

버섯 수확 후 배지의 흰점박이꽃무지 사료화 연구

이슬비 · 김종원 · 배성문 · 황연현 · 이흥수 · 이병정 · 홍광표 · 박정규^{1*}경상남도농업기술원, ¹경상대학교 응용생명과학부(BK21⁺ Program)/생명과학연구원

Evaluation of Spent Mushroom Substrates as Food for White-spotted Flower Chafer, *Protaetia brevitarsis seulensis* (Coleoptera: Cetoniidae)

Seul Bi Lee, Jong Won Kim, Sung Mun Bae, Yeon Hyeon Hwang, Byeong Jeong Lee, Kwang Pyo Hong and Chung Gyoo Park^{1*}

Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 52733, Korea

¹Division of Applied Life Science (BK21⁺ Program), Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

ABSTRACT: The larva of the white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis seulensis* (Coleoptera: Cetoniidae), is known to have important medicinal properties, such as anti-cancer activity. However, the consumer market for the larvae is depressed because of its high production cost which needs to be reduced. This study was carried out to evaluate two spent mushroom substrates as food source for chafer larvae to improve the productivity and reduce production cost. The larvae were fed with spent substrates of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) (P-SMS) and shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) (L-SMS), with a control of fermented oak sawdust. Effects of the diets on the development of *P. brevitarsis seulensis* and contents of minor nutrient components in the larvae produced were examined. In the P-SMS diet, the larval rearing period was shorter at 16.2 days, while the rate of larval weight gain and the cocoon weight were higher at 156.3% and 4.1 g, respectively, than that in the L-SMS diet. The pupation rate was 100% and the adult emergence was higher at 93.3% in the P-SMS diet than in the L-SMS diet with no difference to the control diet. In the P-SMS diet, the total nitrogen content during rearing was higher at 10.28% and the minor nutrient component, particularly Fe (145.8 mg/kg), was higher than that in other diets. The oviposition preference of adults showed no significant difference among the diets. Economic analysis showed that P-SMS costs approximately 667,960 Won less per 100 kg of larvae produced, compared to that of the control diet.

Key words: Insect industry, Edible insect, Mushroom by-product, Oyster mushroom, Low cost diet

초록: 항암작용과 간 질환을 예방하는 약용곤충으로 널리 알려진 흰점박이꽃무지 유충은 2016년 12월 일반식품으로 등록되었으나 판매가가 높아 소비가 활발하게 이루어지지 않고 있어 생산 단가를 낮추는 기술이 요구되고 있는 실정이다. 흰점박이꽃무지의 생산 비용을 절감하고 생산성을 향상시키기 위해 농업부산물인 새송이버섯 수확 후 배지와 표고버섯 수확 후 배지를 유충의 먹이로 급이하여 생육특성과 미량성분, 증금속함량을 조사하였고 대조구로는 관행으로 사용되고 있는 참나무 발효톱밥을 급이하였다. 새송이버섯 수확 후 배지를 급이한 처리구가 유충사육기간이 16.2일로 가장 짧았고 유충 무게 증가율과 고치 무게는 각각 156.3%와 4.1 g이었다. 새송이버섯 수확 후 배지를 급이한 처리구에서 용화율은 100%였고 우화율은 93.9%로 가장 높았지만 통계적 유의차는 없었다. 또한 총질소함량도 10.28%로 가장 높았고 미량원소 중 철은 145.8 mg/kg으로 다른 먹이와 비교해 높은 결과를 보였다. 성충의 산란선호성은 먹이 간 통계적 유의차가 없었다. 본 연구의 결과를 종합하였을 때 기존에 사용하고 있는 참나무 발효톱밥 대신 새송이버섯 수확 후 배지를 먹이로 사용하면 흰점박이꽃무지 유충 100 kg 당 667,960원의 비용이 감소할 것으로 추정된다.

검색어: 곤충산업, 식용곤충, 버섯부산물, 새송이버섯, 저비용먹이

*Corresponding author: parkcg@gnu.ac.kr

Received February 13 2018; Revised April 24 2018

Accepted May 4 2018

최근 소득 수준의 향상과 의학 발달로 평균 수명은 증가하고 있지만 식생활의 서구화로 인한 고혈압, 당뇨 및 고지혈증 등과 같은 성인병의 발생도 증가하고 있다(Koo, 2006). 이러한 질병의 예방 및 치료를 위해 건강보조식품에 대한 관심이 커지고 있는데, 일반적으로 단백질, 불포화 지방산 및 미네랄이 다량 함유되어 있는 곤충 자원에 대한 식·약용 소재화를 위한 연구가 많이 이루어지고 있다(Joost and Arnold, 2012).

