

물고기 사료로서 동애등에의 영양학적 가치

박관호¹ · 최영철¹ · 남성희¹ · 김성현¹ · 김신영¹ · 마영주¹ · 노시갑^{2*}
¹농촌진흥청 국립농업과학원, ²경북대학교 농업생명과학대학

Nutritional value of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) as a feed supplement for fish

Kwanho Park¹, Youngcheol Choi¹, Sunghee Nam¹, Sunghyun Kim¹, Sinyoung Kim¹, Youngjoo Ma¹ and Sikab No^{2*}

¹National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-853, Republic of Korea

²College of Agriculture and Life science, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Republic of Korea

(Received September 10, 2013, Accepted October 29, 2013)

ABSTRACT

The experiment was conducted to determine the value of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and pupae as feed supplements for fresh-water fish (*Carassius auratus*). Black soldier fly larvae grown on food waste were fed to fresh-water fish, live larvae alone, dried larvae, dried pupae and combination with commercial fish diet. A 16-week feed trial was conducted to determine whether black soldier fly larvae could be used as a feed supplement in fresh-water fish. The growth performance indicated that fish fed the live larvae ranked consistently higher, and in combination with commercial fish diet and dried larvae and pupae were next higher. The finding of this study suggest that black soldier fly larvae and pupae may be valuable feedstuff in commercial fish production.

Key words : Black soldier fly(bsf), *Hermetia illucens*, Feed supplement

서 론

어류의 소비량은 식생활의 큰 변화가 없는 한 소비와 생산은 앞으로 계속 증가할 것이다. 물고기의 생산에 이용되는 사료는 생산자와 시장의 요구에 따라서 인간의 건강에 피해가 없고 기존의 생물공학적인 사료를 대체하는 방향으로 흘러갈 것이다. 또한, 지속가능한 생태계를 위하여 고갈되거나 피해를 입히지 않는 자연 순환적인 방향으로 물고기 사료의 생산과 이용이 이루어질 것이다. 자연에서 곤충의 유충, 번데기 및 성충은 야생조류와 작은 동물, 물고기 등의 먹이로 이용되고 있다. Nakagaki는 양계사료 원료의 대안으로서 곤충의 가능성을 보여주었고(Nakagaki et al. 1987), Despines and Axtell는 외비거저리(*Alphitobius diaperinus*)의 유충을 칠면조의 사료로 성공적으로 먹였다(Despines and Axtell 1995). 일본과 중국에

서는 누에 번데기가 잉어 사료의 중요한 성분으로 이용되고 있으며(Hickling 1962), 파리의 번데기를 메기의 사료로 이용하여 만족할 만한 결과를 얻었다(Loyacano 1974). 파리 유충은 arginine, methionine, lysine 등과 같은 필수 아미노산의 좋은 공급원으로 알려져 있는데 이러한 아미노산 함량은 대두박보다 높고 어분과 같은 수준이다(Teotia and Miller 1974). 따라서 동애등에도 물고기 사료의 단백질 공급원으로써 충분한 가능성이 있다고 본다. 동애등에의 잠재적 가치에 대한 광범위한 연구가 축산분뇨와 음식물쓰레기 처리에서 이루어지고 있다(Sheppard et al. 1994, 1998, Newton et al. 2005, Kim et al. 2008). 동애등에 노숙유충은 약 40%의 단백질과 30%의 지방으로 되어 있어(Sheppard et al. 1994, 1998, Newton et al. 2005) 물고기를 포함한 동물의 먹이로 충분한 가치가 있다. 이 실험에서 사용되어진 동애등에는 다양한 음식물쓰레기를 이용하여 사육하였다.

