

배합사료 종류가 넙치 *Paralichthys olivaceus* 치어의 성장 및 체성분에 미치는 영향

이해영* · 유해균

국립수산과학원 동해수산연구소 양식산업과

Effects of Various Diets on Growth and Body Composition of Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus* by HaeYoung Moon Lee* and Hae-kyun Yoo (Aquaculture Industry Division, East Sea Fisheries Institute, National Institute of Fisheries Science, Gangneung 25435, Republic of Korea)

ABSTRACT The 7-week feeding experiment was conducted to investigate the effects of one experimental diet (ED) and five different commercial diets (CDs) on growth and body composition of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. An ED was formulated to contain 50.0% crude protein (CP) from fishmeal, casein, zein and wheat flour and 15.0% crude lipid (CL) from squid liver oil. Five CDs for seawater fish were two domestic E commercial diet (DECD) and C commercial diet (DCCD), three imported H commercial diet (IHCD), M commercial diet (IMCD) and O commercial diet (IOCD) containing 53.1~58.0% CP and 4.8~12.7% CL, respectively. Each diet was fed to triplicate groups of juvenile olive flounder initially weighing 29.1 ± 0.8 g/fish (mean \pm SD) in a flow-through seawater system with a water temperature of 23.4~28.0°C. Weight gain (WG) was significantly greatest in fish fed the IMCD; intermediate responses were observed for fish fed the DECD, DCCD, and IOCD, while the IHCD and the ED produced the lowest WG values. Feed efficiencies (FE) were similar to WG excluding fish fed the DCCD; FE was also greatest in fish fed the DCCD. Survival with no significant difference approached 100% for fish fed the all six diets in this experiment. Whole-body crude protein and ash contents were not affected excluding moisture and crude lipid by the different type of diets. Therefore, type of diets appeared to be important factor in influencing WG, FE and whole-body moisture and crude lipid of juvenile olive flounder; the best diet for juvenile olive flounder was determined to be the imported commercial M diets containing intermediate protein (55.9%) and lipid (12.7%) in natural seawater based on highest WG, and FE, respectively. This study indicates that the one commercially formulated diet containing intermediate protein and lipid used in this experiment could be a practical diet for juvenile olive flounder; these differences in growth performance between ED and CDs may be due to different dietary protein and lipid levels.

Key words: Olive flounder, diet, growth, feed efficiency, body composition, survival

서 론

우리나라 해산어류 양식은 1980년대 초까지만 해도 자연산 방어 치어를 채포하여 생사료를 공급하는 수준이었다. 그러나 최근에는 수산양식 인공종묘 생산기술, 먹이 및 사료 개

발 등 수산양식기술이 발전하여 육상수조식 및 해상가두리식 양식이 활발하게 이루어지고 있다. 이에 따라 해산어류 양식 생산량은 1986년에 방어위주로 2,900톤이던 것이 넙치, 조피볼락 등 중심으로 최대 십만 여 톤을 생산하여 약 35배로 증가한 후 최근에는 다소 감소 또는 정체하는 추세이다(NFRDI, 2007, 2009, 2010; Statistics Korea, 2016). 우리나라 등 동북아시아의 기후조건에 적합한 넙치와 조피볼락은 해산어류 중 빠

*Corresponding author: HaeYoung Moon Lee Tel: 82-33-660-8548, Fax: 82-33-661-8514, E-mail: hylee315@korea.kr

른 성장과 높은 사료효율로 주요 양식 종으로 부각됨에 따라 효율적 양식을 위한 적합한 사료를 개발하기 위하여 적정 사료원료의 종류 및 함유량과 단백질, 지질 및 필수지방산, 탄수화물 요구량 등에 대한 영양연구가 지속적으로 수행되어 왔다 (NFRDI, 1993, 2009, 2010).