현재 우리나라에는 오래전부터 식·약용으로 사용되어 온 누에(*Bombyx mori*)의 유충과 번데기, 백강잠(백강균 *Beauveria bassiana*에 감염된 누에 유충), 버메뚜기(*Oxya chinensis sinuosa*) 등 3종과 최근 식품의약품안전처에 식품으로 등록된 쌍별귀뚜라미(*Gryllus bimaculatus*) (2016년 3월), 갈색거저리 유충(*Tenebrio molitor*) (2016년 3월), 장수풍뎡이 유충(*Allomyrina dichotoma*) (2016년 12월), 흰점박이꽃무지 유충(*Protaetia brevitarsis seulensis*) (2016년 12월) 등 총 7종의 곤충이 일반 식품으로 등록이 되어 있다.

흰점박이꽃무지는 딱정벌레목 꽃무지과 꽃무지아과 흰점박이꽃무지속에 속한다. 성충은 전체 길이가 약 17~24 mm 정도의 식식성 곤충으로 한국, 일본, 대만, 중국, 유럽에 분포해 있고 야생에서 성충은 7월 상순부터 출현하고 8월 상순에 출현빈도가 가장 높다(Cho, 1969).

우리나라에서 곤충 약용으로 가장 많이 활용되고 있는 흰점박이꽃무지 유충은 동의보감에 간에서 비롯되는 질병, 즉 간암, 간경화, 간염, 누적된 피로의 해소 등을 포함하여 월경불순, 시력감퇴, 백내장, 금창, 산후풍, 악성종기, 구내염, 파상풍, 중풍 등의 성인병을 치료하는데 효과가 있다고 기록되어 있으며, 특히 간 질환에 탁월한 효능이 있는 것으로 알려져 있어 한방과 민간요법에서 이용되고 있다(Anonymous, 2002; Cho et al., 2003; Kang et al., 2000; Lee et al., 2001; Park et al., 1994).

흰점박이꽃무지는 산업곤충 용으로 현재 전국에서 가장 많이 사육되고 있는 곤충이다. 하지만 건조물 1 kg의 소비단가는 약 30만 원 정도로 높게 형성되어 있어 아직까지 소비가 활발하게 이루어지지 않고 있는 실정이다. 흰점박이꽃무지를 3.3 m² 사육하는 데 드는 사료비는 106천 원으로서 전체 생산비의 32%를 차지하기 때문에(Anonymous, 2017) 이를 농업부산물로 대체한다면 흰점박이꽃무지의 생산비를 크게 절감하는 효과가 있을 것으로 생각된다.

농업부산물 중 ‘버섯 수확 후 배지’는 버섯을 수확한 후에 남겨진 배지를 의미하며 버섯 1 kg을 생산하는데 5 kg 정도 발생된다(Williams et al., 2001; Kim et al., 2007). 표고버섯과 새송이버섯 배지의 주 원료는 참나무 톱밥이며 보조 원료로는 옥수수 속대, 미강, 밀기울 등이다. 버섯 재배과정에서 배지 영양원

의 약 15~25% 정도만 버섯에 의해 이용되고 나머지 75~85% 정도는 남아있기 때문에 버섯 수확 후 배지는 여러 가지 용도의 자원으로써 활용 가치가 매우 높은 것으로 알려져 있다(Bae et al., 2006; Moon et al., 2012a). 따라서 버섯 수확 후 배지는 주로 버섯 재배용 배지로 다시 사용되기도 하고 유기농 퇴비, 바이오매스 고형원료, 곤충사육용 사료, 환경 복원용 복토 등으로 이용되어 왔으며 근래에는 곡물 가격 상승으로 이 배지를 축산 사료 자원으로 이용하는 농가가 늘고 있다.

최근까지 우리나라에서 흰점박이꽃무지에 관한 연구로는 야의 생태(Kim and Kang, 2006), 사육 환경(Kang et al., 2005; Park et al., 1994)과 형태에 관한 내용(Kim, 2005; Kim and Kang, 2005)이 진행되었으며, 생육특성, 기능성 분석 및 안전성에 대한 연구도 이루어졌다(Hwang et al., 2001; Kang et al., 2001; Kim et al., 2005; Lee et al., 1994; Lee et al., 1995; Lee et al., 2001; Yoo et al., 2007; Park et al., 2012a). 외국에서는 흰점박이꽃무지 유충의 기능성에 대한 연구(Kan et al., 2009), 흰점박이꽃무지의 지리적 차이에 따른 형태적 변형(Suo et al., 2015) 등이 연구되었다. 하지만 곤충을 사육하면서 소요되는 생산비를 절감하기 위한 농업부산물을 활용한 대체 사료에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

흰점박이꽃무지 유충의 먹이로는 보통 미강 등을 첨가한 참나무 발효톱밥을 사용하기 때문에 사육농가에서 직접 발효할 경우 특정기술이 필요하고 발효톱밥을 구매할 경우 비용이 다소 소요된다. 따라서 본 연구에서는 특정한 발효기술 없이 사료로 사용할 있고 사료비용 부담을 줄일 수 있는 버섯 수확 후 배지 급이에 따른 흰점박이꽃무지의 발육특성과 일반성분 등을 조사하였다.

