

배합사료의 종류에 따른 쏘가리(*Siniperca scherzeri*)의 성장, 사료이용 및 체조성 변화

이상민 · 김이오[†]

강릉원주대학교(교수) · [†]충청북도내수면산업연구소(연구사)

Effects of Formulated Diets on Growth, Feed Utilization, Hematology and Body Composition of Mandarin Fish *Siniperca scherzeri*

Sang-Min LEE · Yi-Oh KIM[†]

Gangneung-Wonju National University(professor) ·

Chungcheongbuk-do Inland Fisheries Research Institute(researcher)

Abstract

A feeding trial was conducted to investigate the effects of diets with different composition and moisture content on the growth performance, feed utilization and fillet proximate composition of yearling mandarin fish. Seven different types of feed were designed including a commercial diet (CD), two types of moist pellet (FM and FSF), two types of dry extruded pellet (EP1 and EP2), and two types of moist extruded pellets (SEP1 and SEP2). The commercial diet was powdered and mixed with fish meal and fond smelt fish to produce FM and FSF diets, respectively. Approximately 7% of fish meal in EP1 and SEP1 diets was replaced with corn gluten meal and the resultant diets named EP2 and SEP2. Triplicate groups of fish (initial mean body weight, 106 g) were assigned to one of the seven experimental diets for a period of 12 weeks. The results of the present study indicated that fish fed the EP1 and SEP1 diet had remarkably higher weight gain and specific growth ratio compared to CD and FSF groups ($P < 0.05$). Feed efficiency of fish fed the FSF was higher than those of fish fed the CD, EP2, SEP1 and SEP2 diets ($P < 0.05$). No significant effect nor any defined trend was found in hematological parameters or fillet composition among dietary treatments ($P > 0.05$). The present findings suggest that the EP1 or moist EP1 could be a suitable diet for the successful culture of mandarin fish yearling.

Key words : Mandarin fish, *Siniperca scherzeri*, Extrude pellets, Growth, Feed utilization

I. 서론

쏘가리(*Siniperca scherzeri*)는 한국 및 중국에 분포하며, 육식성이 매우 강하여 살아있는 어류를 포식하는 어류이다(Deng et al., 2010; Li 1991; Zhou et al., 1988). 쏘가리는 맛이 좋고, 고가에

거래되며, 높은 성장률과 질병저항성으로 가장 전망이 밝은 내수면 양식품종이지만(Sankian et al., 2017; Su et al., 2005), 남획과 서식지 파괴 때문에 쏘가리의 자연자원량은 급격하게 감소하고 있다(Liang, 1996; Zhang al., 2009). 그러나 수요는 계속 증가하고 있어 양식기술의 개발을 통한 생

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

* 이 연구는 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원에서 지원하는 수산실용화기술개발사업(쏘가리 배합 사료 및 순치기술 개발, 과제번호 D11524615H480000120)에 의하여 수행되었음

산량 증대가 필요한 어종이다. 쏘가리는 육식성이 매우 강한 어종으로 살아있는 먹이만을 먹는 습성을 가지고 있어 이를 이용한 쏘가리 생산은 비경제적이며 비효율적이다. 따라서 쏘가리 양식을 산업적으로 발전시키기 위해서는 쏘가리 치어의 사료순치 기술을 개발하는 것이 중요하며, 이를 통한 쏘가리 실용사료의 개발은 매우 중요하다. 최근에 충청북도내수면연구소에서 쏘가리를 대량으로 배합사료에 순치시킬 수 있는 기술을 개발하였으며(Kim and Lee, 2016), 이러한 결과를 바탕으로 쏘가리 실용사료 개발을 위한 기초연구가 진행되고 있다(Kim and Lee, 2017; 2017, 2018, 2019a, 2019b).

효율성이 높은 고품질 사료를 개발하기 위해서는 먼저 여러 종류의 영양소 요구량을 규명하여 어종에 맞는 사료를 설계해야 한다. 그러나, 이러한 모든 영양소의 종류와 요구량을 규명하는데에는 많은 노력과 시간이 필요하다. 완벽한 쏘가리 전용사료가 개발되기 까지 마냥 기다릴 수 없기 때문에 그간 연구된 자료를 바탕으로 실용배합사료를 평가할 필요가 있다.

