

농업부산물을 활용한 식용곤충 사료화 연구

- 버섯 배지, 감껍질 중심으로 -

박근식* / 청도곤충나라 대표

박장우 / 의령곤충생태학습관 관장

서론

비만, 고혈압, 당뇨, 고지혈증과 같은 성인병의 발생 증가와 소득 수준의 향상으로 이를 보완할 건강보조식품에 관한 관심이 커지고 있는데, 그중 하나로 곤충에 연구가 이루어지고 있다.

현재 우리나라에서는 흰점박이꽃무지 유충을 비롯한 10여 가지 식용곤충이 일반 식품으로 등록되어 있다. 식품원료로 인증받은 흰점박이꽃무지는 저지방 고단백의 영양 성분을 포함하고 있으나 식용자원으로 활용 시 불쾌한 맛과 냄새 등으로 인해 연구개발이 미흡하고 약용자원으로 사용되고 있다. 동의보감에는 어혈(혈전, 죽어서 뭉친 피)을 풀어주고 뼈와 피부염증 및 각종 눈 질환에 효과가 있다고 하였고, 현대에서는 흰점박이꽃무지 유충에서 분리한 인돌알칼로이드(indole alkaloid) 성분이 혈관 내 혈전을 제거하는데 탁월한 효과가 있다는 것이 동물실험에서 밝혀졌으며, 간에 좋다는 다수의 논문이 발표되었다.

이렇듯 흰점박이꽃무지 유충은 간 질환과 혈관계 질환에 약효 덕분에 시장에서 높은 가격으로 판매되고 있고<표 1>, 국내 곤충 생산 농가의 42.5%(1,208개소)가

* **박근식**(gunsikfc@naver.com): 2016년 경상북도 청도군으로 귀농하여 흰점박이꽃무지(금벥이) 사육을 시작하였고, 곤충과 관련한 다양한 활동(생산, 가공, 판매, 체험, 교육)을 하고 있다.

흰점박이꽃무지를 사육하고 있으며 판매액은 166억 원에 이른다(농림축산식품부, 2022).

〈표 1〉 식용곤충 판매가 현황(2022.11.04. 경북 고향장터 사이소 기준)

(단위: 200g 환/원)

곤충 종류	흰점박이꽃무지	고소애	귀뚜라미
판매가격	116,000	16,000	48,000

그러나 사육의 핵심인 ‘먹이’에 대한 연구는 미비하다. 흰점박이꽃무지의 먹이원인 참나무 발효 톱밥은 농가에서 직접 발효 시 위생적인 환경에서 농장주가 발효 전 과정을 관리하여 고운 입자를 만들 수 있고 작업성과 안전성 측면의 장점이 있다. 반면 높은 비용²⁾이 발생하고, 2개월 이상의 가공시간, 고강도의 노동력이 필요하다. 또한, 지속적인 참나무 톱밥 사용으로 인한 삼림 훼손, 일부 저가 미검증 목재 부산물의 사료화로 인한 중금속 검출의 우려 등 식품의 원료로 이용할 때 문제가 되고 있다(이슬비 등, 2018).

본 연구에서는 농촌 지역에서 발생하는 버섯 수확 후 배지와 감 가공 후 발생하는 농업부산물인 감 껍질에 주목하였다. 버섯 수확 후 배지는 공급자 측면에서는 제때 처리되지 않으면 환경오염을 일으킬 수 있는 농업부산물이고, 수요자 측면에서는 수급이 불안정하고 가격이 비싼 참나무 발효 톱밥을 대체할 저비용 고효율 먹이원으로 주목받고 있다. 감 껍질은 단백질, 지방을 포함하여 각종 비타민, 식이섬유 등 우수한 영양소를 가지고 있어 영양제 부산물으로써 굼벵이의 발육 및 성장, 영양 성분에도 효과가 있을 것으로 판단했다(표 2).

따라서 버섯 수확 후 배지와 감 껍질의 사료화 가능성 검증을 통해 친환경 순환 농업의 실천 및 농업부산물 활용 방법과 기능성 및 품질향상 방안을 모색하고자 하였다.

2) 한 포대(40ℓ) 기준: 참나무 톱밥 5,000원+운송비+부첨가재(발효)=7,000~8,000원 정도 발생한다.