넙치 양식산업을 지속적으로 발전시키기 위해서는 성장, 사료효율 및 생존율을 향상시킬 수 있는 넙치용 먹이 및 사료 개발이 필수적이다. 예로 돌돔 치어의 경우 먹이 종류가 성장 및 사료효율에 유의적인 영향을 주었음을 구명한 사례가 있었다 (Lee and Nam, 2015). 먹이로 사용 중인 사료 개발에는 필수 영양소에 대한 요구량 및 적정 첨가량이 필요한데 이것은 어류에서도 수심 여종의 단백질, 지질, 탄수화물 등 주요 영양소에 더하여 아미노산, 지방산, 미네랄 및 비타민 등 다양한 미량 영양소가 있음이 밝혀지고 있기 때문이다 (NRC, 1983, 1993, 2011). 효율성이 높은 고품질 사료를 개발하기 위해서는 먼저 이들 수심 여종의 요구량을 구명하여 어종에 맞는 사료설계를 해야 한다. 그러나 이러한 모든 필수 영양소의 종류와 요구량을 구명하는데 수많은 노력과 시간이 필요하다. 어류에 필요한 영양소 중 특히 단백질 및 이들의 구성성분인 아미노산은 성장에 있어 가장 중요한 영양소 중 하나로 양어사료 중 높은 함량과 비용을 차지하기 때문에 많은 연구가 우선적으로 수행되었다 (Moon and Gatlin, 1989, 1991, 1994; NRC, 1993, 2011; Lee *et al.* 2001). 넙치의 영양 요구량 (Forster and Ogata, 1998; Furuita *et al.*, 1999; Alam *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2000, 2002; Alam *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2002)에 기초하여 다양한 사료원료 이용성 연구결과로 넙치용 사료조성물에 대하여 특허등록도 되었고 (Lee *et al.*, 2006) 이후 경제적인 사료 개발을 위하여 오징어부산물물의 이용성에 관한 연구도 수행하였다 (Lee *et al.*, 2012).

본 연구에서는 넙치 치어에서 지금까지 구명된 영양요구량에 기초한 배합사료 조성비 (Lee *et al.*, 2012)로 실험실에서 자체 제조한 실험사료 (ED)와 넙치 양식장 현장에서 사용되고 있는 상품사료 (CD)인 국내산 2개 제품, 수입산 3개 제품에 대한 배합사료 종류별 사육효과를 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험사료

배합사료 종류로는 실험사료 (Experimental Diet, ED)로 실험실에서 자체 제조한 건조펠렛 (Experimental Dry Pellet, EDP), 국내 넙치양식 현장에서 사용되고 있는 해산어용 상품사료 (Commercial Diet, CD)는 국내산 C사 (DCCD, Republic of Korea)와 E사 (DECD, Republic of Korea)의 상품사료 (Commercial Extruded Pellet, CEP), 국외산으로 H사 (IHCD,

Japan), M사 (IMCD, Japan)와 O사 (IOCD, Japan)의 상품사료 (CD)를 사용하였다 (Table 1). 자체 제조한 해산어인 넙치용 ED는 단백질 원료로 어분 44.0%, 카제인 10.0%, 제인 8.0%를 첨가하였으며 지질 원료는 오징어간유 12.3%를 사용하였다. 또한, 탄수화물원료로 소맥분을 18.0% 첨가하여 에너지 함량을 적절히 맞추었으며 3.0% 미네랄 혼합물과 3.0% 비타민 혼합물을 첨가하였다. 이와 같이 단백질, 지질, 탄수화물은 넙치 요구량에 맞도록 준비하였다 (Lee *et al.*, 2012). 사료 제조를 위하여 분말상태의 사료원료는 혼합기로 혼합한 후 모이스트펠렛 (MP) 제조기로 성형하였다. 제조된 사료는 냉동고 (-25°C)에 보관하면서 사료공급 시마다 필요한 분량만큼 적절한 크기 (3.0~5.0 mm)로 사용하였다 (Moon and Gatlin, 1991; Moon and Gatlin, 1994).

