



## 어분 및 빙어 첨가가 쏘가리(*Siniperca scherzeri*)의 성장, 혈액성상 및 체조성에 미치는 영향

이상민 · 오승용\* · 김해영\*\* · 김이오†

강릉원주대학교(교수) · \*한국해양과학기술원(책임연구원) · \*\*한국산업인력공단(선임연구원) ·

†충청북도내수면산업연구소(연구사)

### Effect of Addition of Fish meal and Smelt on the Growth, Blood Content and Body Composition of Mandarin Fish, *Siniperca scherzeri*

Sang-Min LEE · Sung-Yong OH\* · Hae-Young KIM\*\* · Yi-Oh KIM†

Gangneung-Wonju National University(professor) · \*Korea Institute of Ocean Science & Technology(principal research scientist) · \*\*HRDKorea(research engineer) · Chungcheongbuk-do Inland Fisheries Research Institute(researcher)

#### Abstract

This study investigated the effect of addition of fish meal and smelt on the growth, blood content and body composition of mandarin fish, *Siniperca scherzeri*. Six diets were formulated to contain 0 (CD), 15 (FM15), 30 (FM30), 45 (FM45) and 60% (FM60) fish meal, and 50% pond smelt (PS). Two replicates groups of fish (average weight of 114 g) were fed one of the six experimental diets twice daily for 10 weeks. At the end of the feeding trial, weight gain and specific growth rate of fish fed the FM45, FM60 and PS diets were higher than those of fish fed the other diets. Feed efficiency of fish fed the FM45 were higher than those of fish fed the CD, FM15 and FM 30 diets, were not affected by FM60 and PS diets. Body composition and blood chemical composition of fish were not affected by diets. These results indicate that mandarin fish require high protein level in diet for growth and feed efficiency. Therefore, the best diets for mandarin fish were add to fish meal 45% or pond smelt 50% in commercial diets.

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

#### I. 서론

쏘가리 속 (*Siniperca*) 어류는 한국, 중국 및 베트남에 분포한다(Zhou et al., 1998). 우리나라의 경우 *Siniperca scherzeri* 한 종만이 서식하며 서남해로 흐르는 대형 하천의 중상류에 자갈이 깔

린 지역 중 수심이 깊은 곳에 주로 서식한다(Lee et al., 1997). 쏘가리는 맛이 좋고, 높은 시장가격, 빠른 성장 및 높은 질병저항성으로 가장 전망이 밝은 내수면 양식 전락품종이지만(Su et al., 2005; Zohreh et al., 2017), 남획과 서식지 파괴 때문에 쏘가리의 자연 자원량은 급격하게 감소하고 있는

† Corresponding author : 043-220-6522, kimio@korea.kr

※ 이 연구는 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원에서 지원하는 수산실용화기술개발사업 (쏘가리 배합 사료 및 순치기술 개발, 과제번호D11524615H480000120)에 의해 수행되었음

반면(Liang, 1996; Zhang et al., 2009), 수요는 계속 증가하고 있어 양식기술의 개발을 통한 생산량 증대가 필요한 어종이다. 그러나, 쏘가리는 육식성이 매우 강한 어종이며 살아있는 먹이만을 먹는 습성으로 실용사료가 개발되지 못한 실정이다. 살아있는 먹이를 공급해 쏘가리를 생산하는 것은 비경제적이고 효율적이지 않다. 따라서 쏘가리 양식을 산업적으로 발전시키기 위해서는 쏘가리 치어의 사료순치 기술을 개발하는 것이 중요하며, 이를 위한 쏘가리 실용사료의 개발은 매우 중요하다. 최근에 충청북도내수면연구소에서 쏘가리를 대량으로 배합사료에 순치시킬 수 있는 기술을 개발하였다(Kim and Lee, 2017). 이러한 결과를 바탕으로 쏘가리 전용사료 개발을 위한 단백질과 지질함량에 대한 연구(Zohreh et al., 2017)와 더불어 쏘가리의 적정 사육수온(Kim and Lee, 2016), 사료내의 어분첨가 효과(Kim and Lee, 2017) 및 사육밀도(Lee and Kim, 2017) 연구가 수행되었다.