〈표 2〉 감 껍질 성분

항목	성분량	항목	성분량
건물량(Dry matter)	82.93%	비타민 A	42.25mg/100g
수분(Moisture)	17.07%	비타민 C	46.35mg/100g
조단백(Crude protein)	4.61%	칼슘(Ca)	0.01%
조지방(Crude fat)	1.38%	마그네슘(Mg)	0.05%
조섬유(Crude fiber)	9.21%	칼륨(K)	1.27%
조회분(Crude ash)	3.43%	나트륨(Na)	0.03%
산성 세제 불용성 섬유(ADF)	14.52%	인(P)	0.09%
중성 세제 불용성 섬유(NDF)	27.34%		
총 페놀성 화합물(Total phenolic compounds)			68.45%
단당류 화합물(Saccharide compounds)			44.07mg/100g

자료: 김준봉(2016)

재료 및 연구방법

1. 실험 재료

가. 흰점박이꽃무지

1) 특성

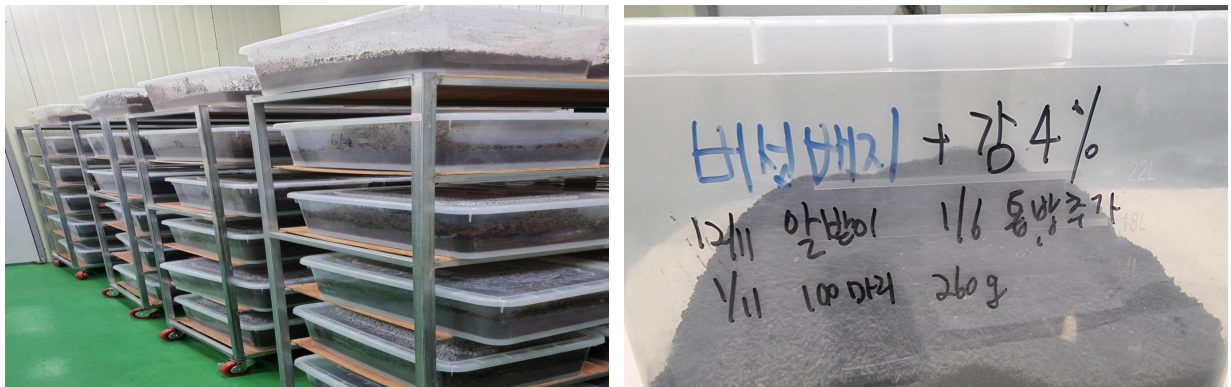
흰점박이꽃무지는 딱정벌레목(Coleoptera) 꽃무지과(Cetoniidae) 점박이꽃무지속(Protaetia)으로 분류된다. 전체 길이가 약 17~24mm 정도의 식식성 곤충³⁾으로 한국, 일본, 대만, 중국 및 유럽에 분포하고 있다. 알은 썩은 나무에 낳고, 애벌레는 썩은 나무를 파먹고 성충이 되기까지 1~2년이 소요된다. 성충은 7월 상순부터 출현하여 8월 상순인 한여름에 가장 많이 활동한다. 유충(굵뽕이)은 미생물에 의해 발

3) 식물질을 먹이로 하여 영양을 섭취하는 곤충이다.

효된 참나무 톱밥과 같은 부엽토 속에서 서식하고 10월 하순에 3령 유충 상태로 월동에 들어가며, 약용으로 사용된다.

2) 공시충⁴⁾ 사육

본 실험의 공시충인 흰점박이꽃무지 성충은 전남 '월출산 굽벙이 농장'에서 구매하여, 33ℓ 리빙박스에 암 20마리, 수 15마리를 입식하여 산란한 알을 채취했다. 사육은 실내온도 25℃ 내외, 톱밥습도 50~60%, 광주조건 16시간(주간):8시간(야간)으로 사육하였다.



[그림 1] 사육장 내부와 리빙박스

나. 버섯 배지

기존의 사료는 직접 참나무 톱밥을 발효시켜 사용하는데, 쌀겨와 참나무 톱밥을 1:10의 비율로 혼합한 후 미생물제를 첨가한다. 톱밥 발효에는 3개월가량 소요되며 발효 촉진을 위해 주기적으로 교반하는 수고로움이 든다. 반면 버섯 수확 후 배지를 사용하면 톱밥을 부숙시키는 기간이 단축되어 2개월이면 사용할 수 있다.

