 대사에 도움이 될 수 있는 것으로 생각된다. 분석 결과, 단백질의 경우 발효 시 한약재 부산물의 단백질 함량

증가가 관찰되며, 이는 미생물 발효에 따른 사료 간 영양성분 차이가 생긴 것으로 판단된다(El-Enshasy 2007). 자연생태계에서 흰점박이꽃무지 유충은 발효된 유기물을 먹이로 이용하는 습성이 있으므로(Cho 1969; Zhang 1984; Kim and Kang 2006), 발효 유무에 따라 섭식 선호도 역시 영향을 줄 것으로 보이나, 이를 확인하기 위해서는 추가 실험이 필요하다.

먹이원의 안전성을 확인하기 위하여 카드뮴, 납, 수은 등의 중금속 함량을 분석 의뢰한 결과 비발효, EM 및 OM 발효 한약재 부산물에서 불검출로 확인되었다. 따라서 한약재 부산물의 경우 인체에 영향을 줄 수 있는 식용곤충인 흰점박이꽃무지 유충의 사료로 안전적이며, 발효과정을 거쳐서 그 영양학적 효과를 높여야 한다고 본다(Table 2).

Kim et al. (2019)은 참나무발효톱밥 급이 흰점박이 꽃무지 유충의 단백질 함량을 45.6%로 보고하였으며, 이는 OM과 EM 발효 한약재 부산물을 급이할 경우 약 20% 정도 단백질 함량의 증가가 있음을 나타낸다. 일반적인 식품에서 단백질 함량이 100g 기준 난류 8.5~14.4%, 육류 15.2~34.7%, 어류 10.4~47.7%인 것을 감안하면 (Food nutrition ingredient database, Ministry of Food and Drug Safety, Korea), 흰점박이꽃무지 유충의 단백질 함량이 월등히 높은 편이라 할 수 있다. Lee et al. (2018)은 참나무발효톱밥과 두 종류 버섯(새송이, 표고버섯) 수확 후 배지로 사육한 흰점박이꽃무지 유충의 총질소 함량이 새송이버섯 (*Pleurotus eryngii*) (10.28%), 표고버섯 (*Lentinula edodes*) (9.86%), 발효톱밥(9.06%) 순으로 나타났다고 하였다. 본 연구 결과와 일부 상이한 방법으로 조사하였으나, 상대적인 함량임을 감안하더라도 본 연구에서 제시한 단백질 함량과 50% 이상 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 이 결과는 Table 2의 분석 결과에서 언급했듯이 대체 사료인 한약재 부산물의 조단백 함량이 매우 높게 나왔기 때문에 사료되며, 일반적인 식품류와 비교하여도 난류에 비해 높고, 일부 육류와 어류의 단백질 함량과 비슷한 정도이므로 식용곤충으로 흰점박이꽃무지 유충의 영양성분 비율이 다른 식품에 비해 월등함을 알 수 있다(Table 3).

Kim et al. (2019)은 참나무 EM 발효톱밥을 급이한 흰점박이꽃무지 유충의 아미노산 조성을 분석하였으며, 이 중 어린 곤충에 있어 중요한 histidine 함량을 약 1,000(단백질 함량 단위: mg/100g) 정도로 보고하였다. 본 연구 결과, EM균과 OM균으로 발효시킨 대체사료를 급이한 흰점박이

Table 3. General nutritional composition (%) of 100 g of larval powder of *Protaetia brevitarsis seulensis* grown in the presence of fermentation byproducts in herbal medicine

Composition	Effective microorganism	Oyster mushroom fungi
Moisture	14.9	19.2
Crude fat	9.9	10.1
Crude protein	65.1	61.1
Crud ash	7.0	6.9
Heavy metals	Not detected	

Table 4. Amino acid concentration (mg) in 100 g of larval powder of *Protaetia brevitarsis seulensis* in the presence of fermentation byproducts in herbal medicine

Amino acid compositions	Effective microorganism	Oyster mushroom fungi	
Essential Amino acids	Threonine	1547.9	1582.3
	Valine	1829.4	1865.2
	Methionine	584.9	565.7
	Isoleucine	1326.5	1348.6
	Leucine	2256.7	2193.6
	Phenylalanine	1564.0	1548.2
	Lysine	2319.7	2413.6
Non essential Amino acids	Histidine	1252.6	1253.8
	Arginine	1665.8	1615.7
	Aspartic acid	2907.8	2607.9
	Serine	2002.2	2000.5
	Glutamic acid	5897.4	5516.5
	Proline	2976.1	3100.1
	Glycine	2744.4	2463.7
Alanine	2145.3	2027.9	
Tyrosine	2870.5	2996.3	

