

쏘가리(*Siniperca scherzeri*) 치어 사료 내 어분대체원으로써 동애등애(*Hermetia illucens*)의 이용성

김 이 오[†]

충청북도내수면산업연구소(연구사)

Utilization of Black Soldier Fly Meal as a Replacement of Fishmeal in the Diet of Juvenile Mandarin Fish *Siniperca scherzeri*

Yi-Oh KIM[†]

Chungcheongbuk-do Inland Fisheries Research Institute(researcher)

Abstract

A feeding trial was carried out to assess the effect of partially replacing fish meal by black soldier fly meal (BSFM) in diets for mandarin fish *Siniperca scherzeri*. Seven experimental groups were fed with a FM(fish meal)-based diet without BSFM (BSFM0), six diets with 5% (BSFM5), 10% (BSFM10), 15% (BSFM15), 20% (BSFM20), 25% (BSFM25) and 30% (BSFM30) of FM substitution with BSFM. Triplicate groups of fish (average weight of 6.9 g) were fed one of the seven experimental diets twice daily for 8 weeks. At the end of the feeding trial, weight gain and specific growth rate of fish fed the BSFM 30 diets were lower than those of fish fed the other diets. Feed efficiency of fish fed the BSFM0, BSFM5, BSFM10, BSFM15 and BSFM25 were higher than those of fish fed the BSFM30 diets, was not affected by BSFM20 diets. Plasma total cholesterol contents were significantly reduced in fish fed the diet with the highest BSFM level(BSFM30). These results indicate that BSFM has potential as alternative to FM in practical diets for juvenile mandarin fish and can be used substitute for fish meal up to 25% in diet.

Key words : Mandarin fish, *Siniperca scherzeri*, Black soldier fly, Growth, Feed utilization

I. 서론

쏘가리(*Siniperca scherzeri*)는 한국 및 중국에 분포하며, 육식성이 매우 강하여 살아있는 어류를 포식하는 어종이다(Deng et al., 2010; Li 1991; Zhou et al., 1998). 쏘가리는 맛이 좋고, 높은 시장가격, 빠른 성장 및 높은 질병저항성으로 가장 전망이 밝은 내수면 양식 전략품종이지만(Sankian et al., 2017; Su et al., 2005), 남획과 서식지 파괴 때문에 쏘가리의 자연 자원량은 급격하게 감소하고 있다(Liang, 1996; Zhang et al., 2009). 따라서

쏘가리 양식의 필요성이 커지고 있어서 사료순치 및 사육기반 연구(Kim and Lee, 2016; Kim and Lee, 2017b; Lee and Kim 2017; Zhang et al., 2009) 및 실용사료 개발을 위한 기초연구가 진행되고 있다(Kim and Lee, 2017a, 2018; Mo et al., 2019; Sankian et al., 2017, 2018, 2019a, 2019b).

그러나, 쏘가리가 하나의 양식산업으로 발전하기 위해서는 우선 쏘가리의 영양요구에 맞는 전용사료의 개발이 필요하다. 쏘가리의 영양요구에 대한 일련의 연구에서 단백질 요구량이 55-65%로 높아 배합사료 내 단백질이 차지하는 비중이

[†] Corresponding author : 043-220-6531, kimio@korea.kr

높게 나타났다(Sankian et al., 2017, 2019a). 사료 내 단백질은 어류의 성장에 중요하며(Lovell, 1989), 배합사료 내 단백질 함량을 증가시키면 어류의 성장 및 사료효율이 향상 된다고 보고되어(Kim et al., 2009; Lim et al., 2013; NRC, 2011, Sankian et al., 2019a), 단백질 함량과 기호성이 높은 어분을 배합사료의 주요 단백질원으로 많이 사용하고 있다. 그러나, 어분의 가격이 높고, 어획량의 변동으로 공급이 불안정하여 점점 어분 수급이 어려워지고 있다(Hassaan et al., 2019). 이를 해결하고자 어분을 대체할 수 있는 영양적으로 우수하고 가격이 저렴하며, 공급이 안정적인 어분 대체 단백질원의 개발에 관한 연구가 많이 수행되고 있다(Carter and Hauler, 2000; Fowler LG, 1990; Jeong et al., 2017; Luzier et al., 1995; Wang et al., 2006).

최근에는 곤충자원을 활용하여 배합사료 내 어분을 대체하고자 하는 연구가 수행되고 있다(Ghaly and Alkoaik, 2009; Gasco et al., 2016; Ng et al., 2001; Sankian et al., 2018). 곤충분의 영양 구성은 고가의 어분을 부분적으로 대체 가능하며, 필수아미노산이 잘 균형잡혀 있으며, 필수지방산이 풍부하다(Alegbeleye et al., 2012; Henry et al., 2015). 다양한 곤충분 후보중에서 동애등에(*Hermetia illucens*)는 산업적으로 표준화된 대량생산 기술을 바탕으로 생산품들이 나오고 있다(Henry et al., 2015). 동애등에의 건중량의 단백질 함량이 55%, 지방 함량이 35%로 높으며, 필수아미노산과 고도불포화지방산이 풍부하다(St-Hilaire et al., 2007). 따라서 동애등에를 어분대체원으로 실용화하고자 하는 연구가 많이 수행되고 있다(Belghit et al., 2019; Caimi et al., 2020; Devic et al., 2018; Elia et al., 2018; Huyben et al., 2018; Li et al., 2017; Lock et al., 2016; Magalhaes et al., 2017; Renna et al., 2017; Xiao et al., 2018; ; Zhou et al., 2018). 본 연구는 어분 대체원으로 동애등에를 첨가한 배합사료가 쏘가리 치어의 성장 및 체조성에 미치는 영향을 조사하기 위해 수