재료 및 방법

버섯 수확 후 배지 급이

버섯을 수확한 뒤 버섯 병에서 탈병한 새송이버섯(*Pleurotus eryngii*)과 표고버섯(*Lentinula edodes*)의 수확 후 배지(spent mushroom substrate) (P-SMS 및 L-SMS)를 근처 버섯농가에서 제공받아 20 mm 체로 쳐서 별도의 발효작업 없이 바로 사료로 사용하였고, 흰점박이꽃무지의 주 먹이원으로 알려진 참나무발효톱밥(친환경영농조합법인 용산, 전북 남원)을 대조구로 하였다. 흰점박이꽃무지는 생육 특성 상 톱밥 속 아랫부분에서 서식하기 때문에 버섯 수확 후 배지를 사육통(Ø 10 mm × 42 mm)에 약 2.5 cm 두께로 넣고, 유충이 사료에 적응하지 못해 섭식 활동을 하지 않는 방향현상(원더링, wandering)을 방지하

기 위해 유충 분변을 약 1.5 cm 정도로 덮어 주었다. 버섯 수확 후 배지는 유충의 발육을 조사 할 때마다 기존 분변은 그대로 둔 채 배지만 보충해주었다.

흰점박이꽃무지 생육조사

흰점박이꽃무지는 농업회사법인 ‘도다움’(경남 진주)에서 알에서 부화시켜 40일 간 사육한 유충을 공급 받아 사용하였다. 실험충은 균일성을 위해 두폭 4.8 ± 0.2 mm, 체중 1.5 ± 0.1 g 인 유충을 선별하여 경상남도농업기술원 곤충산업지원연구센터 곤충 사육실(16L : 8D, $27 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ RH)에서 사료가 담긴 투명한 폴리프로필렌 재질의 원통($\varnothing 10$ mm \times 42 mm) 용기에 60마리 씩 개체 사육하면서 유충 사육기간, 유충 체중 증가율, 고치(일명 번데기 방, cocoon) 무게, 용화율, 우화율을 조사 하였다. 유충 사육기간은 실험 시작일로부터 번데기 방을 짓는 날까지로 하였고 매일 육안조사하였다. 유충 체중 증가율은 실험 시작 15일 후에 측정하였고, 고치 무게는 고치를 지은 당일 무게를 측정하였다. 무게 측정은 실험용 정밀저울(Entris 224I-1S, Samtorius, Germany)을 사용하였다.

흰점박이꽃무지 유충의 영양성분 분석

흰점박이꽃무지 유충 체내의 영양성분 분석을 위해 동결건조기(Lyop Pride 10R, 일신바이오베이스, 동두천, 한국)를 이용하여 건조한 유충을 분쇄기(GRC-12, (주)가려산업, 시흥, 한국)로 분쇄하여 시료로 사용하였다. 총질소함량은 시료 50 g에 알칼리성 과황산칼륨, 염산, 질산태질소 등의 시약을 넣고 가열한 뒤 220 nm 파장에서 흡광도를 측정하는 자외선 흡광 광도법으로 분광광도계(UV-1601, Shimadzu, Japan)를 이용하여 측정하였다. 무기물은 Lee et al. (2013)의 방법에 따라 시료 5 g을 예비 회화시킨 후 600°C 의 전기로에서 2시간 이상 회화시키고 염산용액을 첨가하여 하룻밤 동안 방치 및 용해하였으며 Inductively Coupled Plasma mass spectrometer (ICP, Optima 5300 DV, Perkin Elmer, USA)를 사용하여 인(P), 칼륨(K), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 망간(Mn), 철(Fe)를 측정하였으며 측정 파장은 Table 1과 같다.

성충의 산란 선호성 조사

버섯 수확 후 배지를 산란 배지로 사용할 수 있는지 알아보기 위하여 사료로 공급한 버섯 수확 후 배지를 폴리프로필렌 직사각형($45 \times 485 \times 170$ mm) 용기에 5 cm 높이로 깔고 동일한 날에 우화한 성충 암·수 20쌍을 넣어 산란을 유도하였고 15일 간격으로 한 달 간 알 혹은 부화한 유충 수를 조사하였다. 성충 먹이로는 곤충젤리(빅스베이, 충남 서산)를 제공하였고 대조구로는 관행적으로 사용하고 있는 참나무 발효톱밥을 사용하여 3 반복 조사하였다.

새송이버섯 수확 후 배지를 활용한 흰점박이꽃무지 유충 생산에 대한 경제성 분석

상기의 실험 결과 새송이버섯 수확 후 배지가 흰점박이꽃무지 유충의 먹이로 가장 적합하다고 판단하였기 때문에 새송이버섯 수확 후 배지 이용의 경제성분석을 실시하였다. 새송이버섯 수확 후 배지는 따로 발효 과정이 들어가지 않기 때문에 한번에 많은 양을 급이할 시 발효가 진행되면서 열이 발생하여 유충 생육에 지장을 주게 된다. 따라서 적은량을 자주 급이해 주어야 하기 때문에, 흰점박이꽃무지 유충 100 kg을 생산한다는 가정하에 증가되는 비용으로 사료를 급이하는 노동비를 1회 당 4시간 씩, 2018년도 최저시급(7,530원)으로 책정하였다. 절감되는 비용으로는 관행인 참나무 발효 톱밥을 40 L 한 포 당 시중 평균 가격인 9,000원으로 책정하였고, 새송이버섯 수확 후 배지는 버섯 농가에서 5톤 당 200,000원에 축산농가에 판매하고 있는 점과 배송비 등을 감안하여 40 L 한 포 당 가격을 2,000원으로 책정하였다. 흰점박이꽃무지 유충 생체는 2018년 현재 시중 평균 가격인 1 kg 당 80,000원으로 책정하여 산출하였다.