꽃무지 유충에서 각각 1252.6, 1253.8으로 약 16% 정도 높게 나타났으며, 발효원 간 차이는 거의 없었다(Table 4). 또한, 비 필수 아미노산인 aspartic acid, serine, glutamic acid, glycine, tyrosin, arginine, proline의 함량을 Kim et al. (2019)의 결과와 비교하면, glutamic acid가 EM균으로 발효시킨 사료를 공급한 흰점박이꽃무지 유충에서 상대적으로 높게 나왔고, proline이 대조구 대비 EM과 OM으로 각각 발효시킨 사료를 급이한 흰점박이꽃무지 유충에서 약 3배 정도 높은 수치를 나타내었다(Kim et al. 2019; Table 4).

전체 지방산은 포화지방산과 불포화지방산으로 나누어 분석되었고, EM 발효 대체 먹이균의 경우 포화지방산이

Table 5. Fatty acid composition (%) of larvae of *Protaetia brevitarsis seulensis* in the presence of fermentation byproducts in herbal medicine

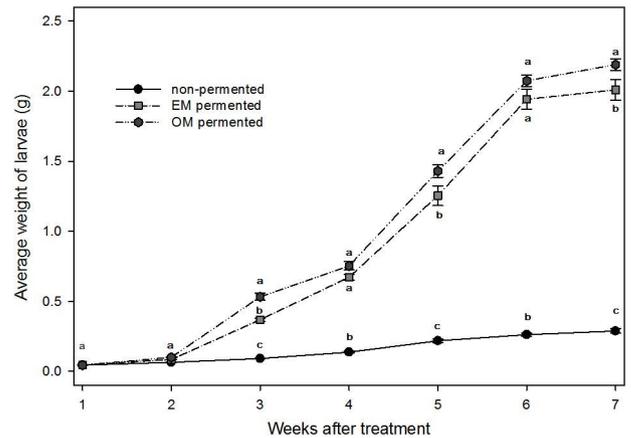
Fatty acid compositions	Effective microorganism	Oyster mushroom fungi
Saturated Fatty acids	Myristic acid	0.9
	Palmitic acid	18.0
	Stearic acid	1.9
	Arachidic acid	0.5
	Behenic acid	0.1
	Myristoleic acid	0.2
	Sub total	21.6
	Unsaturated Fatty acids	Palmitoleic acid
Oleic acid		60.6
Linolenic acid		3.6
γ -linolenic acid		1.0
Gadoleic acid		0.3
Arachidonic acid		0.1
Sub total		76.5

22.8%, 불포화지방산은 75.0%이고, OM 발효 대체 먹이균의 경우 포화지방산 21.6%, 불포화지방산은 76.5%로 각각 나왔다(Table 5). 각 지방산별 조성에서 가장 높은 비율은 oleic acid로 60.6%였다(Table 5). Kim *et al.* (2019)은 참나무 EM 발효톱밥을 사료로 흰점박이꽃무지 유충의 지방산 조성을 보고하였는데, 본 연구 결과와 비슷한 조성비율을 보이고 있었다.

OM으로 발효된 대체 사료로 사육된 흰점박이꽃무지 유충 영양성분 분석 결과 주요 아미노산과 지방산의 비율이 기존 발효원인 EM으로 발효된 사료를 이용한 결과와 비슷하거나 높았으며, 비필수 아미노산인 Proline의 경우 매우 높은 수치를 보였다(Kim *et al.* 2019; Tables 4, 5). 따라서 OM으로 사료발효 시 식용곤충에게 미치는 영향은 차이가 없는 것으로 사료된다.