표고버섯 배지는 경상북도 청도군과 상주시에서, 느타리버섯 배지는 입병과 균상 두 가지 재배방법을 수거해 영양분 검사 및 중금속 분석을 하여 안전성 검사를 거쳤다.

4) 실험 재료로 쓰이는 곤충으로 실험 곤충이라고도 한다.



[그림 2] 흰점박이꽃무지 유충 먹이 제조

1) 영양분 성분분석 검사

가축용 사료의 성분은 일반적으로 수분, 조단백질, 조지방, 가용성무질소물, 조회분 및 조섬유로 나타내며, 조단백질, 조지방, 조회분, 조섬유 4가지 성분을 비교·분석하고 있다. 분석은 농림축산식품부 ‘사료 등의 기준 및 규격’ 제13조(사료표준분석방법)에 의거하였다. 이 4가지 성분의 효과는 다음과 같이 알려져 있다.

〈표 3〉 영양분의 효과 및 분석 방법

성분	효과	분석 방법
조섬유	주로 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스의 일부, 리그닌, 펜토산으로 구성되어 있다. 만성 퇴행성 질병이나 대장암의 예방에 효과가 있는 성분으로 알려져 있다.	제1장 일반성분 - 3. 조섬유 - 나. 자동분석법 (여과포 분석법)
조단백질	순수한 단백질과 질소 화합물이 포함된 것으로 필수 아미노산 제공, 세포와 조직, 효소 및 호르몬을 만들어 주고, 소화기관 내에서만 작용하며 음식물 섭취 시 큰 음식물 덩어리를 체내에 흡수될 수 있는 영양소로 분해한다.	제1장 일반성분 - 2. 조단백질 - 나. 자동분석법 (Kjeltec Method)
조지방	단백질 다음으로 많은 에너지를 생산하는 주요에너지원으로 비타민의 흡수, 저장, 운반에 도움을 주며, 신체 온도를 조절하고, 장기, 기관 손상을 치유하며 지방산을 공급하는 데 필요하다.	제1장 일반성분 - 4. 조지방 - 라. 필터백 분석법
조회분	식품을 완전히 태워 남은 재를 말하며 무기질과 성분이 거의 비슷하며 뼈나 이빨 구성, 근육 장기 혈액의 주요성분 역할, 신체기능을 조절하기도 한다.	제1장 일반성분 - 5. 조회분

〈표 4〉 먹이원별 영양 성분 분석 결과(300g 건조물 기준)

(단위: %)

구분	조섬유	조단백질	조지방	조회분
1. 참나무 발효 톱밥	39.14	3.99	0.38	2.93
2. 느타리버섯 수확 후 배지(입병)	18.35	12.66	0.16	3.83
3. 느타리버섯 수확 후 배지(균상)	18.67	3.08	0.33	1.88
4. 표고버섯 수확 후 배지(청도군)	18.53	4.07	0.50	4.20
5. 표고버섯 수확 후 배지(상주군)	16.29	1.67	0.46	3.81

영양학적인 분석 결과로 참나무 발효 톱밥이 조섬유가 가장 많은 것으로 나타났다. 조단백질 부분은 느타리버섯 수확 후 배지(입병)가 타 시료보다 월등히 높은 함량을 보이고, 조지방, 조회분은 표고버섯 수확 후 배지(청도)가 가장 높게 나타나고 있다.

이는 버섯 배지를 만들 때 재료별 구성비와 수확 후 배지 내 버섯 균사의 잔존 여부에 따른 결과치라 여겨진다.

2) 안전성 검사

식품의약품안전처 ‘식품 및 식품첨가물공전’의 식품 일반의 기준 및 규격 중 흰점박이꽃무지 건조물의 중금속 허용기준량을 기준으로 하였다. 중금속 발생은 각 버섯 재배사의 배지 구성물의 상태와 보관상태에 따라 차이가 나는 것으로 보인다.