*Corresponding author. E-mail: nohsk@knu.ac.kr

이에 본 연구는 붕어를 이용하여 음식물쓰레기 처리 후 생성되는 부산물인 동애등에 유충과 번데기의 사료영양학적 가치를 평가하였다. 또한 이 결과를 기초로 하여 다양한 어류에 사료로서의 이용 가능성을 모색하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 실험 어류 및 사육장치

시험에 사용한 붕어(*Carassius auratus*)는 개인 양어장에서 부화시켜 사육한 치어를 구입하여 2주간은 실험수조에서 예비 사육한 후 무작위 표본으로 선정하였다. 실험어 한마리의 평균길이(mm)는 45.45 ± 0.47 이며, 열 마리 무게(g)는 12.07 ± 0.7 으로 사각수조(가로 45 cm, 세로 25 cm, 높이 30 cm)에 처리 당 3번씩 각각 10마리씩 수용하여 약 16주간 사육실험 하였다. 각 수조에 에어스톤을 설치하여 산소를 보충하고 사료는 1일 1회(10:00) 반복하여 공급하였다. 실험기간 중 사육실 온도는 25~28°C로 유지하였다. 실험어는 매주 2회(수요일, 토요일) 각 수조에 수용된 실험어 전체무게와 각각의 실험어의 길이를 측정하였다.

2. 실험사료

실험구별로 사료의 조성을 달리하기 위하여 시판중인 양어사료에 동애등에 건조유충 및 건조 번데기를 분쇄하여 첨가하였다. 실험에 사용된 동애등에는 음식물쓰레기를 27°C에서 주 3회 공급하여 사육을 하였으며 수거한 유충 및 번데기는 동결건조 후 농업실용화재단(<http://www.fact.or.kr>)에 의뢰하여 일반성분, 총 아미노산, 지방산 등을 분석(Table 1, 2, 3)하였다. 실험 사료는 전체 실험구의 성장 비교를 위하여 시판되는 양어사료(제일사료(주))를 대조구(No. 1)로 하였으며 양어사료의 50%를 건조유충과 건조 번데기로 대체하였다(No. 2, 3). 또한, 양어사료를 사용하지 않고 건조유충과 건조번데기를 각각 50% 혼합한 사료, 건조유충과 번데기만 각각 공급한 사료, 살아있는 유충만 공급한 사료(No. 4~7)를 제조하여 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 사료원료의 일반성분 및 아미노산 분석

실험사료로 사용된 동애등에의 건조유충 및 건조번데기의 성분분석 결과는 Table 1과 같다. 건조유충의 성분에서 조단백질 함량은 43.1%, 조지방은 27.7%이며, 건조 번데기의 조단백질 함량은 44.3%, 조지방은 32.1%로 나타났다. 이는 대조구로 사용된 양어사료의 조단백질 함량(35%)과 조지방 함량(6%) 보다 높은 수준이다. 집파리 유충의 조단백질 함량은 38.9%(Ogunji et al. 2006)이고 축

Table 1. Proximate compositions of the protein feedstuffs evaluated in this study. All percentages are reported on a dry-matter basis.

Compositions(%)	Black soldier fly	
	Larvae	Pupae
Crude protein	43.16	44.36
Crude lipid	27.75	32.12
Crude fiber	7.47	7.62
Crude ash	9.41	7.63
Calcium	2.88	2.68
Phosphorus	0.81	0.62

분으로 사육한 동애등에 노숙유충의 조단백질 함량은 약 40%(Sheppard et al. 1994, 1998, Newton et al. 2005)로 실험에서 음식물쓰레기를 동애등에의 먹이로 사용한 유충과 번데기의 조단백질 함량이 조금 높게 나왔다. 한편, 일반적인 단백질 공급원으로 사용되는 대두박의 조단백질 함량(48%) 및 어분의 조단백질 함량(50~55%)과 비교해서 조금 낮은 수준의 조단백질을 함유하고 있다(Hena et al. 2008). 동애등에 유충에 포함되어 있는 조지방의 함량이 물고기 사료에 함유된 지방 무기물 성분 중 칼슘은 2.6% 이상으로 양식사료(1.8%)보다 높은 함량을 보였으나, 인은 1% 이하로 양식사료(1.8%)보다 낮은 함량을 보였다. 또한, 분석결과에서 조회분의 함량은 유충과 번데기 각각 9.4%, 7.6%가 검출되었다.