2. 한약재부산물 발효방법에 따른 흰점박이꽃무지 유충 발육특성 및 중량 변화 비교

발효방법에 따른 대체사료로 사육한 흰점박이꽃무지 유충의 평균중량 변동은 Fig. 1과 같다. 비발효사료 실험군과 발효사료 실험군은 1~2주차까지 차이가 없었으나 3주차부터 체중 계측을 완료한 7주차까지 유충 중량이 발효사료 실험군에서 유의하게 높아지기 시작했다(Fig. 1, LSD test

**Fig. 1.** Weekly average weight of larvae of *Protaetia brevitarsis seulensis* according to the fermentation method used to generate byproducts in herbal medicine as an alternative food source. EM: effective microorganism; OM: oyster mushroom. Same letter within same treated week is not significantly different (LSD test, $P > 0.05$).

in Repeated measured ANOVA, $P < 0.05$, SAS institute 2010). 흰점박이꽃무지 유충 중량계측 3주차부터 OM 발효사료 실험군에서 EM 발효사료 실험군보다 높은 중량이 관찰되었다. OM 발효사료 실험군과 EM 발효사료 실험군의 관찰주별 비교 시 3, 5, 7주차 계측시기에 유의한 차이가 관찰되었으나, 비발효사료 실험군과의 차이를 비교한다면 EM과 OM 관찰군의 차이는 그리 크지 않았으며, 4, 6주차에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 주별 중량증감을 비교한 결과 6주차에서 7주차에 중량 변화가 없이 번데기 전단계로 발육됨을 확인할 수 있었다(Fig. 1, $P > 0.05$).

모든 발효사료 실험군에서 흰점박이꽃무지 유충은 96.7%의 생존율을 보였으며, 비발효사료 실험군의 경우 10% 미만의 생존율이 관찰되었다(Table 6).

야외 흰점박이꽃무지 유충 개체군이 서식처는 낙엽 내 토양으로, 그 외 지역에서 발견될 확률이 낮으므로, 충분히 발효된 먹이원이 아니면 그 생존율이 현저하게 떨어지는 것으로 사료된다(Table 6, Cho 1969; Zhang 1984; Kim and Kang 2006). 다만, Lee *et al.* (2018)은 버섯 수확 후 남은 배지를 별도의 발효작업 없이 대체 먹이원으로 급여하여 흰점박이꽃무지를 사육하였는데, 사용한 버섯이 새송이버섯 (*P. eryngii*)과 표고버섯 (*L. edodes*)이며 표고버섯과 새송이버섯 배지의 주원료가 참나무톱밥임을 고려할 때, 버섯 종균에 의한 참나무톱밥의 발효가 유도된 것으로 사료된다. 이러한 결과를 종합하면 흰점박이꽃무지 사육 시 먹이원

Table 6. Survival rate of larvae of *Protaetia brevitarsis seulensis* during the experimental period (7 weeks) according to each fermentation method

Fermentation methods	Survial rate (%)
No fermentation	9.8
Effective microorganisms	96.7
Oyster mushroom fungi	96.7

의 발효과정이 흰점박이꽃무지 유충의 생장에 필수적인 것으로 사료된다(Fig. 1, Table 6).

Kim *et al.* (2019)은 일반적인 관행 사육 시 발효된 참나무 톱밥을 사용한 경우 생존율이 약 90%라고 하였으며, 본 실험결과와 약 6.7% 차이를 보이는 하지만 이는 크게 유의하지 않은 결과이다. 따라서 본 연구에서 사용된 발효방법에 따른 대체사료는 기존의 관행적인 발효톱밥 사료와 비교하여 흰점박이꽃무지 급이원으로 안정적이다(Fig. 1, Table 6).

Park *et al.* (2012)은 항온, 항습 조건에서(L : D = 16 : 8, 27.5 ± 2.5°C, 65 ± 5% R.H.) 발효된 톱밥을 급이한 유충이 번데기 전 단계까지의 발육에 10주가 걸린다고 보고하였으므로, 본 연구의 흰점박이꽃무지 유충의 중량 변화 및 발육기간 결과에서도 한약재 부산물이 영양학 및 경제적으로 측면에서 우수한 급이원임을 확인할 수 있었다(Table 2, Fig. 1).