분석 결과 표고버섯 수확 후 배지만 중금속 허용기준치를 충족시켰다. 상주에서 수거한 표고버섯 배지만 모든 검사결과에서 잔류 중금속 불검출이 되었고, 청도에서 수거한 표고버섯 배지는 납이 기준 범위 내에서 검출되어 표고버섯 수확 후 배지를 실험용 사료로 채택하여 진행하기로 하였다.

〈표 5〉 흰점박이꽃무지 유충 건조물 잔류 중금속 함유량

(단위: mg/kg)

구분	납 (0.3 이하)	카드뮴 (0.1 이하)	비소 (0.1 이하)
1. 참나무 발효 톱밥	0.36	불검출	불검출
2. 느타리버섯 수확 후 배지(입병)	0.59	0.24	불검출
3. 느타리버섯 수확 후 배지(균상)	1.42	불검출	불검출
4. 표고버섯 수확 후 배지(청도)	0.23	불검출	불검출
5. 표고버섯 수확 후 배지(상주)	불검출	불검출	불검출

다. 감 부산물

감말랭이를 주요 생산품으로 하는 청도지역에서 감 껍질을 수거하고, 기존 굼벵이 먹이원에 투입하였다. 감 껍질을 참나무 발효 톱밥에 이용하기 위해 3가지 방법을 시도하였다.

- ① 감 껍질을 건조해 가루로 만들어 투입
- ② 항아리에서 감 껍질을 설탕과 버무려 감 성분 추출(청)
- ③ 발효 용기에서 감 껍질을 발효시켜 발효액으로 투입

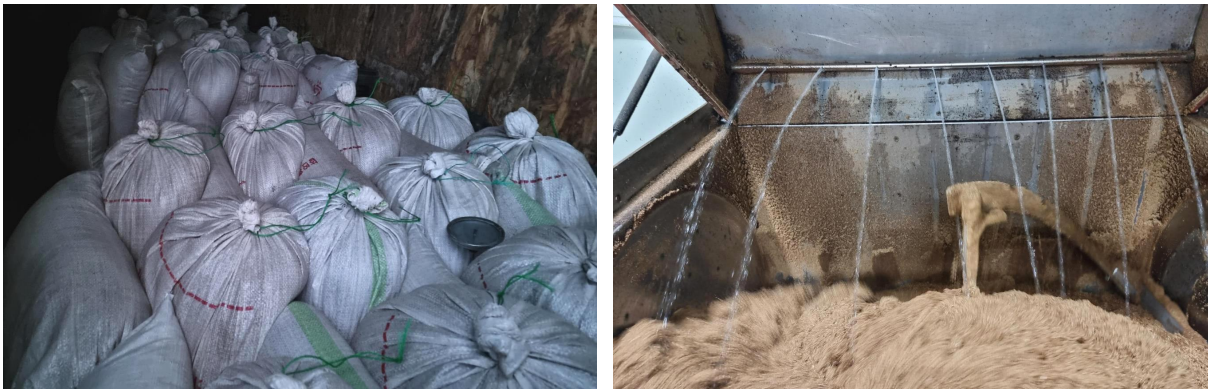
〈표 6〉 감 부산물 이용 방법에 따른 분석

형태	주요 특성	제조방법
가루	1. 무게 및 부피 가벼움 2. 건조 시 기간 많이 소요 3. 분쇄과정 필요	감 껍질 건조기에서 건조 후 분쇄
추출액(청)	1. 전통적인 추출방법 2. 추출액체량 부족 3. 건더기 분해 안 됨	감 껍질:설탕을 1:1 비율로 항아리 서 숙성
발효액	1. 발효 용기에서 발효 2. 용기별 추출액 관리 용이	감 껍질 1kg, 생수 4L, 설탕 1.2kg

감 성분의 추출과 이의 먹이원에 급이 방법을 비교한 결과, 청으로 만드는 방법은 추출액 부족과 덩어리로 형성되어 작업성이 떨어지는바, 실증 실험에서 제외하고 가루와 발효액 방식을 적용하기로 하였다.

라. 대조군과 실험군 먹이 제조

사료 발효는 흰점박이꽃무지 사육 농가에서 주로 사용하는 EM 균을 활용하여 발효시켰다. 참나무 발효 톱밥에 부재료를 첨가하면 일반적으로 무게 대비 약 2%~4% 정도 첨가함에 따라 실험군에는 감 껍질 가루 4%, 감 껍질 발효액은 20%⁵⁾를 넣었다.