행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험어 및 사육관리

실험어는 충청북도내수면산업연구소에서 배합사료로 순치하여 양성한 쏘가리를 사용하였으며, 실험시작 2주전부터 실험사료를 하루 2회(09:00, 17:00시) 공급하면서 예비 사육하였다. 예비 사육 후, 평균무게 6.9 g인 쏘가리를 무작위로 15마리씩 3반복으로 원형수조(용량 200 L)에 수용하여 8주간 사육하였다.

실험은 침전조(2,000 L) 1개와 실험조(200 L) 21개로 이루어진 순환여과 시스템에서 동일한 수온(25°C)과 수질환경(pH 6.3~8.1, DO 5.6~7.9 mg/L)을 유지하면서 실시하였다. 침전조에는 깨끗한 물을 5 L/min 유량으로 계속 보충하고 여분의 사육수는 퇴수구를 통해 빠져 나가도록 하였다. 또한, 침전조에 수중펌프를 사용하여 각각의 실험수조에 동일한 양의 물을 공급하여 순환되도록 하였으며, 에어스톤을 설치하여 충분한 산소를 공급하였다.

2. 실험사료

실험원료로 사용한 곤충분은 대한곤충산업(농업회사법인)에서 제공받은 동애등에 유충으로, 이를 동결건조 한 후 분쇄하여 사용하였다. 실험사료의 원료 조성물 및 일반성분 조성을 <Table 1>에 나타내었다. 주단백질원으로 멸치어분을 사용하였다. 동애등에 첨가에 따른 사료의 지질함량은 대두유를 사용하여 조절하였다. 사료 내 멸치어분과 대두유 첨가비를 조절하면서, 동애등에 곤충분(Black soldier fly meal, BSFM)을 0, 5, 10, 15, 20, 25 및 30% 각각 첨가하고, 쏘가리의 영양소 요구(Sankian et al., 2017, 2019a)가 최고의 성장을 유도할 수 있는 단백질 함량 55%, 지질 함량 14%로 조절한 7개의 실험사료(BSFM0,

BSFM5, BSFM10, BSFM15, BSFM20, BSFM25 및 BSFM30)를 제조하여 실험에 사용하였다.

3. 어체 측정 및 성분분석

어체 측정은 사육실험 시작 시와 종료 시에 측정하였다. 측정 하루 전 절식시킨 후 tricaine methanesulfonate (Sigma, St. Louis, MO, USA) 100 ppm 수용액에 마취시켜 실험어의 체장과 무게를 측정하였다.

어체의 성분분석을 위하여 각 실험수조에서 10 마리씩을 무작위로 샘플하여 냉동보관(-25℃)하였다. 실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC (1995)의 방법에 따라 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Buchi B-324/435/412, Switzerland; Metrohm 8-719/806, Switzerland)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 6시간 건조 후 측정하였다. 회분은 600℃ 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정하였다.

4. 혈액분석

실험사료 공급에 따른 실험어의 혈액성분 변화를 조사하기 위해 실험 종료 시 각 실험수조마다 쏘가리 5마리씩 무작위로 추출하여 헤파린 주사액이 처리된 1 mL 주사기를 사용하여 실험어의 미부 혈관에서 채혈하였다. 채혈한 혈액을 5,500 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 혈장을 동결 보존(-70℃)하였다. 분석은 혈액분석기(DRI-CHEM NX500i, FUJIFILM)를 사용하여 total protein (TP), total cholesterol (TC), glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT), aspartate aminotransferase activity(AST), alanine aminotransferase activity (ALT), alkaline phosphatase (ALP) 및 albumin (ALB)을 각각 분석하였다.

5. 통계분석

결과의 통계처리는 SPSS Ver. 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, U.S.A.) program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시한 후 Tukey's multiple range test로 평균 간의 유의성을 95% 신뢰수준에서 검정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

8주간의 사육실험 후, 쏘가리의 성장 및 사료 이용성을 <Table 2>, <Table 3> 및 <Table 4>에 각각 나타내었다.