곤충산업시장에서 학습, 애완용 곤충, 화분매개곤충, 천적곤충과 달리 식용곤충은 인체 내에 직접 작용함으로 그 사료의 안정성에 대한 지속적인 감시와 관리가 요구되며, 곤충시장의 활성화를 위한 이익의 극대화, 지속적인 곤충 자원의 보급을 위해 안전한 사료의 확보가 무엇보다 중요하다(RDA 2016, 2017). 본 연구와 다른 연구 결과를 종합해 보면, 식용곤충인 흰점박이꽃무지 유충의 먹이원은 발효가 선행되어야 한다(Table 6, Cho 1969; Zhang 1984; Kim and Kang 2006), 일반적인 농가는 EM으로 발효된 사료로 흰점박이꽃무지를 사육하고 있으나(Yoon *et al.* 2016; Kim *et al.* 2019), EM은 생산 시설에 따라 동일 미생물 비율을 구성하는 재현성이 불가능하므로(Higa and Parr, 1994), 각 생산지역, 시기에 따라 미생물 비율이 상이한 실정이다. 항상 동일한 비율의 미생물을 유지할 수 없다는 점은 EM이 대량 사육을 위한 사료의 발효원으로 안정적이지 못하므로 식용곤충 사료 공급의 안정성과 경제성을 담보할 수 없으

며(Kang *et al.* 2012; Lee *et al.* 2018), 필연적으로 국내 곤충 산업규모의 확대에 따른 경제적인 대량 사육방법확립에 적신호가 될 것이다(RDA 2016).

이와 비교하여 균류(fungi)는 발효원으로 한 종의 균류를 사용한다는 점에서 상대적으로 안정적이다. 균류를 이용한 고형자원인 목재발효는 발효과정에서 천연생리활성 물질을 생산하고(Stierle and Stierle 2000; Wang and Yang 2007), 균류처리로 인한 생체 내 필수 영양분인 단백질 함량 증가를 유도한다(El-Enshasy 2007). 균류를 발효원으로 동물사료를 개발하는 경우, 기타 다른 미생물로 인한 모든 부정적인 상호작용을 회피하고, 사료 대상물의 직접적인 가수분해, 기호성 개선 등의 효과가 있다고 보고되었다(Ghorai *et al.* 2011). 특히 발효원으로 사용 가능한 균류 중 식용버섯종균은 인간에게 무해하며, 여러 가지 영양학적 효과가 있다고 보고됐다(Roupas *et al.* 2012).

본 연구에서 대체 발효제로 그 가능성을 확인한 OM은 여러 미생물이 섞인 EM과는 달리 단일종으로 이루어진 식용버섯종균(edible mushroom fungi) 발효원으로, 버섯농가를 위한 종균 제작시설에서 안정적으로 연중 공급 및 기능을 항상 일정하게 유지하므로 불안정한 EM을 대체할 좋은 발효원이라고 할 수 있다.

종합하면 흰점박이꽃무지 유충의 대체사료로 한약재 부산물이 가능하지만, 발효과정이 수반되어야 하며, 기존의 EM이 아닌 OM을 안정적인 발효원으로 대체 가능함을 알 수 있었다. 또한, 한약재 부산물을 이용한 대체사료로 키운 유충의 영양학적 우수성과 사육기간 단축을 통한 식용 곤충으로서 출하시기도 앞당길 수 있어 사육 농가의 사료비를 절감할 수 있는 부가적 효과가 있음을 확인하였다. 본 연구 결과는 식용곤충으로 안전하고 경제적으로 사육되어야 하는 흰점박이꽃무지 유충의 대량사육법 확립에 도움을 줄 것으로 사료된다.

적 요

흰점박이꽃무지(*Protaetia brevitarsis seulensis*) 유충의 대체사료인 한약재 부산물 발효원인 유용미생물(Effective microorganism, EM)과 느타리버섯 종균(Oyster mushroom fungi, OM)을 비교하였다. 각 발효된 사료의 영양성분을 비교한 결과, 조회분을 제외한 조단백, 조지방, 조섬유 함량

이 OM 발효사료에서 높게 나타났다. 각 발효된 사료로 사육된 흰점박이꽃무지 유충의 영양성분을 비교한 결과 차이가 관찰되지 않았다. 각 발효사료별 흰점박이꽃무지 유충의 생체중을 주별 비교 분석한 결과, 3주차 관찰시기부터 EM과 OM을 이용한 사료에서 흰점박이꽃무지 유충 평균중량이 유의하게 높았다. 유충 사육 시 생존율은 발효사료의 경우 동일하게 96.7%이나, 비발효사료의 경우 9.8%로 매우 낮았다. 본 실험결과, 흰점박이꽃무지의 생육에 먹이원의 발효는 꼭 필요했으며, OM은 EM을 대체할 수 있는 흰점박이꽃무지 대체사료의 발효원으로 더 안정적이었다.