쏘가리 양식현장에서는 냉동 생먹이, 시판 분말사료, 시판 분말사료에 다양한 원료를 첨가하여 자체 제작한 사료를 공급하면서 사육관리하고 있는 실정으로, 먹이종류에 따른 효능의 차이를 과학적인 비교, 분석없이 사용하고 있다. 따라서, 쏘가리 양식현장에서 사용되고 있는 먹이종류와 그간 연구된 자료를 기초하여 제작한 배합사료들의 효능을 비교, 검증은 통해 보다 정확한 자료를 양식 현장에 제공될 필요가 있다.

쏘가리 양식현장에서 주로 사용되는 시판 분말사료 (CD), 시판 분말사료에 빙어와 어분을 첨가한 배합사료 (MP, FSF), 그간 수행된 연구결과를 바탕으로 제작한 쏘가리 실용사료 2종류(EP1, EP2)와 이에 수분을 첨가하여 부드러운 실용사료 (SEPI, SEP2) 총 7종류의 다양한 사료종류에 대한 사육효과를 비교하고자 실험을 실시하였다. 본 연구는 다양한 종류의 사료가 쏘가리 육성어

의 성장, 체성분 및 혈액 성상에 미치는 영향을 조사하기 위해서 실험을 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험어 및 사육관리

충청북도내수면산업연구소에서 배합사료로 순치하여 양성한 쏘가리를 사용하였으며, 실험시작 2주전부터 실험사료를 하루 2회 공급하면서 예비 사육하였다. 예비 사육 후, 쏘가리 육성어(106 g)를 무작위로 15마리씩 3반복으로 원형수조(200 L)에 수용하여 12주간 사육하였다.

쏘가리의 사육은 침전조(2,000 L) 1개와 실험조(200 L) 12개가 1세트가 되도록 설계한 순환여과 시스템에서 동일한 수온(26℃)과 수질환경(pH 6.4~8.1, DO 5.7~7.8)을 유지하면서 실시하였다. 침전조에는 깨끗한 물을 5 L/min 유량으로 계속 보충하고 여분의 사육수는 퇴수구를 통해 빠져 나가도록 하였다. 또한, 침전조에 수증펌프를 사용하여 각각의 실험수조에 동일한 양의 물을 공급하여 순환되도록 하였으며, 에어스톤을 설치하여 충분한 산소를 공급하였다.

2. 실험사료

실험에 사용된 먹이종류는 국내 쏘가리 양식현장에서 사용되는 시판 분말사료(Commercial Diet, CD), 시판 분말사료(CD)에 어분 50%(습중량)를 첨가한 사료(Fish meal Diet, FM), 시판 분말사료(CD)에 냉동빙어 50%(습중량)를 첨가한 사료(Fond smelt fish Diet, FSF)에 적당량의 물을 첨가, 혼합하여 사료제조기로 pellet 형태로 사료를 성형하였으며, 쏘가리 실험사료는 수협 사료공장 에서 제작한 2종류의 딱딱한 실용 EP사료(EPI, EP2)와 딱딱한 실용 EP사료에 수분을 30% 첨가하여 부드러운 EP사료(SEPI, SEP2)를 제작하여 총 7종류의 실험사료(Ø5mm)를 사용하였다(<Table 1>). 모든 실험 사료는 -25℃ 냉동고에 보관하면

서 실험에 사용하였다.

3. 어체측정 및 성분분석

어체측정은 사육실험 시작 시와 종료 시에 측정 전일 절식시킨 후 tricaine methanesulfonate (MS 222, Sigma, St. Louis, MO, USA) 100 ppm 수용액에 마취시켜 실험어의 무게를 측정하였다.

어체의 성분분석을 위하여 각 실험수조에서 3 마리씩을 시료로 취하여 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 측정 하였다.