2. 실험어 및 사육관리

실험어는 국립수산과학원 (육종연구센터)의 10톤 FRP 사각 수조에서 동일 어미로부터 채란하고 인공종묘를 생산하여 배합사료로 사육한 넙치 치어를 사용하였다. 실험 시작 시 유수식으로 1일 3~4회 먹이를 공급하여 예비사육 하였으며 동일 어미로부터 출산한 평균 체중 29.1 ± 0.8 g의 넙치 치어 15마리씩을 60 L (지름 66 cm, 높이 70 cm) 원형 FRP 수조에 3반복 수용하여 1일 2회 (09:30, 16:00) 먹이를 반복 공급하였다. 고압모래 여과장치로 여과된 자연해수를 실험 시작 시에 3 L/min씩 흘러주었고, 실험어가 성장함에 따라 실험 종료 시에는 5 L/min으로 조절하였다. 각 수조당 에어스톤을 설치하여 용존산소는 정상적인 성장에 필요한 5 ppm 이상으로 유지하였다. 자연광주기를 이용하여 7주간 실험하였으며 이 기간 동안의 사육수온은 자연수온으로 23.4~28.0°C이었다.

3. 샘플 수집 및 분석

어체 측정은 실험 시작 시 전 실험어의 체중을 측정하였고, 실험 종료 후에는 2일간 절식시킨 후 Tricaine methanesulfonate (MS222, Sigma, St. Louis, MO, USA) 100 ppm으로 마취시켜 각 실험수조에 수용된 실험어 전체 체중을 측정하였다. 분석용으로 냉동 보관하던 어체 중 전어체 분석을 위하여 실험구별로 5마리씩 무작위 추출하였으며, 어체를 잘 간 다음 균질하게 혼합하여 일반성분 분석을 AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 1990) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법으로 105°C의 dry oven에서 4시간 동안 건조 후 측정하였다. 회분은 직접회화법으로 550°C의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량하였다. 조단백질 (CP)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt)를 사용하여 질소정량법 (Nx6.25), 조지질 (CL)은 샘플을 12시간 동결 건조한 후 Soxtec system 1046 (Tator AB, Sweden)을 사용하여

Table 1. Composition (% dry wt.) of experimental and commercial diets

Ingredient	Diet ⁹ Experimental diet (ED)	Commercial diet (CD)				
		DECD	DCCD	IHCD	IMCD	IOCD
Fish meal ¹	44.0					
Wheat flour ²	18.0					
Casein ³	10.0					
Squid liver oil ⁴	12.3					
Zein ⁵	8.0	Closed formula	Closed formula	Closed formula	Closed formula	Closed formula
Mineral premix ⁶	3.0					
Vitamin premix ⁷	3.0					
Feeding attractant ⁸	1.7					
Nutrient content (% dry matter basis) ¹⁰						
Crude protein	50.0	53.1	55.9	53.3	55.9	58.0
Crude lipid	15.0	4.8	8.0	6.0	12.7	6.1
Crude ash	11.2	15.0	11.6	12.6	15.5	16.2
Moisture	33.1	9.1	4.5	5.9	7.9	5.9

¹Produced by steam dry method, Korea Fish Meal Co., Busan, Republic of Korea.

²Same as Lee and Nam (2015).

³United States Biochemical Corporation, Cleveland, OH, USA.

⁴Provided by E-wha Oil and Fat Ind. Co., Busan, Republic of Korea.

⁵Sigma Chemical, St. Louis, MO, USA.

⁶Contains (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.

⁷Contains (as g/kg): ascorbic acid, 92.7; DL- α -tocopherol (250,000 IU/g), 14.5; thiamine, 2.1; riboflavin, 7.0; pyridoxine, 1.4; niacin, 27.8; D-Calcium-pantothenate, 9.7; myo-inositol, 139.1; D-biotin, 4.2; folic acid, 0.5; p-amino benzoic acid, 13.9; K₃(2-Methyl-1,4-naphthoquinone), 1.4; Vitamin A, 0.6; Vitamin D₃ (7-Dehydrocholesterine), 0.002; choline chloride, 278.3; cyanocobalamin, 0.003; cellulose, 531.7.