[그림 3] 발효 톱밥 제조

2. 연구방법

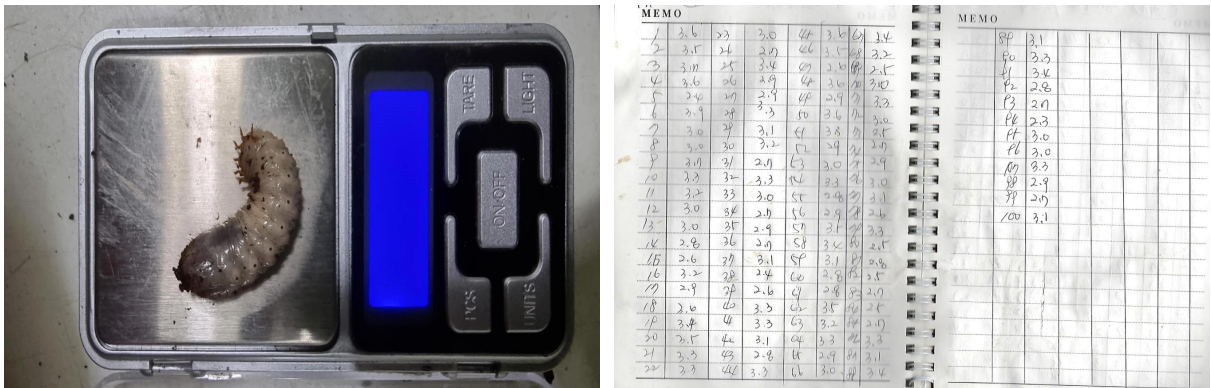
흰점박이꽃무지 사육방법, 사육시설기준 등은 농촌진흥청 ‘식용곤충 메뉴개발 및 사육기술 표준화(2016)’를 참고하였다. 영양분 분석을 위해 감 가루와 발효액을 첨가한 참나무 톱밥 그리고 성장과 영양분 분석을 위해 버섯 수확 후 배지를 비교하였다. 수분은 주먹으로 쥐었을 때 형상이 잡히는 정도로(60%) 가수처리 하였다.

5) 감 발효액은 용기당 4L로 작업 편의상 톱밥 20kg 한 포대를 급이할 때 물과 첨가했다.

- ① 참나무 발효 톱밥(대조군)
- ② 참나무 발효 톱밥+감 가루 4%,
- ③ 참나무 발효 톱밥+감 발효액 20%
- ④ 버섯 수확 후 배지+감 가루 4%,

4가지 먹이에 성충 35마리(암 20, 수 15)를 투입하였다. 채란일⁶⁾ 경과 후 목측⁷⁾으로 상위 100마리 선별하여, 10일 단위로 평균 무게 변화를 측정하였다.

아울러 건조 전에는 이취감을 줄이기 위해 61일 경과한 유충에 찹쌀가루를 2일간 급이 후 하루 절식시켜 잔변을 밀어내어 세척시켰다. 건조는 회전식 열풍건조기에 60℃, 20시간 가동하였으며, 경북바이오산업연구원에 영양성분 분석 의뢰하였다



[그림 4] 유충 무게측정과 기록지



[그림 5] 유충 절식과 회전식 건조기

6) 초기 유충 상태에서는 무게측정이 어려워 일정 기간 이후(30일) 시점부터 성장 변화를 검토하여 체중 증가를 체크하였다.

7) 눈대중, 계기로 관측하지 않고 관측자가 직접 눈으로 보고 관측하는 것을 말한다.

결과 및 고찰

1. 먹이원에 따른 흰점박이꽃무지 유충의 무게 변화

알받이 후 30일 경과 시점에서 비교했을 때, 감 껍질을 추가한 실험군의 유충 성장이 대조군보다 빠른 것으로 나타났으며, 특히 표고버섯 수확 후 배지를 급여한 실험군이 타 군보다 압도적으로 무게가 높게 나타났다. 버섯 수확 후 배지군의 경우 41일 차 평균 무게가 참나무 톱밥 61일 차의 무게 3.19g을 초과하는 3.27g으로, 일반적으로 유충의 무게가 3g 내외로 제품화되는 것을 감안하면 적어도 사육 기간을 10일~20일 정도 단축할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 기간 단축에 의한 비용 감소 및 생산성 향상에 따라 원가 절감 효과를 기대할 수 있다.