효율성이 높은 고품질 사료를 개발하기 위해서는 먼저 여러 종류의 영양소 요구량을 구명하여 어종에 맞는 사료를 설계해야 한다. 그러나, 이러한 모든 영양소의 종류와 요구량을 구명하는데 수많은 노력과 시간이 필요하다. 완벽한 쏘가리 전용사료가 개발되기 전까지, 차선책으로 쏘가리 양식현장에서 쉽게 사용할 수 있는 먹이원의 개발 및 영양소 함량 제시가 병행되어야 한다.

쏘가리 양식현장에서는 생먹이, 냉동먹이, 담수 어 시판사료 및 시판사료에 다양한 원료를 첨가하여 자체 제작한 사료를 공급하면서 사육관리하고 있는 실정으로, 먹이종류에 따른 효능의 과학적인 비교, 분석없이 사용하고 있다. 특히, 실제 쏘가리 양어가들은 시판사료와 이의 효율 향상을 위한 어분과 빙어 첨가에 대한 정확한 검증없이 적용하고 있다.

새로운 양식품종을 산업적으로 개발하기 위해서 양식생산량을 증대를 위한 사육기술, 배합사료 품질향상 및 사료공급 체계 등에 다양한 연구

들이 필요하다. 그중에서 어류의 사료 섭취는 사육환경, 사료조성, 사료형태 및 사료공급체계 등에 영향을 받는다(Lee et al., 2000a; Lee et al., 2000b). 이 중 사료조성 및 사료형태는 어류의 성장 및 사료효율을 개선시킬 수 있다(Lee et al., 2000b; Ng et al., 2000).

따라서, 본 연구는 양식현장에서 사용되고 있는 시판사료와 시판사료에 어분을 혼합한 사료(4종류) 및 빙어를 혼합한 사료(1종류)를 제작하여 쏘가리 사육시 먹이원의 종류가 성장, 체성분 및 혈액 성상에 미치는 영향을 조사하기 위해서 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험어 및 사육관리

실험어는 충청북도내수면산업연구소에서 배합사료로 순치하여 양성한 쏘가리를 사용하였으며, 실험시작 2주전부터 실험사료를 하루 2회(10:00, 16:00시) 공급하면서 예비 사육하였다. 예비 사육 후, 평균무게 114 g인 쏘가리를 무작위로 20마리씩 2반복으로 원형수조(용량 200 L)에 수용하여 10주간 사육하였다.

실험은 침전조(2,000 L) 1개와 실험조(200 L) 12개로 이루어진 순환여과 시스템에서 동일한 수온(25℃)과 수질환경(pH 6.4~8.1, DO 5.7~7.8 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

실험에 사용된 먹이종류는 국내 쏘가리 양식현장에서 사용되는 뱀장어 양성용 시판 상품사료

(46.8% 단백질 함량, CD), 시판 상품사료(CD)에 어분 15% (FM15), 어분 30% (FM30), 어분 45% (FM45), 어분 60% (FM60) 및 시판 상품사료(CD)에 빙어 50% (Pond smelt, PS)를 적당량의 물을 첨가, 혼합하여 사료제조기로 pellet 형태로 사료를 성형하였으며, 총 6종류의 먹이원을 실험에 사용하였다(<Table 1>). 모든 실험 사료는 -25°C 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 3. 어체 측정 및 성분분석

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

어체의 성분분석을 위하여 각 실험수조에서 3마리씩을 무작위로 샘플하여 냉동보관(-25°C)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°C의 dry oven에서 6시간 건조 후 측정하였다. 회분은 600°C 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정 하였다.

### 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 7,500 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 혈장을 동결보존(-70°C)하였다. 분석은 혈액분석기(DRI-CHEM NX500i, FUJIFILM)를 사용하여 total protein (TP), total cholesterol (TC), glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT), alkaline phosphatase (ALP), lactate dehydrogenase (LDH) 및 albumin (ALB)을 각각 분석하였다.