통계분석

수집된 모든 데이터는 분산분석 후 최소유의차검정법(Fisher's Least-Significant-Difference test, LSD)으로 평균 간 차이를 5% 유의수준에서 비교하였다(SAS, Version 9.4, Cary, NC, USA).

Table 1. Operating conditions of ICP-mass spectrometer for analyzing minor components

Element	P	K	Mg	Ca	Mn	Fe
Wave length (nm)	231.62	769.90	279.35	393.37	257.61	259.94

결과 및 고찰

버섯 수확 후 배지 급이에 따른 흰점박이꽃무지 유충의 발육

버섯 수확 후 배지는 친환경소재를 원료로 사용하며 연중 생산된다는 장점이 있어 가축의 사료 자원으로써 활용가치가 높은 유기물이다(Adamovic et al., 1998; Caswell, 1990). 이 동물 사료자원으로 활용되는 버섯 수확 후 배지를 곤충인 흰점박이꽃무지에 급이하여 조사한 결과 유충사육기간은 Fig. 1A와 같다. 새송이버섯 수확 후 배지를 급이한 구에서 유충 사육기간이 16.2일로 가장 짧게 나타났으며, 참나무 발효톱밥을 급이한 구와 표고버섯 수확 후 배지를 급이한 구에서는 각각 20.4일과 21.1일로 통계적 차이가 없었다($df=2,177; F=15.21; P=0.031$). 즉, 새송이버섯 수확 후 배지를 급이 할 때 흰점박이꽃무지의 유충 사육기간이 기존 참나무 발효톱밥을 급이 했을 때 보다 20% 정도 짧아졌다.

유충체중 증가율(Fig. 1B)은 새송이버섯 수확 후 배지를 급이한 구에서 156.3%로 가장 높게 나타났고, 그 다음은 표고버섯 수확 후 배지를 급이한 구(131.9%), 참나무 발효톱밥을 급이한 구(126.1%) 순이었다($df=2,177; F=34.63; P=0.022$). 즉, 새송이버섯 수확 후 배지를 먹이로 사용하였을 때 관행 먹이보다 체중이 24% 증가하는 효과가 있었다. Yoon et al. (2016a)은 알로에, 사과, 바나나, 단감, 단호박 등 다양한 보조사료를 급여한 경우 흰점박이꽃무지 유충의 발육이 유의적으로 차이가

있다고 하여 급이하는 사료에 따라 유충 생육에 차이가 있다고 하였고, Kim et al. (2014)은 새송이버섯 수확 후 배지를 갈색거저리 유충에 급이했을 때 유충의 발육기간이 일반적으로 갈색거저리 사료로 사용되는 밀기울인 대조군보다 길어졌고, 유충 무게가 대조군의 절반수준으로 낮아졌다고 하여 본 실험결과와 상반된 결과를 나타내었다. 이는 밀기울 등 저장곡물을 주먹이로 하는 갈색거저리와 나무 톱밥을 주먹이로 하는 흰점박이꽃무지와의 종 간 특성의 차이 때문인 것으로 판단된다.

번데기방의 무게는 새송이버섯 수확 후 배지를 급이한 구에서 4.1 g으로 가장 높았고, 그 다음으로 참나무 발효톱밥을 급이한 구(3.7 g), 표고버섯 수확 후 배지를 급이한 구(3.5 g) 순으로 낮아졌다($df=2,177; F=34.21; P=0.042$) (Fig. 1C). Park et al. (2012b)은 갈색거저리의 산란수, 수명, 발육기간 및 번데기 중량에 관한 연구 결과에서 번데기의 중량은 산란수와 높은 상관관계를 갖는다고 발표하였고, Park and Kim (1999)은 살충제 처리가 집파리의 성충과 부화율에 미치는 영향에 대한 연구에서 성충의 산란수 감소는 번데기의 무게 감소에 의한 것이라고 밝혔다. 이러한 결과로 볼 때 본 실험에서 새송이버섯 수확 후 배지를 유충 사료로 사용하는 것이 번데기의 무게를 증가시켰고 이는 성충의 산란량을 높이는 효과가 있을 것으로 판단된다.

용화율은 새송이버섯 수확 후 배지와 참나무 발효톱밥을 사료로 한 처리구에서는 100%였고 표고버섯 수확 후 배지를 먹인 처리구에서는 93.3%로 낮은 용화율을 보였다($df=2,6; F=4.21; P=0.0163$) (Fig. 1D).