4. 혈액분석

실험사료 공급에 따른 실험어의 혈액성분 변화를 조사하기 위해 실험 종료 시 각 실험수조마다 쏘가리 3마리씩 무작위로 추출하여 헤파린 주사액이 처리된 1 mL 주사기를 사용하여 실험어의 미부 혈관에서 채혈하였다. 채혈한 혈액을 7,500 rpm에서 10분간 원심분리하여 혈장 분리후, 분석 시까지 동결 보존되었다. 혈장 분석은 동결보존(-70℃)하면서 혈액분석기(DRI-CHEM NX500i, FUJIFILM)를 사용하여 total protein (TP, g/dL), glutamic oxaloacetic transaminase (GOT, U/L) 및 glutamic pyruvic transaminase (GPT, U/L) 를 각각 분석하였다.

5. 통계분석

결과의 통계처리는 SPSS Ver. 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, U.S.A.) program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시한 후, 유의성이 발견되었을 시 사후검정은 $\alpha=0.05$ 수준에서 Tukey's multiple

range test을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

12주간의 사육실험 후, 쏘가리의 성장 및 사료 이용성을 <Table 2>, <Table 3> 및 <Table 4>에 각각 나타내었다.

사육실험 기간 동안의 생존율은 100%를 나타내었다($P>0.05$). 최종 무게(final mean weight), 증중율(weight gain) 및 일간성장률(specific growth rate)은 SEP 실험구가 CD, FM, FSF, EP2, SEP2 실험구보다 유의하게 높은 결과를 나타내었으나 ($P<0.05$), EP1 실험구와는 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 사료효율(feed efficiency)은 FSF 실험구가 CD, EP2, SEP1, SEP2 실험구보다 유의하게 높은 결과를 나타내었으나, FM, EP1 실험구와는 유의적인 차이가 없었다. 쏘가리의 일일사료섭취율(daily feed intake) 및 일간단백질섭취율(daily protein intake)은 SEP1 실험구가 다른실험구보다 유의하게 높은 결과를 나타내었다. 단백질전환효율(protein efficiency ratio)은 SEP1 실험구가 CD, FM, FSF, EP1 및 SEP2 실험구보다 유의하게 높은 결과를 나타내었으나, EP2 실험구와는 유의적인 차이가 없었다.

본 연구의 증중률 및 일간성장률 결과를 고려하였을 때, 실험 배합사료(SEP1) 실험구가 상품사료(CD), 모이스트사료(FM, FSF) 및 실험 배합사료(EP2) 실험구보다 높은 결과를 나타내었으나, 실험 배합사료(EP1)와는 차이가 없었다. 실험 배합사료의 물성에 따른 성장 차이를 비교한 실험 결과에서는 EP1 와 SEP1 실험구, EP2 와 SEP2 실험구 각각 차이가 없었다. 또한, 사료효율의 결과를 고려하였을 때, 모이스트사료(FSF) 실험구가 상품사료(CD) 및 실험 배합사료(EP2, SEP1, SEP2) 실험구보다 높은 결과를 나타내었으나, 모이스트사료(FM) 및 실험 배합사료(EP1)와는 차이가 없었다. 그리고, EP1 실험구와 EP2 실험구에

수분 30%를 각각 첨가한 SEP1 실험구와 SEP2 실험구는 성장과 사료효율에서 각각 유의적인 차이가 없었다.

쏘가리를 대상으로 한 상품사료와 상품사료에 어분을 함량별로 첨가한 사료 실험에서 성장률은 각각 39.5% 및 57.9~90.1%, 사료효율은 각각 48.8% 및 55.0~80.9%로 유의하게 높았다(Kim and Lee, 2017). 또한 쏘가리를 대상으로 한 상품사료, 상품사료에 어분함량별 첨가 사료 및 빙어

를 첨가한 사료 실험에서 성장률은 각각 45.6%, 53.6~80.2% 및 79.0%, 사료효율은 각각 54.2%, 66.7~80.1% 및 79.4%로 어분과 빙어를 첨가한 사료가 상품사료보다 성장 및 사료효율이 각각 유의하게 높았으며, 상품사료에 어분 또는 빙어를 첨가한 사료간에는 유의차를 나타내지 않았는데(Lee et al., 2018), 본실험 결과에서도 상품사료와 상품사료에 어분을 첨가한 실험 결과에서