⁸Halver (1957).

⁹Kanazawa (1980).

¹⁰Abbreviations used; EDP = experiment diet; DECD = domestic E company diet; DCCD = domestic C company diet; IHCD = imported H company diet; ILCD = imported L company diet; IOCD = imported O company diet.

¹⁰Values are means of two replicate data from our laboratory analysis.

soxhlet 추출법으로 각각 분석하였다.

4. 통계처리

결과의 통계처리는 SPSS프로그램을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시한 후 실험구간에 유의적인 차이가 있으면 ($P < 0.05$), Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균 간의 유의성 ($P < 0.05$)을 검정하였다.

결과 및 고찰

최초체중 (IBW) 29.1 ± 0.8 g 넙치 치어를 실험사료 (ED)와 상품사료 (CD)로 7 주간 사육한 결과 최종체중 (FBW), 증체율 (WG), 사료효율 (FE) 및 전어체 (WB)의 일반성분 중 수분 및 지질에서 유의적인 ($P < 0.05$) 차이가 나타났지만 (Table 2), 생존율 및 WB의 일반성분 중 단백질 및 회분에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다 (Table 3). 29.1 g 넙치 치어는 사육실험 후에는 배합사료 종류에 따라 FBW가 57.7~73.6 g, WG도 93~160%로 실험구간 유의적인 성장 차이를 나타내었다. 또한 FE는 71~121%이었으며 성장과 유사한 경향을 나타내었

다 (Table 2). IMCD구에서 73.6 g으로 가장 높은 FBW를 나타내었으며, 다음으로 DCCD구, DECD구 및 IOCD구에서 70.0, 68.4 및 67.8 g이었다. IHCD구에서 61.7 g으로 CD구 중에서 가장 낮았으며 모든 실험구 중 ED구도 57.7 g로 FBW에서도 유의적으로 가장 낮게 나타났다. 또한, IMCD구에서 160%로 가장 높은 WG을 나타내었으며, 다음으로 DCCD구, DECD구 및 IOCD구에서 141, 132 및 135%로 중간 값을 나타내었고, IHCD구는 111%로 CD구 중 가장 낮았다. 모든 실험구 중 ED구는 WG가 93%로 유의적으로 가장 낮게 나타났다. DCCD구와 IMCD구에서 각각 118%와 121%로 가장 높은 FE를 나타내었으며, IOCD구 및 DECD구에서 114 및 101%는 중간 값이었다. IHCD구는 86%로 CD구 중 가장 낮았으며 모든 실험구 중 ED구와 함께 71% FE로 유의적으로 가장 낮게 나타났다. 따라서 모든 CD구 중 IHCD구만을 제외하고 ED구보다 높은 성장 및 FE를 나타내었고, 또한 CD 종류에 따라 성장 및 FE도 유의적인 차이를 나타내었다. 생존율은 모든 사료구에서 95% 이상 높게 나타났으며 유의적인 차이는 없었다. 본 ED는 기존 해산어용 ED (Lee *et al.*, 2012)에 기초로 제조하였으며 기존 넙치 치어 사육실험과 비교하여 성장 및 생존율은 유사하였다 (Lee *et al.*, 2012). 증체율 기준으로 넙치 치어 4~20

Table 2. Performance of juvenile olive flounder fed experimental and commercial diets^{1,2}

Diet ³	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Weight gain (% of Initial body weight (g))	Feed efficiency (g gain × 100/g dry feed)	Survival (%)
ED	29.9	57.7 ^c	93 ^c	71 ^c	97
DECD	29.6	68.4 ^b	132 ^b	101 ^b	100
DCCD	29.0	70.0 ^b	141 ^b	118 ^a	95
IHCD	29.3	61.7 ^c	111 ^c	86 ^c	98
IMCD	28.3	73.6 ^a	160 ^a	121 ^a	98
IOCD	28.8	67.8 ^b	135 ^b	114 ^b	95
<i>P</i>	—	0.02	0.02	0.01	0.46
Pooled s.e. ⁴	—	2.79	11.01	8.80	0.91

¹Means of three replicate group.