사육실험 기간 동안의 생존율은 100%를 나타내었다. 최종 무게(final mean weight), 증중율(weight gain) 및 일간성장률(specific growth rate)은 BSFM30 실험구가 BSFM0, BSFM5 BSFM10, BSFM15, BSFM20, BSFM25 실험구보다 유의하게 낮은 결과를 나타내었다(P<0.05). 사료효율(feed efficiency)은 BSFM0, BSFM5, BSFM10, BSFM15, FM25 실험구가 BSFM30 실험구보다 유의하게 높은 결과를 나타내었으나, FM20실험구와는 유의차가 없었다(P>0.05). 쏘가리의 일일사료섭취율(daily feed intake), 일간단백질섭취율(daily protein intake) 및 일간지질섭취율(daily lipid intake)은 실험구간에 유의차가 없었다. 단백질축적율(protein retention)은 BSFM0 및 BSFM10 실험구가 BSFM0 실험구보다 유의하게 높은 결과를 나타내었으나, BSFM5, BSFM15, FM20 및 FM25실험구와는 유의차가 없었다. 지질축적율은 실험구간에 유의차가 없었다. 비만도(condition factor)는 BSFM15 실험구가 BSFM5 실험구보다 유의하게 높은 결과를 나타내었으나, BSFM0, BSFM10, FM20 및 FM25 및 FM30 실험구와는 유의차가 없었다. 간중량지수(hepatosomatic index)와 내장중량지수(viscerasomatic index)는 실험구간에 유의차이가 없었다. 체장변이계수(coefficient variation of body length)와 체중변이계수(coefficient variation of body weight)는 BSFM0 BSFM5, BSFM10,

쏘가리(*Siniperca scherzeri*) 치어 사료 내 어분대체원으로써 동애등애(*Hermetia illucens*)의 이용성

<Table 1> Ingredient and proximate composition of experimental diets for mandarin fish¹

Ingredients (%)	Diets						
	BSFM0	BSFM5	BSFM10	BSFM15	BSFM20	BSFM25	BSFM30
Anchovy meal ¹	70	65	60	55	50	45	40
Black soldier fly meal ²		5	10	15	20	25	30
Wheat flour	18.9	19.2	19.1	19.0	18.9	18.8	18.7
Wheat gluten	4	4	4	4	4	4	4
Soybean oil	4.4	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Vitamin premix ²	1	1	1	1	1	1	1
Mineral premix ³	1	1	1	1	1	1	1
Vitamin C(50%)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Vitamin E(25%)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Choline(50%)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Methionine	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
Chemical analysis (% of dry matter basis)							
Crude protein	55.3	54.9	55.0	55.3	55.1	55.0	55.2
Crude lipid	13.8	14.2	14.1	13.7	14.3	14.2	13.9
Ash	9.18	8.61	8.61	8.09	8.81	8.54	8.67

¹Fish Pesquera Bahía Caldera, Caldera, Chile. Fish meal composition (% dry matter) : crude protein, 67.3; crude lipid, 8.6.

²Korea Insect Industry, Cheongju, Korea. Black soldier fly meal composition (% dry matter) : crude protein, 46.5; crude lipid, 23.9, chitin 5.1.

³Vitamin premix contained the following ingredients (g/kg premix), which were diluted in cellulose: thiamin hydrochloride, 2.7; riboflavin, 9.1; pyridoxine hydrochloride, 1.8; niacin, 36.4; Ca-d-pantothenate, 12.7; myo-inositol, 181.8; D-biotin, 0.27; folic acid, 0.68; p-aminobenzoic acid, 18.2; menadione, 1.8; retinyl acetate, 0.73; cholecalciferol, 0.003; cyanocobalamin, 0.003

³Mineral premix contained the following ingredients (g/kg premix): MgSO₄·7H₂O, 80.0; NaH₂PO₄·2H₂O, 370.0; KCl, 130.0; Ferric citrate, 40.0; ZnSO₄·7H₂O, 20.0; Ca-lactate, 356.5; CuCl, 0.2; AlCl₃·6H₂O, 0.15; KI, 0.15; Na₂Se₂O₃, 0.01; MnSO₄·H₂O, 2.0; CoCl₂·6H₂O, 1.0

<Table 2> Growth performance of mandarin fish *Siniperca scherzeri* fed experiment diets for 8 weeks¹

Diets	Initial mean weight (g)	Final mean weight (g)	Survival (%)	Weight gain (%) ²	Specific growth rate (%/day) ³
BSFM0	6.9±0.09	18.2±0.60 ^b	100±0.0 ^{ns}	160.3±9.01 ^b	1.7±0.06 ^b
BSFM5	6.8±0.19	18.0±0.15 ^b	100±0.0	165.2±7.44 ^b	1.7±0.05 ^b
BSFM10	6.8±0.15	18.2±0.07 ^b	100±0.0	167.7±5.41 ^b	1.8±0.04 ^b
BSFM15	6.8±0.07	17.5±0.46 ^b	100±0.0	156.6±9.02 ^b	1.7±0.06 ^b
BSFM20	7.0±0.06	17.2±0.26 ^b	100±0.0	152.3±1.75 ^b	1.7±0.01 ^b
BSFM25	6.9±0.06	17.0±0.46 ^b	100±0.0	148.0±4.69 ^b	1.6±0.03 ^b
BSFM30	7.0±0.03	14.9±0.50 ^a	100±0.0	112.3±7.52 ^a	1.3±0.07 ^a

¹Values (mean±SE of three replicate groups) with different superscripts in the same column are significantly different (P<0.05).