또한, 참나무 발효 톱밥을 버섯 수확 후 배지로 변경하면서 원료 구매비용의 차액만큼 비용을 절감할 수 있다⁸⁾.

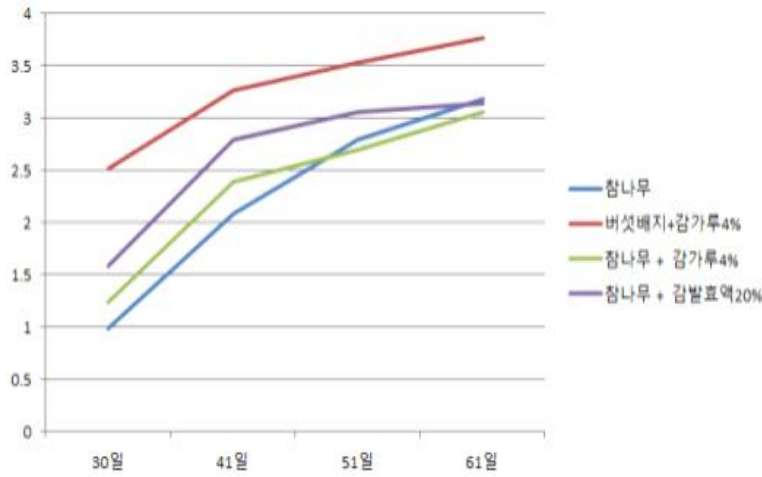
〈표 7〉 먹이원별 흰점박이꽃무지 유충의 무게 변화

(단위: g)

경과일수	30일	41일	51일	61일
참나무 발효 톱밥 100%	0.98	2.09	2.79	3.19
참나무 발효 톱밥 + 감 가루 4%	1.24	2.39	2.70	3.06
참나무 발효 톱밥 + 감 발효액(20%)	1.58	2.80	3.06	3.14
표고버섯 수확 후 배지 + 감 가루 4%	2.52	3.27	3.53	3.77

참나무 발효 톱밥과 감 부산물 첨가군 과의 비교를 보면 초기 성장에는 유리하나 61일 지난 시점에는 큰 효과가 없는 것으로 나타났다[그림 6].

8) 40ℓ 한 포대 기준, 참나무 톱밥(7,500원)-버섯 수확 후 배지(2,000원)=5,500원의 비용이 절감된다.



[그림 6] 먹이원별 흰점박이꽃무지 유충의 초기성장 비교

2. 먹이원에 따른 흰점박이꽃무지 유충의 영양분 분석

버섯농장에서 발생하는 수확 후 배지는 버섯 균사체의 영양이 그대로 존재하고 있어 굼벵이의 먹이원으로써 가능성이 나타났고, 새로운 영양원첨가에 따라 굼벵이 성장, 영양분의 변화가 있을 것으로 전제한 가설에 근접하는 결과치가 나타났다.

참나무 발효 톱밥만 급여한 대조군과 비교했을 때, 단백질과 지방 비율은 높고, 탄수화물 비율은 낮았다. 감 성분을 투입한 실험군은 단백질 함량이 53~54%, 지방 함량이 22~23% 분포를 보이는 바는 감 부산물의 영향으로 판단한다. 향후 유충 사육 시 적절한 감 부산물의 사용은 단백질과 지방 함량을 개선하는 효과를 가져올 것으로 예상하며 앞으로 추가적인 연구가 필요하다.