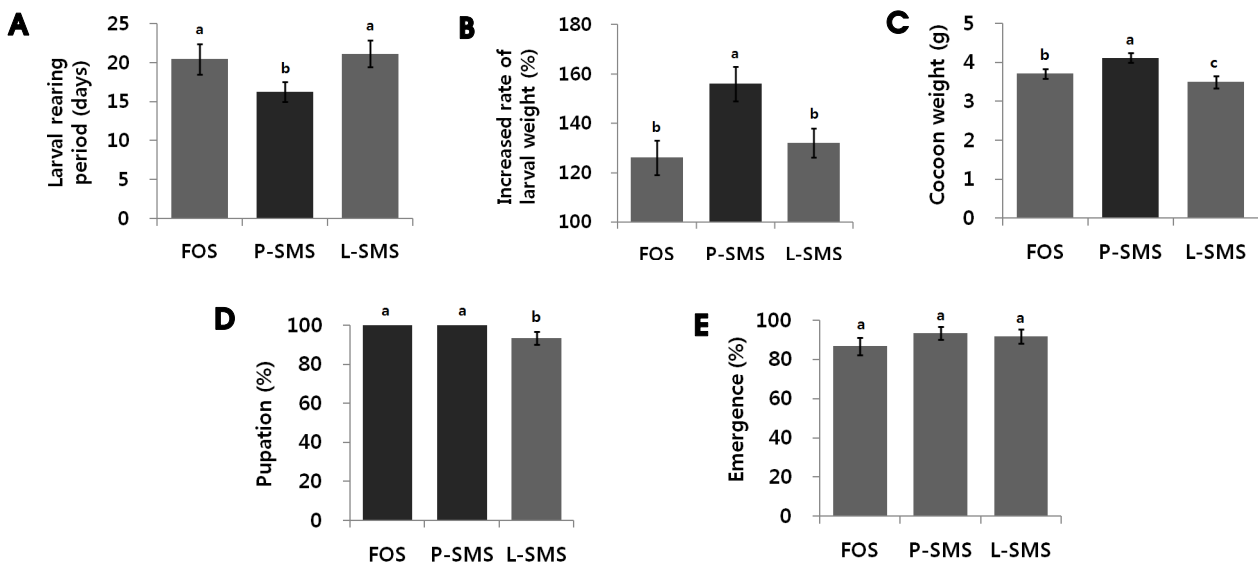


Fig. 1. Effect of spent mushroom substrate diets on the larval rearing period (A), larval weight increase (B), cocoon weight (C), and emergence rate (D) of *Protetaia brevitarsis seulensis* (LSD test, $P=0.05$). Three diets included fermented oak sawdust (FOS), *Pleurotus eryngii* - spent mushroom substrate (P-SMS) and *Lentinula edodes* - spent mushroom substrate (L-SMS).

우화율은 새송이버섯 수확 후 배지를 급이한 구가 93.3%로 가장 높았고 다음으로 표고버섯 수확 후 배지를 급이한 구가 91.7%, 참나무 발효톱밥을 급이한 구가 86.7%로 나타났지만 통계적 유의차는 없었다(Fig. 1E).

이상을 종합하면, 새송이버섯 수확 후 배지를 급이했을 때 흰점박이꽃무지의 유충사육기간이 가장 짧고, 고치 무게가 가장 무거우며 용화율과 우화율도 높았기 때문에 이 배지가 흰점박이꽃무지의 발육에 적절한 것으로 판단된다.

흰점박이꽃무지 유충의 영양성분

흰점박이꽃무지 유충에 각각의 사료를 급이하여 총질소함량과 미량성분을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 총질소함량은 새송이버섯 수확 후 배지를 급이한 처리구에서 10.28%로 가장 높았고 표고버섯 수확 후 배지를 급이한 처리구는 9.86%, 참나무 발효톱밥을 급이한 처리구는 9.06%였다. 그 외 미량성분은 참나무 발효톱밥을 급이한 처리구에서 인, 칼륨, 마그네슘, 망간이 각각 2.71%, 3.81%, 0.93%, 75.3 mg/kg로 가장 높게 측정되었고, 칼슘과 철은 새송이버섯 수확후배지를 급이한 처리구에서 0.59%, 145.8 mg/kg으로 높게 측정되었다. 질소함량의 총체로의 전이와 사료에 따른 미량성분 함량은 추가적인 실험이 필요할 것으로 보인다.