동애등에의 건조유충 및 건조번데기의 아미노산 조성 분석 결과(Table 2), glutamic acid의 함량이 각각 5.85%, 5.01%로 가장 높았으며, 다음으로 aspartic acid의 함량이 높았다. 사료단백질의 아미노산 중 aspartic acid와 glutamic acid는 어육의 축적단백질로서, 어육단백질의 아미노산 조성에 영향을 미칠 것으로 판단된다(Choi et al. 1985). 사료를 통해 공급이 되는 aspartic acid와 glutamic acid는 사료섭취, 성장 및 사료효율을 촉진시키는 작용을 할 것으로 사료된다. 지방산 분석결과(Table 3)에서 불포화 지방산의 함량이 상대적으로 높아 어류의 필수 지방산 공급원으로 좋은 원료로서 사용 가능할 것으로 보인다. 여러 연구에서 집파리와 동애등에의 성분함량이 조금씩 차이가 나게 보고되고 있는데 이는 유충의 먹이와 사육하는 방법 및 분석방법에서 기인하는 것으로 보인다. 사료로 사용하기 위한 항생제 잔류 검사 및 농약잔류검사 등에서도 불검출로 나왔으므로(Data not shown), 천연 사료첨가제로 적용이 가능할 것으로 본다. 동애등에 유충과 번데기는 양식어 사료의 단백질 공급원으로 충분한 가능성이 있는 것으로 보이며 상업적으로 사용하기 위해서는 사료제조 기술과 대량생산 기술이 요구된다.

Table 2. Amino acid compositions of black soldier fly larvae and pupae. All percentages are reported on a dry-matter basis

Compositions(%)	Black soldier fly	
	Larvae	Pupae
Alanine	2.78	2.56
Arginine	2.28	2.14
Aspartic acid	3.98	4.29
Cysteine	0.43	0.31
Glutamic acid	5.85	5.01
Glycine	2.22	2.51
Histidine	1.39	1.48
Isoleucine	2.12	2.30
Leucine	3.10	3.37
Lysine	2.81	2.78
Methionine	0.60	0.71
Phenylalanine	1.73	1.95
Proline	2.39	2.45
Serine	1.96	1.95
Threonine	1.76	1.83
Tyrosine	2.63	3.07
Valine	2.40	2.55
Total	40.50	41.30

Table 3. Fatty acid compositions of black soldier fly larvae and pupae. All percentages are reported on a dry-matter basis

Compositions(%)	Black soldier fly	
	Larvae	Pupae
Saturated fatty acid	40.26	40.91
Unsaturated fatty acid	59.74	59.09
Total	100	100

2. 사육실험 결과

어분은 어류의 양식에 필요한 단백질과 지방산 등 영양 성분을 다양하게 함유하고 있어 양어사료에 많이 사용되고 있으나 매년 어분의 수요증가와 가격상승으로 인하여 많은 나라에서 대체단백질원을 개발하기 위해 노력하고 있다. 어류 사료의 단백질원으로 곤충을 사용하려는 연구는 이전부터 활발하게 이루어져 왔고, 특히 동애등에를 상업적 목적으로 양식을 하는 어류에 적용시키려는 연구는 1960년대 후반부터 지금까지 지속되고 있다(Stone et al. 1969, Newton et al. 1977, Bondari and Sheppard 1981). 살아있는 유충(사료 7번)과 건조된 동애등에 유충 및 번데기를 각각 양어사료에 50%를 혼합 첨가한 사료(사료 2번, 사료 3번)를 약 16주간 공급하면서 사육하였다. 주 2회 사육일수에 따른 어체의 증체율 및 길이에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 1, 2에서 나타난 바와 같다. 10

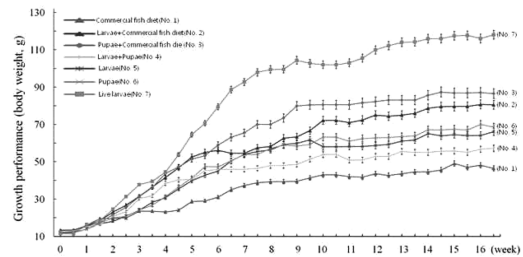


Fig. 1. Growth performance (body weight) of fish fed control diet containing commercial diet and experiment diets containing black soldier fly.