²Weight gain (%) = (final body weight - initial body weight) × 100/initial body weight.

³Specific growth rate = (Ln final weight of fish - Ln initial weight of fish) × 100/days of feeding trial.

<Table 3> Daily feed intake (DFI), daily protein intake (DPI), protein efficiency ratio (PER) and feed efficiency (FE) of mandarin fish *Siniperca scherzeri* fed experiment diets for 8 weeks¹

Diets	DFI(%) ²	FE(%) ³	DPI(%) ⁴	DLI(%) ⁵	PER(%) ⁶	PR(%) ⁷	LR(%) ⁸
BSFM0	2.05±0.07 ^{ns}	77.8±4.87 ^b	1.03±0.04 ^{ns}	0.13±0.01 ^{ns}	1.54±0.08 ^a	27.9±1.55 ^b	21.7±0.22 ^{ns}
BSFM5	2.14±0.05	75.4±3.06 ^b	1.08±0.03	0.14±0.01	1.49±0.06 ^{ab}	25.8±1.18 ^{ab}	19.7±1.09
BSFM10	2.10±0.05	77.6±1.24 ^b	1.06±0.02	0.14±0.01	1.54±0.02 ^{ab}	28.9±1.74 ^b	20.0±0.39
BSFM15	2.06±0.02	76.2±3.11 ^b	1.04±0.01	0.14±0.01	1.51±0.06 ^b	24.5±1.21 ^{ab}	20.2±1.81
BSFM20	2.09±0.02	74.0±1.22 ^{ab}	1.05±0.01	0.14±0.01	1.44±0.03 ^b	26.0±0.43 ^{ab}	26.6±1.04
BSFM25	2.02±0.06	75.3±2.97 ^b	1.02±0.02	0.13±0.01	1.48±0.08	25.5±1.91 ^{ab}	24.1±2.19
BSFM30	2.17±0.05	59.1±3.96 ^a	1.10±0.03	0.14±0.01	1.17±0.08 ^b	20.8±1.70 ^a	23.4±1.91

¹Values (mean±SE of three replicate groups) with different superscripts in the same column are significantly different (P<0.05).

²Daily feed intake = feed intake × 100 / [(initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.) × days reared / 2].

³Feed efficiency = fish wet weight gain×100/feed intake (dry matter).

⁴Daily protein intake = protein intake × 100 / [(initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.) × days reared / 2].

⁵Daily lipid intake = lipid intake × 100 / [(initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.) × days reared / 2].

⁶Protein efficiency ratio = weight gain of fish / protein consumed.

⁷Protein retention = protein gain of fish / protein consumed.

⁸Lipid retention = lipid gain of fish / lipid consumed.

<Table 4> Condition factor, hepatosomatic index, coefficient variation of body length and body weight of mandarin fish *Siniperca scherzeri* fed experiment diets for 8 weeks¹

Diets	CF(%) ²	HSI(%) ³	VSI(%) ⁴	CVBL(%) ⁵	CVBW(%) ⁶
BSFM0	1.14±0.01 ^{ab}	1.87±0.03 ^{ns}	4.93±0.30 ^{ns}	11.5±0.12 ^b	17.5±0.55 ^b
BSFM5	1.10±0.01 ^a	1.86±0.03	5.12±0.28	11.7±0.09 ^b	18.1±0.39 ^b
BSFM10	1.11±0.01 ^{ab}	1.71±0.13	4.80±0.02	11.8±0.14 ^b	18.2±0.67 ^b
BSFM15	1.15±0.01 ^b	2.04±0.13	4.69±0.23	11.4±0.14 ^{ab}	17.0±0.66 ^{ab}
BSFM20	1.14±0.01 ^{ab}	2.11±0.10	5.04±0.08	11.6±0.12 ^b	18.2±0.54 ^b
BSFM25	1.14±0.01 ^{ab}	1.89±0.04	4.76±0.12	11.5±0.16 ^b	17.5±0.61 ^b
BSFM30	1.14±0.01 ^{ab}	2.01±0.21	5.12±0.21	10.9±0.12 ^a	14.9±0.49 ^a

¹Values (mean±SE of three replicate groups) with different superscripts in the same column are significantly different (P<0.05).

²Condition factor = (weight of fish/(length of fish)³) × 100.

³Hepatosomatic index = (weight of liver / weight of fish) × 100.

⁴Viscerasomatic index = (weight of viscerasomatic / weight of fish) × 100.

⁵Coefficient variation of body length = (standard deviation of final length of fish / mean final length of fish) × 100.

⁶Coefficient variation of body weight = (standard deviation of final weight of fish / mean final weight of fish) × 100.

BSFM20 및 BSFM25 실험구가 BSFM30 실험구보다 유의하게 높은 결과를 나타내었으나, BSFM15 실험구와는 유의차가 없었다.