### 5. 통계분석

결과의 통계처리는 SPSS Ver. 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, U.S.A.) program을 사용하여 One-way

<Table 1> Ingredient and proximate composition of experimental diets for mandarin fish<sup>1</sup>

Ingredients (%)	Diets					
	CD	FM15	FM30	FM45	FM60	PS
Commercial diet <sup>1</sup>	100	85	70	55	40	
		15				
Fish meal <sup>2</sup>			30			
				45		
					60	
Pond smelt <sup>3</sup>						50
Chemical analysis (% of dry matter basis)						
Crude protein	46.8	49.9	52.3	55.7	58.5	56.4
Crude lipid	8.45	5.86	6.30	7.73	6.40	6.21
Ash	9.18	8.61	8.61	8.09	8.81	8.54

<sup>1</sup>Commercial diet for freshwater fish produced from Purinafeed incorporation (Seongnam, Korea).

<sup>2</sup>Fish meal imported from Chile containing 63% crude protein and 9% crude lipid.

<sup>3</sup>Pond smelt (*Hypomesus olidus*) captured from Daecheong Lake, containing 18.4% crude protein and 0.9% crude lipid.

ANOVA-test를 실시한 후 Turkey's multiple range test로 평균 간의 유의성을 95% 신뢰수준에서 검정하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

10주간의 사육실험 후, 쓰가리의 성장 및 사료 이용성을 <Table 2>와 <Table 3>에 각각 나타내었다.

사육실험 기간 동안의 생존율은 93.5% 이상으로 나타났으며, 모든 실험구간에 차이는 없었다 ( $P>0.05$ ). 최종 무게, 증중율(weight gain) 및 일간

성장률(specific growth rate)은 FM45, FM60 및 PS 실험구가 CD, FM15, FM30 실험구보다 유의하게 높은 결과를 보였다( $P<0.05$ ). 사료효율(feed efficiency)은 FM60 실험구가 CD, FM15 및 FM30 보다 유의하게 높은 결과를 나타내었으나 ( $P<0.05$ ), FM45 및 PS간에는 유의적인 차이가 없었다( $P>0.05$ ). 쓰가리의 일일사료섭취율(daily feed intake)은 FM45, FM60 및 PS실험구가 CD 및 FM15 보다 유의하게 낮은 결과를 나타내었으나 ( $P<0.05$ ), FM30와는 유의적인 차이는 없었다 ( $P>0.05$ ).

<Table 2> Growth performance of mandarin fish, *Siniperca scherzeri* fed experiment diets for 10 weeks<sup>1</sup>

Diets	Initial mean weight (g)	Final mean weight (g)	Survival (%)	Weight gain (%) <sup>2</sup>	Specific growth rate (%/day) <sup>3</sup>
CD	114.7±0.14	167.0±6.48 <sup>a</sup>	93.5±0.71 <sup>ns</sup>	45.6±5.47 <sup>a</sup>	0.5±0.05 <sup>a</sup>
FM15	114.4±0.21	175.6±4.40 <sup>a</sup>	95.0±1.41	53.6±4.13 <sup>a</sup>	0.6±0.04 <sup>a</sup>
FM30	114.4±0.49	182.8±2.74 <sup>a</sup>	97.5±0.71	59.8±3.08 <sup>a</sup>	0.7±0.03 <sup>a</sup>
FM45	115.4±0.07	207.2±7.17 <sup>b</sup>	96.5±2.12	79.6±6.11 <sup>b</sup>	0.8±0.05 <sup>b</sup>
FM60	115.0±0.35	208.3±4.30 <sup>b</sup>	98.0±1.41	80.2±3.18 <sup>b</sup>	0.8±0.03 <sup>b</sup>
PS	114.9±0.21	205.7±3.05 <sup>b</sup>	96.5±0.71	79.0±2.33 <sup>b</sup>	0.8±0.02 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Values (mean±SE of replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ( $P<0.05$ ).