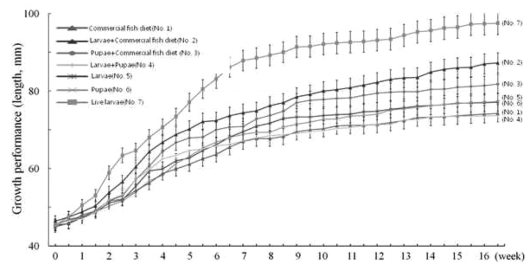


Fig. 2. Growth performance (length) of fish fed control diet containing commercial diet and experiment diets containing black soldier fly.

마리에 12 g 가량의 치어로 사육을 시작한 실험에서 살아 있는 유충(사료 7번)의 공급구는 118 g 까지 성장하여 가장 우수하였고, 실험 사료 중에서 건조 번데기와 유충의 함량이 50%인 사료 2, 3번에서는 각각 86.5 g, 80.5g으로 성장하였다(Fig. 1). 그렇지만 대조군으로 사용된 양어사료 공급구(사료 1번)에서는 46.4 g까지 성장을 하여 살아 있는 동애등에 유충을 공급한 실험구와 건조 유충과 번데기를 양어사료와 혼합한 실험구가 증체율이 높은 것으로 나타났다. 한편, 양어사료를 첨가하지 않고 건조한 유충(사료 5번)과 번데기(사료 6번) 및 유충과 번데기를 혼합한 사료(사료 4번)는 양어사료를 첨가한 처리구에 비해 최종 어체의 중량이 낮게 나왔다. 어체의 길이에서도 살아 있는 유충의 공급구에서 97.5 mm 까지 성장을 하였으며 건조 유충(사료 2번)과 건조 번데기(사료 3번)를 양어사료와 혼합한 공급구에서 각각 87.25 mm와 81.8 mm로 성장하는 것을 보였다. 어체의 길이에서도 양어사료만을 공급한 구에서 74.25 mm로 가장 저조한 성장을 보였다(Fig. 2). 따라서 양어사료를 단독으로 이용하는 것보다는 양어사료에 동애등에 유충과 번데기를 배합함으로써 기존의 단백질원을 대체할 수 있는 소재가 될 수 있을 것으로 사료된다.

이 실험에서는 양어사료를 대체하기 위해 살아 있는 유충과 양어사료에 건조한 유충 및 번데기를 50%씩 혼합하여 공급을 하였는데 어체의 증체율 및 길이의 성장이 대조구인 양어사료의 공급구보다 효과적이었다. 동애등에 유

충과 번데기는 다른 사료에 비해 높은 수준의 키틴을 함유하고 있으며, 그것이 사료소화율에 영향을 주는 것으로 보인다(Hilaire et al. 2007). Bondari and Sheppard(1981)는 channel catfish 양식실험에서 동애등에 유충 5.2 g당 1 g의 양어사료를 첨가 하는 것이 효과적이라고 보고하였다. 이 실험에서는 양어사료를 대체하기 위해서 50%를 혼합하여 공급하였으나 적정 대체량에 대해서는 더 많은 실험과 검토가 필요할 것이다. 또한, 수조의 온도, 먹이급여 방법 및 횡수등과 같은 양식방법에 의해서도 결과가 달라질 수 있을 것이다(Bondari and Sheppard 1987). 동애등에의 유충과 번데기가 상업적으로 이용되기 위해서는 다양한 어종의 양식 실험을 통해 초기 연구결과를 뒷받침할 필요가 있을 것이다. 사료소화율 및 단백질 이용효율 등을 조사하여 적정공급량을 정하고 어류의 종류에 따라서 영양적인 균형과 경제적인 사료공급 설계가 이루어져야 한다.

본 연구의 결과 및 고찰을 종합하면 동애등에의 사료첨가에 미치는 영향은 붕어의 성장률을 강화시키는 요인으로 작용하는 것으로 사료되어진다. 동애등에의 사료첨가에서 생리학적인 활성에 미치는 영향을 조사하고 대체사료로서 이용한다면 단백질 공급원 및 다양한 미네랄 공급원으로 가치가 있을 것이다.