본 연구의 성장 및 사료효율의 결과를 고려하였을 때, 사료 내 동태등에 함량을 25%까지 첨가가 가능할 것으로 판단된다.

어분을 대체하기 위한 동애등에 첨가 실험에서 rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Elia et al., 2018; Huyben et al., 2018; Renna et al., 2017), Atlantic salmon *Salmo salar* (Belghit et al., 2019; Lock et al., 2016), European seabass *Dicentrarchus labrax* (Magalhaes et al., 2017), Yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* (Xiao et al., 2018), Jian carp *Cyprinus carpio* (Li et al., 2017; Zhou et al., 2018), Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Devic et al., 2018) 및 Siberian sturgeon *Acipenser baerii* (Caimi et al., 2020) 등 다양한 어류에서 어분을 대체할 수 있는 결과를 나타내었다.

사료 내 동애등에 첨가율에 따른 다양한 실험에서 설정된 구간내에서 대조구와 유의적인 차이를 나타내지 않아 어분대체가 가능한 결과가 보고 되었다(Devic et al., 2018; Li et al., 2017; Magalhaes et al., 2017; Renna et al., 2017; Wang et al., 2019). 반면 turbot *Psetta maxima* 사료 내 동애등에 함량 17% 이상에서는 성장이 감소하는 결과를 나타내었다(Kroeckel et al., 2012). Rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* 사료 내 동애등에 함량 13% 까지는 성장이 저하되는 결과가 없었으나, 26% 함량에서는 성장이 저하되는 결과를 나타내었으며(Dumas et al., 2018), Siberian sturgeon *Acipenser baerii* 사료 내 동애등에 함량 25% 까지는 성장이 저하되는 결과가 없었으나, 50% 함량에서는 성장이 저하되는 결과를 나타내어(Caimi et al., 2020) 본 연구결과와 유사한 결과를 나타내었다. 이처럼 과도한 곤충분의 첨가는 어류의 성장과 영양소 이용성을 감소시키는데 이는 곤충분에 포함된 불용성 탄수화물인 키틴의 함량이 증가한 것이 주요요인으로 판단된다. 여러 연구에서 키틴은 작은 함량으로도 어류의 사료섭취 및 이용성을 감소시켜 성장을 저하시킨다고 보고 하였다(Gopalakannan and Arul, 2006; Kroeckel et

al., 2012; Olsen et al., 2006). 본 연구에서 동애등에 30% 첨가 실험구가 다른 실험구와 비교하여 사료섭취량에서 유의적인 차이가 없으나, 사료효율이 유의하게 감소한 점과 체장변이계수와 체중변이계수가 유의하게 낮은 점은 동애등에에 함유된 키틴이 어류의 소화생리 및 성장 장애를 일으켰을 가능성이 있으며, 추후 이에 대한 추가적인 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다

8주간의 사육실험 종료 후 쏘가리의 일반성분 분석 결과를 <Table 5>에 나타내었다. 사료 내 동애등에 함량에 따른 쏘가리의 수분, 단백질, 지질 및 회분 함량은 모든 실험구간에서 유의차가 없었다. 사료 내 동애등에 함량을 30%까지 높여도 쏘가리 전어체의 수분, 단백질, 지질 및 회분 함량에 변화가 없었다. 이는 이전의 다른 어종을 대상으로 동애등에 함량 48% 이하의 연구에서도 일치한 결과를 나타내었으며(Devic et al., 2016; Kroeckel et al., 2012; Li et al., 2017; Wang et al., 2019) 쏘가리를 대상으로한 곤충분 갈색거저리 첨가실험에서도 일치한 결과를 나타내었다(Sankian et al., 2018).

8주간의 사육 실험 후, 쏘가리의 미부 혈관에서 채혈한 혈장의 정상 변화를 <Table 6>에 나타내었다. TP, GOT, GPT, AST, ALT, ALP 및 ALB 함량은 실험구간 유의차가 없었다. 그러나, 혈액 내 TP 함량은 동애등에 함량이 증가함에 따라 유의하게 증가하였다. 이는 이전의 다른 어종을 대상으로한 연구에서도 일치한 결과를 나타내었으며(Li et al., 2017; Wang et al., 2019), 쏘가리를 대상으로한 곤충분 갈색거저리 첨가실험에서도 일치한 결과를 나타내었다(Sankian et al., 2018).

본 연구의 결과로부터, 쏘가리 치어 사료 내 어분대체원으로 동애등에를 25%까지 첨가할 수 있을 것으로 판단된다.