사 사

본 연구는 의령군 항노화 기술개발·사업화 지원사업(세부과제명: 흰점박이꽃무지를 활용한 고령친화식품원료 기술개발)의 지원에 의해 이루어졌습니다.

REFERENCES

- Anon. 1995. Effective Microorganisms. EM Application Manual for the Asia-Pacific Natural Agricultural Network (APNAN) Countries. Future Tech Today Inc. Eugene, OR. <http://www.futuretechtoday.net/em/app.htm>
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. Association of Analytical Communities. Gaithersburg, MD, pp. 1-26.
- Bukkens SGF. 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecol. Food Nutr.* 36:287-319.
- Cho DH, YM Cho and JI Lee. 2003. Fruitbody formation of *Cordyceps militaris* in *Allomyrina dichotoma* Linnaeus. *Korean J. Plant Res.* 16:1-7.
- Cho PS. 1969. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea. Vol. 10. Insecta (2). Samhwa Publ. Seoul. pp. 686-693.
- Chung MY, EY Gwon, JS Hwang, TW Goo and EY Yun. 2013. Analysis of general composition and harmful material of *Protaetia brevitarsis*. *J. Life Sci.* 23:664-668.
- Condor AF, P Gonzalez and C Lakre. 2007. Effective microorganisms: Myth or reality? *Rev. Peru. Biol.* 14:315-319.
- El-Enshasy HA. 2007. Filamentous fungal cultures - Process characteristics, products, and applications. pp. 225-261. In: *Bioprocessing for Value-Added Products from Renewable Resources: New Technologies and Applications* (Yang ST ed.). Elsevier. Netherlands.
- FAO. 2013. The State of Food Insecurity in the World, 2013: The Multiple Dimensions of Food Security. Food and Agriculture Organization of the United States. Washington, D.C.
- Ghorai S, SP Banik, D Verma, S Chowdhury, S Mukherjee and S Khowala. 2011. Fungal biotechnology in food and feed processing. pp. 603-615. In: *Comprehensive Biotechnology* (2nd Edition) (Moo-Young M ed.). Elsevier. Netherlands.
- Higa T and JF Parr. 1994. Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment. Japan International Nature Farming Research Center. Nagano, Japan. p. 7. Retrieved 14 August 2016.
- Hwang SY, YB Kim, SH Lee and CY Yun. 2005. Preventive effect of a chafer, *Protaetia brevitarsis* extract on carbon tetrachloride-induced liver injuries in rats. *Korean J. Orient. Physiol. Pathol.* 19:1337-1343.
- Jun JH, BS Ko, JH Kim, SP Nam, YR Um, SM Hong, HS Hwang and SM Park. 2009. The comparison of growth and quality characteristics during the storage of *Pleurotus ostreatus* cultivated in the remnants of medicinal herb extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38:211-216.
- Kan F, J Sun and L Tian. 2009. Isolation and proliferation effect of polysaccharide extracted from grub on the immunocytes of mice *in vitro*. *Nanjing Nongye Daxue Xuebao* 32:161-164.
- Kang IJ, HK Kim, CK Chung, SJ Kim and SH Oh. 2000. Effects of *Protaetia orientalis* (Gory et Perchlon) larva on the lipid metabolism in ethanol administered rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29:479-484.
- Kang MG, CG Kang, HK Lee, EK Kim, JS Kim, OS Kwon, HK Lee, HJ Kang, CH Kim and HS Jang. 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.
- Kang SJ, CW Park, SC Han, YK Yi and YG Kim. 2005. A grub (*Protaetia brevitarsis seulensis*) rearing technique using cellulose-digesting bacteria and natural recycling of rearing byproduct to an organic fertilizer. *Korean J. Appl. Entomol.* 44:189-197.
- Kim CH, JS Lee, MS Go and KT Park. 2002. Ecological characteristics of *Protaetia orientalis submarmorea* (Burmeister) (Coleoptera: Cetoniidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 41:43-47.
- Kim HG and KH Kang. 2005. Bionomical characteristic of *Protaetia brevitarsis*. *Korean J. Appl. Entomol.* 44:139-144.
- Kim HG and KH Kang. 2006. Imago's flight and larval activities of *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera: Scarabaeidae) and *Allomyrina dichotoma* (Coleoptera: Dynastinae). *Korean J. Appl. Entomol.* 45:139-143.
- Kim MH, JW Park, MJ Kim and JJ Park. 2019. Effect of herbal medicine by-products on the larval growth of white-spotted