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

<sup>3</sup>(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 10 weeks<sup>1</sup>

Diets	FE(%) <sup>2</sup>	DFI(%) <sup>3</sup>	DPI(%) <sup>4</sup>	PER(%) <sup>5</sup>
CD	54.2±3.24 <sup>a</sup>	0.81±0.03 <sup>a</sup>	0.38±0.01 <sup>a</sup>	1.16±0.07 <sup>a</sup>
FM15	66.7±1.70 <sup>b</sup>	0.80±0.01 <sup>a</sup>	0.40±0.06 <sup>ab</sup>	1.34±0.03 <sup>ab</sup>
FM30	69.6±3.90 <sup>bc</sup>	0.90±0.05 <sup>ab</sup>	0.47±0.04 <sup>bc</sup>	1.33±0.07 <sup>ab</sup>
FM45	78.5±0.99 <sup>cd</sup>	0.97±0.08 <sup>b</sup>	0.54±0.07 <sup>cd</sup>	1.41±0.02 <sup>b</sup>
FM60	80.1±2.06 <sup>d</sup>	0.99±0.03 <sup>b</sup>	0.58±0.02 <sup>d</sup>	1.37±0.04 <sup>b</sup>
PS	79.4±1.48 <sup>cd</sup>	0.96±0.04 <sup>b</sup>	0.54±0.08 <sup>cd</sup>	1.41±0.03 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Values (mean±SE of replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ( $P<0.05$ ).

<sup>2</sup>Feed efficiency (%) = fish wet weight gain×100/feed intake (dry matter).

<sup>3</sup>Feed intake × 100 / [(initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.) × days reared / 2].

<sup>4</sup>Protein intake × 100 / [(initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.) × days reared / 2].

<sup>5</sup>Fish wet weight gain / protein intake.

일일단백질섭취율(daily protein intake)은 FM45, FM60 및 PS실험구가 CD 및 FM15 보다 유의하게 높았으나( $P < 0.05$ ), FM30와는 차이가 없었다( $P > 0.05$ ). 단백질전환효율(protein efficiency ratio)은 FM45, FM60 및 PS 실험구가 CD 실험구보다 유의하게 높았으나( $P < 0.05$ ), FM15 및 FM30 간에는 유의적인 차이는 없었다( $P > 0.05$ ).

어류는 육상동물에 비하여 단백질 요구량이 높아 높은 단백질 함량의 사료원료가 주로 사용된다. 특히 육식성 어류는 잡식성이나 초식성 어류처럼 식물성 단백질의 이용성이 높지 않기 때문에 배합사료에 어분이 주 단백질원으로 사용되고 있다. 이처럼 어분은 여러 가지 영양소의 균형이 잘 갖추어진 양질의 사료 단백질원이므로 양식현장에서는 배합사료의 품질을 개선하기 위해 어분을 첨가하여 사용하고 있다. 대체로 사료내 단백질 함량이 증가함에 따라 어류의 성장이 증가하다가 요구량 이상의 단백질 함량이 섭취되면 성장이 유지되거나 최대 성장점보다 다소 낮아지는 경향을 보인다(Cowey et al., 1972; El-Sayed and Teshima, 1992; Lee et al., 1993; Santiago and Reyes, 1991). 본 실험에서 시판사료에 어분 첨가량을 15 ~ 45% 로 증가시키면 단백질 함량이 47 ~ 56%로 증가하고 이에 따라 쏘가리의 성장 및 사료효율이 유의하게 증가하였다. 그러나, 어분 첨가량 45%(사료 단백질 함량 56%)와 60%(사료 단백질 함량 59%) 실험구와는 유의적인 차이를 보이지 않았고, 이전의 연구결과에서도 어분첨가량 25% 첨가보다 50% 첨가가 유의하게 높은 결과를 나타내었다(Kim and Lee 2017; Zohreh et al., 2017). 또한 쏘가리 치어를 대상으로 한 단백질요구량 실험에서 단백질 함량이 35~55% 로 증가함에 따라 성장 및 사료효율이 유의하게 높아지는 결과를 나타내어 동일한 결과를 나타내었다(Zohreh et al., 2017). 시판사료에 단백질 함량을 높이기 위한 방법으로 양어가에서는 어분의 첨가 외에도 주로 빙어를 직접 첨가하는 방법이 많이 사용된다. 따라서, 시판사료에 빙어를 50% 첨가