<Table 5> Whole body proximate composition of mandarin fish *Siniperca scherzeri* fed experiment diets for 8 weeks¹

	Diets						
	BSFM0	BSFM5	BSFM10	BSFM15	BSFM20	BSFM25	BSFM30
Proximate composition (% wet weight)							
Moisture	72.7±0.38 ^{ns}	73.1±0.52	72.5±1.07	74.1±0.86	73.5±0.17	73.5±0.36	72.7±0.92
Crude protein	18.1±0.03 ^{ns}	17.3±0.31	18.2±0.96	17.2±0.68	18.1±0.14	17.2±0.50	17.7±0.32
Crude lipid	4.07±0.22 ^{ns}	3.79±0.11	3.74±0.41	3.83±0.22	3.69±0.24	4.06±0.22	4.23±0.11
Ash	5.0±0.38 ^{ns}	5.0±0.41	4.9±0.26	4.7±0.53	4.9±0.05	4.6±0.62	4.7±0.32

¹Values (mean±SE of three replicate groups) with different superscripts in the same column are significantly different (P<0.05). ^{ns}Not significant (P>0.05).

<Table 6> Plasma chemical composition of mandarin fish *Siniperca scherzeri* fed experiment diet for 8 weeks

	Diets						
	BSFM0	BSFM5	BSFM10	BSFM15	BSFM20	BSFM25	BSFM30
TP(g/dl)	4.2±0.30 ^{ns}	4.3±0.20	4.2±0.30	4.5±0.25	3.7±0.05	3.9±0.70	4.1±0.24
TC(mg/dl)	354.2±20.6 ^b	292.6±11.5 ^{ab}	303.5±37.5 ^{ab}	278.0±24.0 ^{ab}	229.0±27.6 ^{ab}	240.8±13.0 ^{ab}	164.6±47.1 ^a
GOT(U/L)	39.0±7.0 ^{ns}	26.5±10.5	23.0±6.0	63.5±31.5	54.5±15.5	35.0±7.0	38.1±9.7
GPT(U/L)	8.0±2.0 ^{ns}	6.0±0.01	5.5±0.50	17.5±2.50	17.5±6.50	6.0±1.00	9.4±0.51
AST(U/L)	294.5±70.5 ^{ns}	132.0±84.0	85.0±10.0	473.5±28.5	147.0±99.0	227.0±93.0	310.2±63.0
ALT(U/L)	5.1±1.83 ^{ns}	6.0±2.36	5.5±1.76	7.2±2.50	7.6±3.50	6.0±1.54	8.4±2.51
ALP(U/L)	328.5±21.5 ^{ns}	309.0±9.00	243.5±55.5	234.0±18.0	298.5±30.5	227.0±93.0	271.5±42.5
ALB(g/dl)	0.9±0.03 ^{ns}	0.9±0.10	0.9±0.01	0.9±0.10	0.7±0.01	0.9±0.15	0.8±0.12

¹Values (mean±SE of three replicate groups) with different superscripts in the same column are significantly different (P<0.05). ^{ns}Not significant (P>0.05).

TP : total protein, TC : total cholesterol, GOT : glutamic oxaloacetic transaminase, GPT : glutamic pyruvic transaminase, AST : Aspartate aminotransferase activity (U L⁻¹), ALT : Alanine aminotransferase activity (U L⁻¹), ALP : alkaline phosphatase (U L⁻¹), ALB : albumin (g dl⁻¹)

References

- Alegbeleye WO, Obasa SO, Olude OO, Otubu K and Jimoh W(2012). Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zanocerus variegatus* L.) for African catfish *Clarias gariepinu* fingerlings. *Aquac. Res.* 43, 412~420.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02844.x>
- AOAC(Association of Official Analytical Chemists)(1995). *Official Methods of Analysis*, 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA.
- Belghit I, Liland NS, Gjesdal P, Biancarosa I, Menchetti E, Li Y, Waagbo R, Krogdahl A and Lock EJ(2019). Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 503, 609~619.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.032>
- Caimi C, Renna M, Lussiana C, Bonaldo, A, Gariglio M, Meneguz M, Dabbou S, Schiavone A, Gai F, Elia AC, Prearo M and Gasco L(2020).