²Values within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

³See Table 1.

⁴Pooled standard error = $\sqrt{\text{Error Mean Square/Number of Replications}}$

Table 3. Whole-body composition of juvenile olive flounder fed experimental and commercial diets^{1,2}.

Diet ³	Whole-body composition (%)			
	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash
ED	73.1 ^d	16.6	4.2 ^a	3.6
DECD	75.3 ^b	18.1	2.2 ^d	4.3
DCCD	74.4 ^c	17.7	2.6 ^c	3.9
IHCD	75.3 ^b	17.4	2.1 ^d	4.1
IMCD	76.3 ^a	17.2	1.5 ^d	4.4
IOCD	74.0 ^d	17.7	3.3 ^b	3.9
<i>P</i>	0.0003	0.17	0.0001	0.09
Pooled s.e.	0.34	0.37	0.30	0.19

¹Means of composite samples of five fish from each of three replicate groups expressed on a wet basis.

²Values in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

³See Table 1.

g은 사료 내 단백질 함량은 46~51%가 적정하다고 보고하였고 (Kim *et al.*, 2002), 성장률과 단백질전환효율을 기준으로 넙치 치어 22.7~110 g에서는 단백질 함량은 45%가 적정하다고 보고하였다 (Lee *et al.*, 2002). 이들 실험결과를 종합하면 넙치 치어가 성장하면서 단백질 요구량은 감소하는 경향을 나타내었다. 넙치 치어에서 사료 내 지질 함량은 10% 미만이 적당하다고 보고하였다 (Kim *et al.*, 2002). 하지만 본 사육실험에 사용한 넙치는 실험 시작 시 약 30 g이었지만 사료 중 지질 함량 12.9%일 때 가장 높은 성장 값을 나타내면서 상품사료에서 지질 요구량에 대한 재평가가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 따라서 향후 다양한 넙치 크기에서 필수영양소 요구량 및 먹이 종류별 사육효과 실험이 필요한 것으로 판단된다. 돌돔 치어에서는 ED로 단백질 및 지질 함량을 구하기 위해 어분과 카제인을 단백질 원료로 하여 사료의 단백질 함량이 30, 40, 50 및 60%가 되도록 하고, 각 단백질 함량에 지질 함량이 8 및 16%가 되는 8종의 ED로 8주간 사육결과 7 g 돌돔 치어의 적정 단백질 및 지질 요구량은 46%와 16%로 나타났다 (Kang *et*