하여 단백질 함량을 56%까지 높인 실험사료와 최적의 어분첨가량인 56% 실험구와는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이전의 넙치를 대상으로 한 배합사료와 생사료의 비교실험에서도 단백질 함량 50 ~ 55% 실험구간에서도 성장에 차이를 보이지 않아서 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다(Cho et al., 2005; Kim et al., 2006; Kim et al., 2014). 본 실험 결과로 보아 시판사료에 어분을 45% 첨가하거나 빙어를 50% 첨가하는 것이 좋을 것으로 판단된다. Wilson and Halver (1986)는 잡식성어류에 속하는 차넬메기, 잉어 및 틸라피아는 모두 성장함에 따라 단백질 요구량이 점차 낮아지는 것을 확인하였다. 그러나, 육식성어류인 조피볼락에서는 크기 및 연령에 따른 차이가 나타나지 않았다(Lee et al., 1993). 본 실험 결과, 쏘가리의 단백질 요구량이 56%로 높게 나타나는 것은 쏘가리가 육식성 어류임을 나타내며, 이전의 연구에서 8 ~ 100 g 인 쏘가리에서는 어체 크기에 따른 단백질 요구량에는 차이가 없는 것으로 나타났다(Kim and Lee 2017; Zohreh et al., 2017). 그러나, 사료내 단백질 함량이 높아짐에 따라 유의하게 높은 사료효율, 일일사료섭취율 및 단백질 전환효율을 보인 점으로 보아, 사료내 낮은 단백질 함량의 사료보다 높은 단백질 함량의 사료를 효율적으로 사용한다는 것을 의미한다. 이러한 경향은 다른 육식성 담수어류인 Perch(Nyina-wamwiza et al., 2005), 가물치(Aliyu-Paiko et al., 2010), 쏘가리(Zohreh, 2017)에서 보고된 바 있다.

10주간의 사육실험 종료 후 쏘가리의 일반성분 분석 결과를 <Table 4>에 나타내었다. 다양한 먹이원에 따른 쏘가리의 수분, 단백질, 지질 및 회분 함량은 모든 실험구간에서 유의차가 없어( $P > 0.05$ ) 이전의 방어(Vidal et al., 2008), 대구(Morais et al., 2001), 배스(McGoogan and Gatlin, 1999) 및 쏘가리(Zohreh et al., 2017)의 연구 결과와 유사하였다. 그러나, topmouth culter(Zhang et al., 2015)와 red porgy(Schuchardt et al., 2008)와는

어분 및 빙어 첨가가 쏘가리(*Siniperca scherzeri*)의 성장, 혈액성상 및 체조성에 미치는 영향

다른 결과를 보였는데, 이것은 어종, 실험조건 및 사료조성의 차이로 생각된다.

10주간의 사육 실험 후, 쏘가리의 미부 혈관에서 채혈한 혈장의 성상 변화를 <Table 5>에 나타내었다. 두 실험 모두에서 TP, TC, GOT, GPT, ALP, LDH 및 ALB 함량은 실험구간 유의차가 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 이전의 어분 함량에 따른 실험과 동일한 결과를 나타내었다(Kim and Lee, 2017).

본 연구의 결과로부터, 쏘가리는 시판 배합사료에 어분을 45% 첨가하거나, 빙어를 50% 첨가하여 사료 내 단백질 함량을 56%로 높여 주는 것이 쏘가리의 성장 및 사료효율을 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 결과는 양식현장에 종사하는 양어가들의 효율적인 쏘가리 사육관리에 유용한 정보를 제공할 것이다.