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

Ingredients (%)	Diets						
	CD	FM	FSF	EPI	EP2	SEP1	SEP2
Commercial diet ¹	100	50	50				
Fish meal ²		50		71.2	66.3	71.2	66.3
Fond smelt fish			50				
Fish protein hydrolysate				1	1	1	1
Krill powder				2	2	2	2
Dehulled soybean meal				3		3	
White gluten meal				4	4	4	4
Corn gluten meal					3		3
Lecithin(70%)				0.5	0.5	0.5	0.5
White flour				12	20	12	20
Undaria powder				1		1	
Brewer's yeast				2	0.4	2	0.4
Beta-glucan				0.2	0.2	0.2	0.2
MCM				0.5		0.5	
Vitamin premix ³				1	1	1	1
Mineral premix ⁴				1	1	1	1
Vitamin C(50%)				0.1	0.1	0.1	0.1
Vitamin E(25%)				0.2	0.2	0.2	0.2
Choline(50%)				0.3	0.3	0.3	0.3
Methionine							
Chemical analysis (% of dry matter basis)							
Crude protein	58.3	62.5	61.4	62.8	60.4	62.8	60.4
Crude lipid	4.4	5.0	6.3	6.8	7.8	6.8	7.8
Ash	17.62	13.4	16.6	13.4	12.0	13.4	12.0

¹Fish Commercial diet for eel produced from Purinafeed incorporation (Seongnam, Korea).

²Fish Fish (Mackerel) meal imported from Chile containing 73% crude protein and 9% crude lipid.

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

⁴Mineral 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 12 weeks¹

Diets	Initial mean weight (g)	Final mean weight (g)	Survival (%)	Weight gain (%) ²	Specific growth rate (%/day) ³
CD	105.6±0.59 ^{ns}	156.1±1.76 ^a	100±0.0 ^{ns}	47.9±2.29 ^a	0.56±0.02 ^a
FM	106.4±0.69	176.7±3.51 ^{bc}	100±0.0	66.0±2.89 ^{bc}	0.72±0.02 ^{bc}
FSF	105.6±1.74	170.9±7.45 ^{ab}	100±0.0	61.7±4.49 ^{ab}	0.68±0.04 ^{ab}
EP1	103.3±2.14	184.7±3.55 ^{cd}	100±0.0	78.9±5.16 ^{cd}	0.83±0.04 ^{cd}
EP2	103.1±1.94	174.2±3.08 ^{bc}	100±0.0	69.0±4.31 ^{bc}	0.75±0.04 ^{bc}
SEP1	106.8±0.04	201.0±4.26 ^d	100±0.0	88.2±3.92 ^d	0.90±0.03 ^d
SEP2	107.0±0.04	180.9±2.26 ^{bc}	100±0.0	69.1±2.03 ^{bc}	0.75±0.02 ^{bc}

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), feed efficiency (FE), daily protein intake (DPI) and protein efficiency ratio (PER) of mandarin fish *Siniperca scherzeri* fed experiment diets for 12 weeks¹

Diets	DFI(%) ²	FE(%) ³	DPI(%) ⁴	PER(%) ⁵
CD	0.98±0.01 ^{ab}	56.2±1.49 ^a	0.57±0.01 ^a	0.96±0.03 ^a
FM	1.05±0.01 ^{abc}	67.8±1.34 ^{bc}	0.71±0.01 ^b	1.00±0.02 ^{ab}
FSF	0.91±0.02 ^a	74.0±5.41 ^c	0.56±0.01 ^a	1.02±0.09 ^{ab}
EP1	1.15±0.07 ^c	70.0±1.21 ^{bc}	0.72±0.04 ^b	1.00±0.01 ^{ab}
EP2	1.12±0.09 ^{bc}	65.5±2.43 ^b	0.68±0.06 ^b	1.09±0.04 ^{bc}
SEP1	1.34±0.03 ^d	65.4±0.91 ^b	0.87±0.02 ^c	1.11±0.01 ^c
SEP2	1.11±0.03 ^{bc}	66.0±0.24 ^b	0.71±0.02 ^b	1.04±0.01 ^{ab}

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].

⁵Protein efficiency ratio = weight gain of fish / protein consumed.