- flower chafer (*Protaetia brevitarsis seulensis*). Korean J. Environ. Biol. 37:60–67.
- Kim YS, CG Park, T Kim and JW Choi. 2018. A study on the legal status of insect industry. Korean J. Appl. Entomol. 57:401–408.
- Köhlerab R, L Kariukia, C Lamberta and HK Biesalskia. 2019. Protein, amino acid and mineral composition of some edible insects from Thailand. J. Asia-Pac. Entomol. 22:372–378.
- Lee HC, SG Hwang, YK Kang, HO Sohn, JY Moon, HB Lim, BH Jeon and DW Lee. 2001. Influence of *Protaetia brevitarsis* extract on liver damage induced by carbon tetra chloride and ethanol in rat. Korean J. Life Sci. 11:405–414.
- Lee JH. 2011. Study on the application of RFID system for the improvement of circulation structure of medicinal herbs. Graduate school of Inje University. Gimhae, Korea. pp. 24–34.
- Lee SB, JW Kim, SM Bae, YH Hwang, BJ Lee, KP Hong and CG Park. 2018. Evaluation of spent mushroom substrates as food for white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis seulensis* (Coleoptera: Cetoniidae). Korean J. Appl. Entomol. 57:97–104.
- Mohan B. 2008. Evaluation of organic growth promoters on yield of dryland vegetable crops in India. J. Org. Syst. 3:23–36.
- NIFDS and NIAS. 2021. Accredited as Food Raw Material for *Locusta migratoria*. National Institute of Food and Drug Safety Evaluation and National Institute of Agricultural Science. Korea. Press Release at 13 September, 2021. p. 8.
- Park HY, SS Park, HW Oh and JI Kim. 1994. General characteristics of the white-spotted flower chafer, *Protaetia breviratsis* reared in the laboratory. Korean J. Entomol. 24:1–5.
- Park JH, SY Kim, M Kang, M Yoon, YI Lee and E Park. 2012. Antioxidant activity and safety evaluation of juice containing *Protaetia brevitarsis*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41:41–48.
- RDA. 2016. Insect Industry. Human Resource Development. Rural Development Administration. Jeonju, Korea.
- RDA. 2017. The Standards and Qualification of Industrial Insects. National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration. Jeonju, Korea.
- Roupas P, J Keogh, M Noakes, C Margetts and P Taylor. 2012. The role of edible mushrooms in health: Evaluation of the evidence. J. Funct. Food. 4:687–709.
- SAS Institute. 2010. SAS/STAT (R) 9.22 User's Guide. Cary, NC.
- Stanley-Samuelson DW, RA Jurenka, C Cripps, GJ Blomquist and M de Renobales. 1988. Fatty acids in insects: Composition, metabolism, and biological significance. Arch. Insect Biochem. Physiol. 9:1–33.
- Stierle AA and DB Stierle. 2000. Bioactive compounds from four Endophytic *Penicillium* sp. of a Northwest Pacific Yew Tree. pp. 933–977. In: Studies in Natural Products Chemistry-Bioactive Natural Products (V. 24, Part E) (Atta-ur-Rahman ed.). Elsevier. Netherlands.
- Suo Z, M Bai, S Li, HD Yang, T Li and D Ma. 2015. A geometric morphometric analysis of the morphological variations among Chinese populations of *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera: Scarabaeidae) with an inference of the invading source of its Xinjiang populations. Acta Entomol. Sin. 58:408–418.
- Van Itterbeeck and van Huis. 2012. Environmental manipulation for edible insect procurement, a historical perspective. J. Ethnobiol. Ethnomed. 8:3–10.
- Wang L and ST Yang. 2007. Solid state fermentation and its applications. pp. 465–489. In: Bioprocessing for Value-Added Products from Renewable Resources: New Technologies and Applications (Yang ST ed.). Elsevier. Netherlands.
- Yoon CH, HS Song, BJ Lee, D Son, SH Jeon and YS Cho. 2016. Effects of feeds on larval development of white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis seulensis*. J. Korean Soc. Int. Agric. 28:541–546.
- Zhang ZL. 1984. Economic Insect Fauna of China. Fascicle. 28. Coleoptera: Larva of Scarabaeidae. Science Press. Beijing.