Song et al. (2017)은 비지박 첨가 먹이원 급여에 따른 흰점박

이꽃무지 유충의 생육과 영양성분 변화에 관한 연구에서 질소원을 함유하는 비지박을 첨가한 실험구에서 일반 조성분과 미네랄 및 아미노산 등의 영양성분 함량을 높일 수 있다고 하였다. Cheong et al. (2012)은 버섯 수확 후 배지의 조단백질 함량이 종균 접종 전 배지보다 다소 높다고 발표하였는데 본 실험에서도 단백질원이 풍부한 버섯 수확 후 배지의 급이가 흰점박이꽃무지 유충의 무기질 함량에 영향을 준 것으로 생각된다. Yoon et al. (2016b)은 단감, 바나나, 사과 등을 대체사료 혹은 보조사료로 급이하여 흰점박이꽃무지 유충의 생육과 항산화성분, 지방산 등의 영양성분을 조사하였고, Noh et al. (2015)은 쌀겨, 알로에, 호박을 흰점박이꽃무지 유충의 절식기간에 급이하여 조단백질함량, 지방산, 구성아미노산 등을 조사하였다. 이처럼 최근 여러 가지 먹이원을 적용하여 흰점박이꽃무지의 부가가치를 높이는 실험 결과가 도출되고 있다.

흰점박이꽃무지 성충의 산란 선호성

흰점박이꽃무지의 생산비를 절감하기 위해 사료로 사용한 버섯 수확 후 배지가 성충의 산란용 배지로도 사용이 가능한지 알아보기 위해 성충 산란 선호성을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 표고버섯 수확 후 배지에서의 산란수가 59.7개로 가장 많았고, 참나무 발효톱밥 산란배지구가 48.5개, 새송이버섯 수확 후 배지 산란배지구가 41.2개로 가장 적었으나 배지 종류 간에 통

Table 2. The minor components of *P. brevitarsis seulensis* larvae fed different kinds of diets

Division	T/N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)
FOS ^a	9.06	2.71	3.81	0.93	0.54	75.3	94.4
P-SMS ^b	10.28	1.76	3.46	0.68	0.59	42.4	145.8
L-SMS ^c	9.86	2.05	3.05	0.86	0.50	39.0	85.7

^aFOS: Fermented oak sawdust.

^bP-SMS: *Pleurotus eryngii*- spent mushroom substrate.

^cL-SMS: *Lentinula edodes*- spent mushroom substrate.

Table 3. Choice test on the oviposition preference of *Protaetia brevitarsis seulensis* to different kinds of diets (oviposition mediums)

Oviposition mediums	Number of eggs (mean ± SE)/20 females
FOS ^a	48.5 ± 7.8a ^d
P-SMS ^b	41.2 ± 9.3a
L-SMS ^c	59.7 ± 10.4a

^aFOS: Fermented oak sawdust.

^bP-SMS: *Pleurotus eryngii*- spent mushroom substrate.

^cL-SMS: *Lentinula edodes*- spent mushroom substrate.

^dMeans followed by the same letter are not significantly different by LSD test at $P=0.05$.

계적 차이는 없었다($df=2,6; F=49.87; P=0.241$).

Kim and Kang (2005)은 참나무 발효톱밥을 산란배지로 하여 개체사육한 흰점박이꽃무지 암컷 1마리 당 1일 산란수가 2.92개이며 성충의 밀도가 높을 때에는 성충의 수명이 단축되고 산란을 기피하는 경향이 있다고 밝혔으나 본 실험결과 1일 평균 산란수가 1.62개로 낮은 결과를 보였다. 따라서 경제적 소득을 위한 최적의 성충의 밀도 실험이 추가적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다. 또한 Kim et al. (2005)은 사육 환경 요인 중 수분 함량이 온도보다 흰점박이꽃무지 유충의 발육과 성충의 산란에 더 큰 영향을 준다고 하였는데 본 실험에 사용한 버섯 수확 후 배지는 Moon et al. (2012b)이 보고한 것과 같이 수분이 많고 (50~60%) 유기물 함량이 높아 산란 상자 안에 쌓아두면 온도가 높아지고 부패되는 현상이 일어났다. 또한 성충 사육상자는 뚜껑이 닫혀있기 때문에 수분이 정체되어 더운 온도와 만나 내부 습도가 더욱 과습하게 되어 산란을 위한 적정 환경이 조성되지 않은 것으로 판단된다. 또한 성충 사육 중에 사육상자 안의 높은 습도로 인해 설탕응애류(무기문응애류, Acari: Astigmata)가 발생 되었는데 이로 인해 반복간의 오차가 커진 것으로 판단되며 응애류가 성충 산란에 미치는 영향이 있는지 추가 실험이 필요할 것으로 생각된다.

새송이버섯 수확 후 배지를 활용한 흰점박이꽃무지 유충 생산에 대한 경제성 분석

이상의 결과를 종합해 볼 때, 본 연구에서 사용된 사료 중에서는 새송이버섯 수확 후 배지가 흰점박이꽃무지 유충의 사료로 가장 적합할 것으로 판단되었다. 따라서 관행으로 사용되는 참나무 발효톱밥과의 경제성을 비교 분석한 결과는 Table 4와 같다. 새송이버섯 수확 후 배지를 급이하여 흰점박이꽃무지 유충 100 kg을 생산한다고 가정하였을 때, 참나무 톱밥보다 더 자주 급이 해주어야 하기 때문에 노동비용으로 602,400원이 더 부

담되지만 참나무 발효톱밥을 급이하였을 때 보다 생체 무게가 24% 증가하여 480,000원이 증가하고 먹이원 비용이 700,000원 감소될 것으로 추정된다. 이를 종합해 보면 참나무 발효톱밥 대신 새송이버섯 수확 후 배지를 급이하여 흰점박이꽃무지 유충 100 kg을 생산할 때 667,960원의 소득 증가가 있을 것으로 추정된다.