성장률은 각각 47.9%와 66.0% 유의하게 높은 결과를 나타내었으며, 상품사료와 상품사료에 어분 및 빙어를 첨가한 실험 결과에서 사료효율은 각각 56.2%, 67.8% 및 74.0%로 상품사료에 어분 또는 빙어를 첨가한 사료가 유의하게 높은 결과를 나타내어 이전의 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

그간 쏘가리의 영양요구량 및 사료이용성에 대한 연구가 많이 수행되었다(Sankian et al., 2017;

2018; 2019a; 2019b). 이를 바탕으로 제조한 실험 배합사료와 쏘가리 양식현장에서 많이 사용되는 상품사료에 어분 또는 빙어를 첨가한 사료와의 비교실험에서는 SEP1 사료가 사료효율에서 차이가 없었으나, 성장이 높은 결과를 나타내었다. 어류의 성장과 사료효율은 사료의 첨가된 단백질원 종류에 따라 달라지며(Kang et al., 1998; Lee, 2016; Moon and Gatlin, 1989), 비타민혼합물의 차이에 따라서도 달라진다(Lee, 2016). 따라서, 단백질

질, 비타민, 사료원료의 종류 및 함량에 따라서 어류의 성장과 사료효율이 달라진다. 또한, 배합 사료인 EP(extruded pellet)는 제조과정 중 스크루(screw)와 배럴(barrel)에서 압력과 컨디셔너(conditioner)에서 열처리로 탄수화물의 소화율을 향상시켰거나(Happer, 1981), 항영양인자의 활성을 감소시켜 사료효율을 향상시킨다고 보고(Peisker, 1994)되어 실험 배합사료가 좋은 결과를 나타낸 것으로 판단되며, 향후 쏘가리 양식의 산업화를 위해서는 이에 대한 보완연구가 체계적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

또한, 쏘가리 양식현장에서는 딱딱한 배합사료 보다는 수분이 많이 함유된 모이스트 펠렛사료가 성장이 더 높다고 인식하고 있는데, 이는 국내 대다수의 해산어 양어자들은 배합사료에 수분을 첨가하지 않고 사용하면 양식어의 성장이 저하되고 소화력이 떨어지며 복부 팽창의 원인이 된다고 인식하고 있어 사료에 물을 흡착시켜 공급하는 실정과 일맥 상통하는데 이에 대한 연구가 필요한 실정이다. 왜냐하면 사료에 수분을 첨가하여 제작 및 보관과정에서 많은 시간과 노동력이 소요되므로 이에 대한 평가가 필요하다.

그러나, 쏘가리를 대상으로 한 본 실험결과에서는 딱딱한 배합사료와 수분을 첨가한 부드러운 배합사료간에는 성장 및 사료효율에 차이가 없었다. 따라서, 딱딱한 배합사료를 부드럽게 만드는

데 드는 노동력과 번거로운 절차없이 사용하여도 무방할 것으로 판단된다. 본 연구결과를 종합적으로 판단하면 쏘가리 양성어의 성장과 사료효율을 위해서는 실험 배합사료 EP1이 가장 적합한 사료로 판단된다.

12주간의 사육실험 종료 후 쏘가리의 일반성분 분석 결과를 <Table 4>에 나타내었다. 사료종류에 따른 쏘가리의 수분, 단백질, 지질 및 회분 함량은 모든 실험구간에서 유의차가 없었다(P>0.05) 이전 쏘가리를 대상으로 사료내 어분과 빙어를 첨가한 실험에서도 쏘가리 전어체의 수분, 단백질, 지질 및 회분함량에 차이가 없어 본 연구와 일치한 결과를 나타내었다(Lee et al., 2018).

12주간의 사육 실험 후, 쏘가리의 미부 혈관에서 채혈한 혈장의 정상 변화를 <Table 5>에 나타내었다. TP, GOT 및 GPT 함량은 실험구간 유의차가 나타나지 않았다(P>0.05). 이전 쏘가리를 대상으로 사료내 어분과 빙어를 첨가한 실험에서도 쏘가리의 혈액내 TP, GOT 및 GPT 함량에 차이가 없어 본 연구와 일치한 결과를 나타내었다(Lee et al., 2018).