<Table 4> Proximate composition of mandarin fish, *Siniperca scherzeri* fed experiment diet for 10 weeks<sup>1</sup>

Diets	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Ash (%)
CD	70.6±2.62 <sup>ns</sup>	17.7±0.64 <sup>ns</sup>	2.56±0.12 <sup>ns</sup>	5.3±0.27 <sup>ns</sup>
FM15	71.5±3.61	18.4±2.05	3.35±0.45	5.9±0.91
FM30	72.5±0.57	17.8±0.78	3.17±0.95	5.5±0.59
FM45	68.4±4.53	19.1±0.92	3.62±3.37	6.1±0.52
FM60	71.6±2.83	18.0±0.78	4.15±1.65	5.5±0.39
PS	73.7±1.70	17.6±0.78	4.46±1.05	5.0±0.71

<sup>1</sup>Values (mean±SE of replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ( $P<0.05$ ).

<sup>ns</sup>Not significant ( $P>0.05$ ).

<Table 5> Plasma chemical composition of mandarin fish, *Siniperca scherzeri* fed experiment diet for 10 weeks

	Diets					
	CD	FM15	FM30	FM45	FM60	PS
TP(g/dl)	4.2±0.30 <sup>ns</sup>	4.3±0.20	4.2±0.30	4.5±0.25	3.7±0.05	3.9±0.70
TC(mg/dl)	234.0±15.0 <sup>ns</sup>	230.5±6.5	214.5±37.5	208.0±24.0	219.0±7.00	209.5±32.5
GOT(U/L)	39.0±7.0 <sup>ns</sup>	26.5±10.5	23.0±6.0	63.5±31.5	54.5±15.5	35.0±7.0
GPT(U/L)	8.0±2.0 <sup>ns</sup>	6.0±0.01	5.5±0.50	17.5±2.50	17.5±6.50	6.0±1.00
ALP(U/L)	328.5±21.5 <sup>ns</sup>	309.0±9.00	243.5±55.5	234.0±18.0	298.5±30.5	227.0±93.0
LDH(U/L)	294.5±70.5 <sup>ns</sup>	132.0±84.0	85.0±10.0	473.5±28.5	147.0±99.0	227.0±93.0
ALB(g/dl)	0.9±0.03 <sup>ns</sup>	0.9±0.10	0.9±0.01	0.9±0.10	0.7±0.01	0.9±0.15

Values are mean±SE of replications. <sup>ns</sup>Not significant ( $P>0.05$ ).

TP : total protein, TC : total cholesterol, GOT : glutamic oxaloacetic transaminase, GPT : glutamic pyruvic transaminase, ALP : alkaline phosphatase, LDH : lactate dehydrogenase, ALB : albumin