- First insights on black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal dietary administration in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt) juveniles. *Aquaculture* 515, 734539.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734539>
- Carter CG and Hauler RC(2000). Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture* 185, 299~311.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00353-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00353-1)
- Deng Y, Zhao J, Lu G, Wu X, and Tao Y(2010). Cloning, characterization and expression of the pepsinogen C from the golden mandarin fish *Siniperca scherzeri* (Teleostei: Perciformes). *Fisheries Science*, 76, 819~826.
<https://doi.org/10.1007/s12562-010-0275-x>
- Devic E, Leschen W, Murray F and Little DC(2018). Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. *Aquacult. Nutr.* 24, 416~423.
<https://doi.org/10.1111/anu.12573>
- Dumas A, Raggi T, Barkhouse J, Lewis E and Weltzien E(2018). The oil fraction and partially defatted meal of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) affect differently growth performance, feed efficiency, nutrient deposition, blood glucose and lipid digestibility of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 492, 24~34.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.03.038>
- Elia AC, Capucchio MT, Caldaroni B, Magara G, Dorr AJM, Biasato I, Biasibetti E, Righetti M, Pastorino P, Prearo M, Gai F, Schiavone A and Gasco A(2018). Influence of *Hermetia illucens* meal dietary inclusion on the histological traits, gut mucin composition and the oxidative stress biomarkers in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 496, 50~57.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.009>
- Fowler LG(1990). Feather meal as a dietary protein source during parr-smolt transformation in fall chinook salmon. *Aquaculture* 89, 301~314.
[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(90\)90134-9](https://doi.org/10.1016/0044-8486(90)90134-9)
- Gasco L, Henty M, Piccolo G, Marano S, Gai F, Renna M, Lussiana C, Antonopoulou E, Mola P and Chazifotis S(2016). *Tenebrio molitor* meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: growth performance, whole body composition and *in vivo* apparent digestibility. *Anim. Feed Sci. Technol.* 220, 34~45.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.07.003>
- Ghaly AE and Alkoaik FN(2009). The yellow mealworm as a novel source of protein. *Am. J. Agric. Biol. Sci.* 4, 319~331.
<https://doi.org/10.3844/ajabssp.2009.319.331>
- Gopalakannan A and Arul V(2006). Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin, chitosan and levamisole on the immune system of *Cyprinus carpio* and control of *Aeromonas hydrophila* infection. *Aquaculture* 255, 179~187.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.01.012>
- Hassaan MS, El-Sayed AIM, Soltan MA, Iraqi MM, Goda Am, Davies SJ, El-haroun ER and Ramadan HA(2019). Partial dietary fish meal replacement with cotton seed meal and supplementation with exogenous protease alters and associated gene expression marker (GH, IGF-I) for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 503, 282~292.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.01.009>
- Henry M, Gasco L, Piccolo G and Fountoulaki E(2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Anim. Feed Sci. Technol.* 203, 1~22.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.03.001>
- Huyben D, Vidakovic A, Hallgren SW and Langeland M(2018). High-throughput sequencing of gut microbiota in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed larval and prepupae stages of black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Aquaculture* 500, 485~491.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.034>
- Jeong SM, Kim E, Jang TH, Lee YS and Lee SM(2017). Utilization of mealworm *Tenebrio molitor* as a replacement of fishmeal in the diet of juvenile rockfish *Sebastes schlegeli*. *Korean J Fish Sci* 50, 372~377.
- Kim YO, Hwang GD and Lee SM(2009). Optimal dietary protein and lipid levels for growth of long-nosed Barbel, *Hemibarbus longirostris*. *Fish Aqua Sci* 129, 311~316.

- <https://doi.org/10.5657/fas.2009.12.4.311>
 Kim YO and Lee SM(2016). Growth of water temperature on growth and body composition of juvenile mandarin fish, *Siniperca scherzeri*. Korean J Fish Aquat Sci 49, 607~611.
<https://doi.org/10.5657/kfas.2016.0607>
- Kim YO and Lee SM(2017a). Growth and body composition of mandarin fish, *Siniperca scherzeri* reared at high water temperature. Korean J Fish Aquat Sci 50, 756~761.
- Kim YO and Lee SM(2017b). Effect of 1-year and 2-year old mandarin fish, *Siniperca scherzeri* fed the diets containing different fish meal levels. J Fish Mar Sci educ 29, 1054~1062.
<https://doi.org/10.13000/jfmse.2017.29.4.1054>
- Kim YO and Lee SM(2018). Effect of addition of fish meal and smelt on the growth, blood content and body composition of mandarin fish, *Siniperca scherzeri*. J Fish Mar Sci educ 30, 2064~2071.
<https://doi.org/10.13000/jfmse.2018.12.30.6.2064>
- Kroeckel S, Harjes AGE, Roth I, Katz H, Wuertz S, Susenbeth A and Schulz C(2012). When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute - Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). Aquaculture 364~365, 345~352.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.08.041>
- Lee SM and Kim YO(2017). Effect of stocking density on the growth and body composition of the mandarin fish, *Siniperca scherzeri*. Korean J Fish Aquat Sci 50, 762~769.
- Li S(1991). Geographical distribution of the Sinipercinae fishes. Zool. Res. 26, 40-44.(In Chinese with English abstrat)
- Li S, Ji H, Zhang B, Zhou J and Yu H(2017). Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in diets for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian) : growth performance, antioxidant enzyme activities, digestive enzyme activities, intestine and hepatopancreas histological structure. Aquaculture 477, 62~70.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.04.015>
- Liang XF(1996). Study on mandarin fish and its culture home and abroad. Fisheries Science and Technology Information 23, 13~17.(in Chinese)
- Lim SG, Han HK, Bang IC, Choi J and Lee SM(2013). Effect of dietary protein and lipid levels on the growth and body composition of juvenile long snout bullhead *Leiocassis longirostris*. Kor J Fish Aquat Sci 46, 377~383.
<https://doi.org/10.5657/kfas.2013.0377>
- Lock EJ, Arsiwalla T and Waagbe R(2016). Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. Aquacult. Nutr. 22(6), 1202~1213.
<https://doi.org/10.1111/anu.12343>
- Lovell RT(1989). Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand Reinhold, New York, U,S,A,. 260
- Luzier, JM; Summerfelt, RC and Ketola, HG(1995). Partial replacement of fish meal with spray-dried blood powder to reduce phosphorus concentrations in diets for juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*(Walbaum). Aquacult. Res. 26, 577~587.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1995.tb00948.x>
- Magalhaes R, Sanchez-Lopez A, Leal RS, Martinez-Llorens S, Oliva-Teles A and Peres H(2017). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture 476, 79~85.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.04.021>
- Mo AJ, Sun JX, Wang YH, Yang K, Yang HS and Yuan YC(2019). Apparent digestibility of protein, energy and amino acids in nine protein sources at two content levels for mandarin fish, *Siniperca chuatsi*. Aquaculture 499, 42~50.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.09.023>
- Ng WK, Liew FL, Ang LP and Wong KW(2001). Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alterative protein sources in practical diets for Afican catfish *Clarias gariepinus*. Aquacu. Res. 32, 273~280.
<https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00024.x>
- NRC(National Research Council(2011). Nutrient requirements fish and shrimp, The National Academy Press, Washington DC, U.S.A.
- Olsen R, Suontama J, Langmyhr E, Mundheim H, Ringo E, Melle E, Malde M and Hmereg G(2006). The replacement of fish meal with Antarctic krill, *Euphausia superba* in diets for Atlantic salmon, *salmo salar*. Aquacult. Nutr. 12, 280-290.