적 요

본 시험은 붕어에 대하여 동애등에의 살아있는 유충과 건조된 유충 및 번데기의 공급 사육시 성장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 약 16주간 사육하면서 어체의 증체율 및 길이성장을 비교 조사하였다. 사료로 사용하기 위한 성분분석에서 건조 유충과 번데기의 조단백질 함량은 43% 이상 수준으로 나타났으며, 지방산 분석결과에서 불포화 지방산의 함량이 상대적으로 높게 나타났다. 이는 양어사료의 단백질 및 필수 지방산 공급원으로 좋은 원료로 사용 가능 할 것으로 사료된다. 약 16주간 동애등에를 붕어먹이로 공급하여 어체의 증체율과 길이에 미치는 영향을 조사한 결과는 살아있는 동애등에 유충을 공급한 실험구에서 증체율과 길이의 증가가 가장 크게 나타났다. 양어사료만을 공급한 실험구와 양어사료에 건조한 유충과 번데기를 50% 혼합하여 공급한 실험구의 증체율 및 길이의 증가를 비교해 보았을 때 건조한 유충과 번데기를 혼합하여 공급하는 것이 효과적인 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연

구개발사업(과제번호: PJ006893)과 경북대학교 학술연구비(2013)의 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

인 용 문 헌

- Bondari K, Sheppard DC (1981) Black soldier fly larvae as a feed in commercial fish production. *Aquaculture* **24**, 103~109.
- Choi JH, Rhim CH, Choi YJ, Park KD, Oh Sk (1985) Comparative study on amino acid profiles of wild and cultured carp, and Israeli carp. *Bull Korean Fish Soc* **18**(6), 545~549.
- Despines JL, Axtell RC (1995) Feeding behaviour and growth of broiler chicks fed larvae of darkling beetle *Alphitobius diaperinus*. *Poult Sci* **74**, 331~336.
- Hickling CF (1962) *Fish Culture*. pp 259. Faber and Faber. London.
- Hilaire SS, Sheppard C, Tomberlin JK, Lrving S, Newton L, Mosley EE, Hardy RW (2007) Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *J World Aquaculture Soc* **38**, 59~67.
- Kim JG, Choi YC, Choi JY, Kim WT, Jeong GS, Park KH, Hwang SJ (2008) Ecology of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratmyidae) in Korea. *Kor J Appl Entomol* **47**, 337~343.
- Loyacano Jr HA (1974) Pupae of face fly as food for channel catfish. *Proc. Annu. Conf. Southeast. Assoc Game Fish Comm* **28**, 228~231.
- Nakagaki BJ, Sunde ML, Defoliart GR. (1987) Protein quality of the house cricket, *Acheta domesticus* when fed to broiler chickens. *Poult Sci* **66**, 1367~1371.
- Newton GL, Booram CV, Barker RW, Hale OM (1977) Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *J Anim Sci* **44**, 395~400.
- Newton GL, Sheppard DC, Watson DW, Burtle GJ, Dove CR, Tomberlin JK, and Thelen EE (2005) The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management/resource recovery tool. *Symposium on the State of the Science of Animal Manure and Waste Management*. San Antonio, Texas.
- Ogunji, JO, Kloas W, Wirth M, Schulz C, Rennert B (2006) Housefly maggot meal (maggot meal): An emerging substitute of fishmeal in tilapia diets. *Conference on international agricultural research for development*. Deutscher Trapentag.
- Sheppard DC, Newton GL, Thompson SA, Davis J, Gasho G, Bramwell K (1998) Using soldier flies as a manure management tool for volume reduction, house fly control and feedstuff production. In "Sustainable agriculture research and education, southern region" (G. Roland eds). pp 51. Georgia Station, Griffin, Georgia.
- Sheppard DC, Newton GL, Thompson SA, Savage S (1994) A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresour Technol* **50**, 275~279.
- Stone, Calvert DAJ, Martin RD, Martin NO (1969) House fly pupae as food for poultry. *J Econ Entomol* **62**, 938~939.
- Teotia, JS, Miller BF (1974) Nutritive content of house fly pupae and manure residue. *British Poult Sci* **15**(2), 177~182.