## References

- Aliyu-Paiko M, Hashim R and Shu-Chien AC(2010). Influence of dietary lipid/protein ratio on survival, growth, body indices and digestive lipase activity in snakehead(*Channa striatus*, Bloch 1793) fry reared in re-circulating water system. *Aquacult Nutr.* 16, 466~474.
- AOAC(Association of Official Analytical Chemists)(1995). *Official Methods of Analysis*, 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA.
- Cho SH, Lee SM and Lee JH(2005). Effect of the extruded pellets and raw fish-based moisture pellet on growth and body composition of flounder, *Paralichthys olivaceus* L. for 10 months. *J. Aquacult*, 18, 60-65.
- Cowey CB, Pope JA, Adron JW and Blair A(1972). Studies on the nutrition of marine flatfish. The protein requirement of plaice (*Pleuronectes platessa*). *Br. J. Nutr.* 28, 447~456.  
<https://doi.org/10.1079/BJN19720114>
- El-Sayed AM and Teshima S(1992). Protein and energy requirements of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fry. *Aquaculture* 103, 55~63.  
[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(92\)90278-s](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90278-s)
- Kim KD, Kang YJ, Lee HY, Kim KW, Kim KM and Lee SM(2006). Evaluation of extruded pellets as a growing diet for adult flounder *Paralichthys olivaceus*. *J Aquacult.* 19, 173~177.
- Kim KW, Kim KD, Lee BJ, Han HS, An CM, Lee KJ, Bai SC and Kim SS(2014). Comparative evaluation of extruded and moist pellets for development of high efficiency extruded in olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *J Aquacult.* 47, 801~809. <https://doi.org/10.5657/kfas.2014.0801>
- 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 SM., Cho SH and Kim DJ(2000a). Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture Research* 31, 917~921.  
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2000.00505.x>
- Lee SM, Hwang UG and Cho SH(2000b). Effects of feeding frequency and dietary moisture content on growth, body composition and gastric evacuation of juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *Aquaculture* 187, 399~409.  
[https://doi.org/10.1016/s0044-8486\(00\)00318-5](https://doi.org/10.1016/s0044-8486(00)00318-5)
- 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.
- Lee JY, Kang YJ, Lee SM and Kim IB(1993). Protein requirements of the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *J. Aquacult.* 6, 13~27.
- Lee WO, Jang SI, Lee JY and Son SJ(1997). Comparison of morphological and chromosomal characteristics and cross breeding of the two types Korean mandarin fish, *Siniperca scherzeri*. *Kor. J. Ichthyol.* 9, 228~234.
- Liang XF(1996). Study on mandarin fish and its culture home and abroad. *Fisheries Science and Technology Information* 23, 13~17.(in Chinese)
- Ng WK., Lu KS, Hashim R and Ali A(2000). Effects of feeding rate on growth, feed utilization and body composition of a tropical bagrid catfish. *Aquacult. Int.* 8, 19~29.
- McGoogan BB and Gatlin DM(1999). Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum(*Sciaenops ocellatus*) 1. Effects of dietary and energy levels. *Aquaculture* 178, 333-348.  
[https://doi.org/10.1016/s0044-8486\(99\)00137-4](https://doi.org/10.1016/s0044-8486(99)00137-4)
- Morais S, Bell JG, Robertson DA, Roy WJ and Morris PC(2001). Protein/lipid ratios in extruded diets for Atlantic cod, *Gadus morhua* L.: effects on growth, feed utilisation, muscle composition and liver histology. *Aquaculture* 203, 101~119.  
[https://doi.org/10.1016/s0044-8486\(01\)00618-4](https://doi.org/10.1016/s0044-8486(01)00618-4)
- Nyina-wamwiza L, Lu XL, Blanchard G and Kestemont P(2005). Effect of dietary protein, lipid

- and carbohydrate ratio on growth, feed efficiency and body composition of pikeperch *Sander lucioperca* fingerlings. *Aquac Res.* 36, 486-462.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01233.x>
- Santiago CB and Reyes OS(1991). Optimum dietary protein level for growth of bighead carp(*Aristichthys nobilis*) fry in a static water system. *Aquaculture* 93, 155~165.  
[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(91\)90214-r](https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90214-r)
- Schuchardt D, Vergara JM., fernandez-Palacios H, Kalinowski CT, Hernandez-Cruz CM, Lzquierdo M S and Robaina L(2008). Effects of different dietary protein and lipid levels on growth, feed utilization and body composition of red porgy(*Pagrus pagrus*) fingerlings. *Aquacult Nutr.* 14, 1~9.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00484.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).
- Vidal AT, Garcia FDG, Gomes AG and Cerda M J(2008). Effect of the protein/energy ratio on the growth of Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerili*). *Aquac Res* 39, 1141~1148.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01975.x>
- Wilson RP and Halver JE(1986). Protein and amino acid requirement of fishes. *Ann. Rev. Nutr.* 6, 225~244.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.nu.06.070186.001301>
- 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>
- Zhang YL, Song L, Liu RP, Zhao ZB, He H, Fan QX and Shen ZG(2015). Effects of dietary protein and lipid levels on growth, body composition and flesh quality of juvenile topmouth culter(*Culter alburnus* Basilewsky). *Aquac Res.* 47, 2633~2641.  
<https://doi.org/10.1111/are.12712>
- Zohreh S, Sanaz K, 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>

- 
- Received : 10 October, 2018
  - Revised : 02 November, 2018
  - Accepted : 13 November, 2018