- <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2006.00400.x>
Renna M, Schiavone A, Gai F, Dabbou S, Lussiana C, Malfatto V, Prearo M, Capucchio MT, Biasato I, Biasibetti E, De Marco M, Brugiapaglia A, Zoccarato I and Gasco L(2017). Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) diets. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 8, 1.
<https://doi.org/10.1186/s40104-017-0191-3>
- Sankian Z, Khosravi S, Kim YO and Lee SM(2017). Effect of dietary protein and lipid level on growth, feed utilization and muscle composition in golden mandarin fish, *Siniperca scherzeri*. *Fish Aqu Sci*, 20:7.
<https://doi.org/10.1186/s41240-017-0053-0>
- Sankian Z, Khosravi S, Kim YO and Lee SM(2018). Effect of dietary inclusion of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) meal on growth performance, feed utilization, body composition, pkasma biochemical indices, selected immune parameters and antioxidant enzyme activities of mandarin fish, *Siniperca scherzeri*. *Aquaculture* 496, 79~87.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.012>
- Sankian Z, Khosravi S, Kim YO and Lee SM(2019a). Dietary protein requirement for juvenile mandarin fish, *Siniperca scherzeri*. *J World Aquacult. Soc.* , 50, 34-41.
<https://doi.org/10.1111/jwas.12569>
- Sankian Z, Khosravi S, Kim YO and Lee SM(2019b). Total replacement of dietary fish oil with alterative lipid sources in a practical diet for mandarin fish, *Siniperca scherzeri*, Juvenile. *Fish Aqu Sci*, 22:1.
<https://doi.org/10.1186/s41240-019-0123-6>
- St.-Hilaire S, Sheppard C, Tomberlin JK, Irving S, Newton L, Mcguire MA, Mosley EE, Hardy RW and Sealey W(2007). Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *J. World Aquacult. Soc.* 38, 59~67.
<https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00073.x>
- Su SQ, Zhang HQ, He ZY and Zhang ZX(2005). A comparative study of the nutrients and amino acid composition of the muscle of *Siniperca chuatsi* and *Siniperca scherzeri*. *Journal of Southwest Agriculture University* 27, 898~901(in Chinese with English abstract).
- Wang Y, Kong LJ, Li c and Bureau P(2006). Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and carcass composition of cuneate drum (*Nibea miichthioides*). *Aquaculture* 261, 1307~1313.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.08.045>
- Wang G, Peng K, Hu J, Yi C, Chen X and Wu H(2019). Evaluation of defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as an alternative protein ingredient for juvenile Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) diets. *Aquaculture* 507, 144~154.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.023>
- Xiao X, Jin P, Zheng L, Cai M, Yu Z and Yu J(2018). Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal protein as a fishmeal replacement on the growth and immune index of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Aquacult. Res.* 48(4), 1569~1577.
<https://doi.org/10.1111/are.13611>
- Zhang L, Wang YJ, Hu MH, Fan QX, Cheung SG, Shin PKS, Li H and Cao L(2009). Effect of the timing of initial feeding on growth and survival of spotted mandarin fish *Siniperca scherzeri* larvae. *Journal of Fish Biology* 75, 1158~1172.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02328.x>
- Zhou CW, Yang Q and Cai DL(1988). On the classification and distribution of the Sinipercae fishes(Family Serranidae). *Zoological Research* 9, 113~126.
- Zhou JS, Liu SS, Ji H and Yu HB(2018). Effect of replacing dietary fish meal with black soldier fly larvae meal on growth and fatty acid composition of Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquacult. Nutr.* 24(1), 423~433.
<https://doi.org/10.1111/anu.12574>

-
- Received : 28 January, 2020
 - Revised : 25 February, 2020
 - Accepted : 02 March, 2020