<표 8> 먹이원별 흰점박이꽃무지 유충의 영양분 분석(검체 100g 기준)

(단위: %)

구분	탄수화물	단백질	지방
참나무 발효 톱밥	24.22	50.80	15.30
참나무 발효 톱밥+감 가루 4%	13.42	54.88	23.49
참나무 발효 톱밥+감 발효액 20%	16.32	53.08	22.31
표고버섯 수확 후 배지+감 가루 4%	14.79	53.18	23.37

3. 중금속 분석

검사 시료에선 중금속이 불검출이었으나 급이 시 비소가 초과 검출되었다. 버섯 배지 중금속 문제는 배지 구성물의 상태나 수확 후 배지의 보관상태에 따라 발생할 수 있는바, 더욱 세심한 관리가 필요하다고 판단한다. 또한, 비소는 쌀겨에서 많이 발생하고 있어 첨가물인 미강이 원인일 가능성도 있다.

〈표 9〉 버섯 수확 후 배지 급이 유충 건조물 중금속

(단위: mg/kg)

구분	납(0.3)	카드뮴(0.1)	비소(0.1)
결과치	0.1	불검출	0.2

향후 버섯 수확 후 배지 사용 시 사전에 LOT⁹⁾별 관리 및 검사, 그리고 첨가물의 중금속도 검사하여 중금속 관리에 심혈을 기울여야 할 것으로 판단한다.

결론

흰점박이꽃무지 유충 사육 시 농업부산물인 버섯 수확 후 배지와 감 가공 후 나오는 감 껍질을 이용한 친환경 순환농업의 현장 적용 가능성을 검토한바, 기존 참나무 발효 톱밥 생산으로 인한 삼림자원의 훼손, 높은 비용의 발생, 고강도의 노동력과 장기간 소요 등의 대안으로써 충분히 현장에서 적용 가능한 결과를 보았다.

먼저 흰점박이꽃무지 유충의 성장과 관련해 대조군인 참나무 톱밥 먹이 대비 버섯 수확 후 배지와 감 껍질 가루에서는 사육 기간을 10~20일 정도 단축할 수 있으며, 비용적 면에서도 1포(40ℓ)당 5,500원의 절감 효과를 가져왔다.

품질개선과 영양 측면에서는 감 부산물의 투입으로 단백질과 지방의 함량을 높여주는 긍정적인 효과를 가져왔고, 이의 적정한 사용을 통한 품질개선을 기할 수 있으리라 판단된다. 또한, 찹쌀가루를 2일간 먹여 체내 잔변을 밀어내고 하루 절식한

9) 1회에 생산되는 특정 수의 제품 단위이다.

결과 이취감 감소에 매우 효과적이었다.

앞으로 버섯 생산 농가와 감말랭이 생산업체와의 협업을 통해 농업부산물(버섯 수확 후 배지와 감 껍질)의 위생적인 관리가 이루어진다면, 중금속이나 오염문제를 해결할 수 있고 안정적인 품질 관리가 이루어질 수 있을 것으로 본다. 이는 다른 농업부산물을 이용한 먹이원 제조에도 적용해서 개선해 나갔으면 한다.

이러한 시도가 전국적으로 이루어져 주변의 농업부산물들을 이용한 지역 특화 친환경 순환농업의 실천이 이루어지기를 바라고 비용 절감을 통해 곤충 시장 저변확대에 도움이 되길 바란다.

참고문헌

- 김준봉. 2016. “감 껍질 및 광물질 사료 첨가 급여가 후기 비육돈에 미치는 영향”. 경북대학교 과학기술대학원. 석사학위논문.
- 농촌진흥청. 2016. 『식용곤충 메뉴개발 및 사육기술 표준화』. 농업기술길잡이 208(신간) 문광덕, 김종국, 김준한, 오상룡. 1995. “감과육 및 껍질의 유용성분 및 가공이용에 관한 연구”. 韓國食生活文化學會誌 = Journal of the Korean Society of Food Culture.
- 이슬비, 김종원, 배성문, 황연현, 이흥수, 이병정, 홍광표, 박정규. 2018. “버섯 수확 후 배지의 흰점박이꽃무지의 사료화 연구”. 한국응용곤충학회지.
- 조월순, 남병혁, 오수정, 최유진, 강은영, 홍숙희, 정민호. 2008. “곰팡이 유래 밀리타리스 동충하초 열수추출물의 간기능개선 효과 및 단회독성 평가”. 한국식품과학회지.
- Akter, Mst. Sorifa.. 2010. “잠재적인 기능적 식품 소재로서의 감 부산물의 가공 특성”. 전남대학교 대학원. 박사학위논문.