Literature Cited

- Adamovic, M., Grubi, G., Milenkovic, I., Jovanovi, R., Proti, R., Sretenovi, L. Stoievi, L., 1998. The biodegradation of wheat straw by *Pleurotus ostreatus* mushrooms and its use in cattle feeding. *Anim. Feed Sci. Technol.* 71, 357-362.
- Anonymous, 2002. Donguibogam Vol. I. Humanist Publ. Co., 1992 pp. Translated into Korean by Institute of Oriental Medicine & Science from Her, J. 1610. Donguibogam (Principles and Practice of Eastern Medicine).
- Anonymous, 2017. The management status of white-spotted flower chafer. Technical information of farming. Gyeongsangnam-do ARES, 1-3.
- Bae, J.S., Kim, Y.I., Jung, S.H., Oh, Y.G. Kwak, W.S., 2006. Evaluation on feed-nutritional value of spent mushroom (*Pleurotus osteratus*, *Pleurotus eryngii*, *Flammulina velutipes*) substrates as a roughage source for ruminants. *J. Anim. Sci. Technol.* 48, 237-246.
- Caswell, L.E., 1990. Fungal additives. *Feed Manage.* 41, 9-13.
- Cheong, J. C., Lee, C. J., Suh, J. S., Moon, Y. H., 2012. Comparison of physico-chemical and nutritional characteristics of pre-inoculation and post-harvest *Flammulina velutipes* media. *J. Mushroom Sci. Prod.* 10, 174-178.
- Cho, D.H., Cho, Y.M. Lee, J.I., 2003. Fruitbody formation of *Cordyceps militaris* in *Allomyrina dichotoma* Linnaeus. *Korean J. Plant Res.* 16, 1-7.
- Cho, P.S., 1969. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea, Vol. 10. Insecta (2). Samhwa Publ. Seoul, Korea, pp. 686- 693.
- Hwang, S.Y., Lee, Y.G., Hwang, S.G., Lim, H.B., Kim, Y.I.,

Table 4. The economic analysis of a P-SMS diet for the larvae of *Protaetia brevitarsis seulensis* (Unit: Won)

Diet	Labor cost	Price of 100 kg larvae produced	Price of diet	Benefit
FOS (A)	90,360	2,000,000	900,000	1,009,640
P-SMS (B)	602,400	2,480,000	200,000	1,667,600
Difference	-512,040	480,000	700,000	667,960

The costs were calculated as follows;
 Labor cost (FOS): 4 hours × 3 times × 7,530 Won
 Labor cost (P-SMS): 4 hours × 20 times × 7,530 Won
 Price of larvae produced (FOS): 100 kg × 20,000 Won
 Price of larvae produced (P-SMS): 100 kg × 124% × 20,000 Won
 Diet price (FOS (40 L/bag)): 9,000 Won × 100 bags
 Diet price (P-SMS (40 L/bag)): 2,000 Won × 100 bags