본 연구의 결과로부터, 쏘가리 육성어의 성장과 사료효율 결과를 종합적으로 고려하였을 때, 실험 배합사료(EP1)가 가장 적합할 것으로 판단된다.

<Table 4> Proximate composition (%) of the muscle in mandarin fish *Siniperca scherzeri* fed experiment diets for 12 weeks¹

	Diets						
	CD	FM	FSF	EP1	EP2	SEP1	SEP2
Proximate composition (% wet weight)							
Moisture	76.8±0.22 ^{ns}	75.8±0.71	76.6±0.12	77.0±0.11	75.7±0.35	76.9±0.14	76.5±0.16
Crude protein	20.2±0.35 ^{ns}	20.7±0.12	20.5±0.23	21.0±0.28	21.6±0.82	20.2±0.28	20.7±1.12
Crude lipid	1.41±0.46 ^{ns}	1.06±0.07	0.85±0.07	1.07±0.34	1.07±0.47	1.07±0.60	1.21±0.23
Ash	1.41±0.12 ^{ns}	1.19±0.13	1.22±0.08	1.30±0.08	1.29±0.03	1.27±0.01	1.45±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).

<Table 5> Plasma chemical composition of mandarin fish *Siniperca scherzeri* fed experiment diet for 12 weeks¹

	Diets						
	CD	FM	FSF	EP1	EP2	SEP1	SEP2
TP(g/dL)	3.77±0.37 ^{ns}	3.87±0.13	4.33±0.15	4.07±0.09	4.30±0.25	4.40±0.40	4.20±0.06
GOT(U/L)	22.7±2.67 ^{ns}	26.0±6.93	23.0±4.04	32.0±7.77	30.7±4.37	29.7±7.69	26.7±0.88
GPT(U/L)	5.0±0.01 ^{ns}	5.0±0.01	5.0±0.01	5.3±0.33	5.0±0.01	4.0±1.00	4.7±0.01

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, GOT : glutamic oxaloacetic transaminase, GPT : glutamic pyruvic transaminase

References

- AOAC(1995). Official Methods of Analysis, 15th edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA. 1298.
- 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>
- Haper JM(1981). Extrusion of foods.(Vol. I). Boca Raton, FI, CRC Press. 221~246.
- Kang YJ, Lee SM, Hwang HK and Bai SC(1998). Optimum dietary protein and lipid levels on growth in parrot fish *Oplegnathus fasciatus*. J. Aquacult., 11, 1~10.
- 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(2017). 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>
- Lee HM(2016). Effect of Dietary Proteins without Vitamin Premix Supplementation on the Growth and Body Composition of Juvenile Black Rockfish *Sebastes schlegeli*. J. Korean Fish. Soc., 49, 146~153.
- Lee SM, Oh SY, Kim HY and Kim YO(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>
- Li S(1991). Geographical distribution of the Sinipercinae fishes. Zool. Res. 26, 40~44.
- Liang XF(1996). Study on mandarin fish and its culture home and abroad. Fisheries Science and Technology Information 23, 13~17.
- 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>
- Moon HY and Gatlin DM(1989). Amino acid nutrition of the red drum(*Sciaenops ocellatus*); Determination of limiting amino acids and development of a suitable amino acid test diat. In: Takeda, M and T. Watanabe (eds.), The current status of fish nutrition in aquaculture. Proceedings of the Third International Symposium of Feeding and Nutrition in Fish, Toba, Japan, 201~208.
- Peisker M(1994). Influence of expansion on feed components. Feed Mix, 2, 26~31.
- 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 pratical diet for mandarin fish, *Siniperca scherzeri*, Juvenile. *Fish Aqu Sci*, 22, 1.
<https://doi.org/10.1186/s41240-019-0123-6>
- 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 cuuatsi* and *Siniperca scherzeri*. *Journal of Southwest Agriculture University* 27, 898~901.
- 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 Sinipercinae fishes(Family Serranidae). *Zoological Research* 9, 113~126.
-
- Received : 20 March, 2020
 - Revised : 05 April, 2020
 - Accepted : 04 May, 2020