- Jang, K.H., Jeon, B.H., Lee, D.W., Lee, H.C., 2001. Subchronic toxicity of *Protaetia brevitarsis* in rats. Korean J. Ori. Med. Physiol. Pathol. 15, 703-707.
- Joost, V.I., Arnold van H., 2012. Environmental manipulation for edible insect procurement, a historical perspective. J. Ethnobiol. Ethnomed. 8, 3-10.
- Kan F., Sun J., Tian L., 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, I.J., Chung, C.K., Kim, S.J., Nam, S.M., Oh, S.H., 2001. Effects of *Protaetia orientalis* (Gory et Perchlon) larva on the lipid metabolism in carbon tetrachloride administered rats. Korean J. Electron Microsc. 31, 1-9.
- Kang, I.J., Kim, H.K., Chung, C.K., Kim, S.J., Oh, S.H., 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, S.J., Park, C.W., Han, S.C., Yi, Y.K., 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. Korean J. Appl. Entomol. 44, 189-197.
- Kim, H.G., 2005. Bionomical characteristics of *Protaetia brevitarsis* and *Allomyrina dichotoma*. Depart. Biol. Graduate School Jeonju Univ.
- Kim, H.G., Kang, K.H., 2005. Bionomical characteristic of *Protaetia brevitarsis*. Korean J. Appl. Entomol. 44, 139-144.
- Kim, H.G., Kang, K.H., 2006. Imago's flight and larval activities of *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera: Scarabaeidia) and *Allomyrina dichotoma* (Coleoptera: Dynastinae). Korean J. Appl. Entomol. 45, 139-143.
- Kim, H.G., Kang, K.H., Hwang, C.Y., 2005. Effect of some environmental factors on oviposition and developmental characteristic of *Protaetia brevitarsis* and *Allomyrina dichotoma*. Korean J. Appl. Entomol. 44, 283-286.
- Kim, S.Y., Chung, T.H., Kim, S.H., Song, S.H., Kim, N.J., 2014. Recycling agricultural wastes as feed for mealworm (*Tenebrio molitor*). Korean J. Appl. Entomol. 53, 367-373.
- Kim, Y.I., Bae, J.S., Jung, S.H., Ahn, M.H., Kwak, W.S., 2007. Yield and physicochemical characteristics of spent mushroom (*Pleurotus eryngii*, *Pleurotus osteratus* and *Ammulina velutipes*) substrates according to mushroom species and cultivation types. J. Anim. Sci. Technol. 49, 79-88.
- Koo, J.W., 2006. Adult disease and exercise. Industrial Health 214, 47-50.
- Lee, D.B., Kim, Y.H., Yoon, H.B., Kim, M.S., Kang, S.S., Lee, Y.J., Gong, M.S., Jang, Y.S., Jeong, K.H., Cho, H.R., Sho, G.H., Jeong, G.B., Gwon, S.I., Hong, S.C., Kim, M.K., Chae, M.J., Yoon, S.G., Kim, W.I., Kim, J.Y., Choi, D.Y., Gwak, J.H., Park, S.S., 2013. Integrated laboratory analysis manual. Gwangmyeongdang Publ., pp. 58-82.
- Lee, H.C., Hwang, S.G., Kang, Y.K., Sohn, H.O., Moon, J.Y., Lim, H.B., Jeon, B.H., Lee, D.W., 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, S.Y., Moon, H.J., Kurata, S., Kurama, T., Natori, S., Lee, B.L., 1994. Purification and molecular cloning of cDNA for an inducible antibacterial protein of larvae of a coleopteran insect, *Holotrichia diomphalia*. J. Biochem. 115, 82-86.
- Lee, S.Y., Moon, H.J., Kurata, S., Natori, S., Lee, B.L., 1995. Purification and cDNA cloning of antifungal protein from the hemolymph of *Holotrichia diomphalia* larvae. J. Biol. Pharm. Bull. 18, 1049-1052.
- Moon, Y.H., Lee, S.S., Cho, Y.U., Cho, S.J., 2012b. Effect of microbes and formic acid on storage of spent mushroom (*Flammulina velutipes*) substrates. J. Mushroom Sci. Prod. 10, 244-248.
- Moon, Y.H., Shin, P.G., Cho, S.J., 2012a. Feeding value of spent mushroom (*Pleurotus eryngii*) substrate. J. Mushroom Sci. Prod. 10, 236-243.
- Noh, C.W., Jeon, S.G., Son, D., Cho, Y.S., Lee, B.J., 2015. Changes of nutritive component with before processing feeding type for larva of *Protaetia brevitarsis*. J. Korean Soc. Int. Agric. 27, 675-681.
- Park, C.G., Kim, D.H., 1999. Effects of some insect growth regulators on adult and egg viability of the house fly, *Musca domestica* L. applied via larval medium. Korean J. Pesti. Sci. 3, 78-83.
- Park, H.Y., Park, S.S., Oh, H.W., Kim, J.I., 1994. General characteristics of the white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis* reared in the laboratory. Korean J. Entomol. 24, 1-5.
- Park, J.H., Kim, S.Y., Kang, M.G., Yoon, M.S., Lee, Y.I., Park, E.J., 2012a. Antioxidant activity and safety evaluation of juice containing *Protaetia brevitarsis*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41, 41-48.
- Park, Y.K., Choi, Y.C., Lee, Y.B., Lee, S.H., Lee, J.S., Kang, S.H., 2012b. Fecundity, life span, developmental periods and pupal weight of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Seric. Entomol. Sci. 50, 126-132.
- Song, M.H., Han, M.H., Lee, S.H., Kim, E.S., Park, K.H., Kim, W.T., Choi, J.Y., 2017. Growth performance and nutrient composition in the white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera: Scarabaeidae) fed agricultural by-product, soybean curd cake. J. Life Sci. 27, 1185-1190.
- Suo, Z., Bai, M., Li, S., Yang, H.D., Li, T., Ma, D., 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.
- Williams, B.C., McMullan, J.T., McCahey, S., 2001. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. Bioresour. Technol. 79, 227-230.

Yoo, Y.C., Shin, B.H., Hong, J.H., Lee, J., Chee, H.Y., Song, K.S., Lee, K.B., 2007. Isolation of fatty acids with anticancer activity from *Protaetia brevitarsis* larva. Arch. Pharm. Res. 30, 361-365.

Yoon, C.H., Lee, B.J., Son, D., Jeon, S.H., Cho, Y.S., 2016b. Effects of supplementary feeding management on developmental characteristics of larva *Protaetia brevitarsis*. J. Korean Soc. Int.

Agric. 28, 414-419.

Yoon, C.H., Song, H.S., Lee, B.J., Son, D., Jeon, S.H., Cho, Y.S., 2016a. Effects of feeds on larval development of white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis seulensis*. J. Korean Soc. Int. Agric. 28, 541-546.