al., 1998). 하지만, 29.1~73.6 g 넙치 치어 사육 시 공급한 배합사료 중 53.3% 이상의 단백질 함량과 12.7%의 지질 함량인 사료 (Table 1)에서 1.5배 이상의 성장 및 FE를 나타내었으므로 넙치 치어용 사료는 단백질 53% 내외와 지질 12.7% 내외에서 재평가되어야 할 것으로 판단된다. 즉, 본 실험의 ED는 45% 단백질 및 16% 지질이 함유되어 제조되었지만 (Lee *et al.*, 2012), 시판되고 있는 해수어류 치어용 CD는 높은 단백질을 함유하고 있었고 지질도 넙치용 배합사료 보다는 높았다 (Table 1). ED보다 10% 이상 높은 단백질 함량 및 유사한 지질 함량을 나타낸 일부 국내산 및 외국산 CD를 공급한 넙치 치어에서 가장 높은 성장 및 FE를 나타내었다. 일부 CD는 10% 이상 적은 단백질 함량을 지닌 ED보다도 1.5배나 높은 FE를 나타내어 먹이공급량을 절반으로 줄이면서도 성장을 가속화하여 빠른 성장을 통한 넙치 양식경영 개선에 큰 효과가 있을 것으로 판단된다. 예를 들면, 해산어류인 홍민어 (red drum)는 근육분말구에서 카제인/젤라틴구보다 약 16배의 성장 및 약 4배의 FE차이를 나타내면서 단백질원료 종류에 따라 성장 및 FE에 큰 차이가 있음을 보고하였다 (Moon and Gatlin, 1989). 또한, 조피볼락에서 카제인/젤라틴구보다 어분구에서 약 10배 WG과 3배 FE를 나타내면서 카제인/젤라틴 첨가는 제한되어야 할 것을 제안하였다 (Lee, 2016). 즉, 양식용 배합사료 원료 중 근육분말/어분은 카제인보다 더 양호한 원료라는 것이 해산어류인 홍민어 (Moon and Gatlin, 1989)와 조피볼락 (Lee, 2016)에서 보고되었다. 하지만, 돌돔 치어에서 카제인이 소량 첨가될 경우 어분과 유사하거나 높은 성장 및 FE를 나타내기도 하였다 (Kang, 1998). 조피볼락에서 비타민혼합물의 첨가에 따라 성장이 달라졌으므로 (Lee and Kim, 1996) 넙치에서도 적정 비타민혼합물의 개발 및 첨가량 구명도 필요한 것으로 판단된다. 따라서 단백질, 비타민 및 다른 영양소 및 사료원료의 종류 및 함유량에 대한 연구는 성공적인 넙치 양식산업화를 위하여 체계적으로 계속 수행되어야 할 것이며, 이와 함께 본 실험에서 사용된 ED조성비는 실용 배합사료 개발을 위하여

지속적으로 보완, 개선되어야 할 것으로 판단된다. 또한, 시판 해산어용 배합사료인 EP(Extruded Pellet)는 제조과정 중 스크루(Screw)와 배럴(Barrel)에서 압력과 컨디셔너(Conditioner)에서 열처리로 탄수화물의 소화율을 높이거나(Haper, 1981), 사료원료 중의 항영양인자의 활성을 감소시켜 사료효율을 향상시켜(Peisker, 1994) EP형태의 상품사료(CD)가 실험사료(ED)보다 유의적으로 높은 성장 및 FE에 일부 기여하였다고 생각되며, 향후 넙치용 고품질 사료 물성에 관한 상세한 연구 개발이 필요한 것으로 판단된다. 하지만, IOCD는 단백질 함량이 58.0%이지만 최종 체중이 67.8 g으로 권장한 단백질 함량 60% 내외인데도 IMCD보다 유의적으로 낮은 성장은 사료 중 지질 함량이 6.1%로 낮아 성장이 유의적으로 낮게 나타난 것으로 판단된다.

배합사료 종류별 사료의 일반성분 분석결과(Table 1), 단백질 원료로 어분, 카제인, 제인을 첨가한 ED의 단백질(CP)과 지질(CL) 함량은 각각 50%와 15%로 넙치 치어 23 g의 적정 성장을 위한 ED의 CP 및 CL 함량과 유사하였지만(Lee *et al.*, 2012) CD 중 한 종류를 제외하고는 유의적으로 낮은 성장을 나타내었다. ED의 CP 함량은 50.0%로 CD보다 낮았지만 CL 함량은 15.0%로 높았다. CD의 수분, CP, CL, 회분 함량에서 각각 4.5~9.1%, 53.1~58.0%, 4.8~12.7% 및 11.6~16.2%로 ED보다는 높은 CP 함량과 낮은 CL 함량을 보였다(Table 1). 한 종류를 제외한 중간 값의 CP 및 CL을 함유한 CD가 우수한 성장과 FE를 나타내면서 배합사료 종류에 따라 넙치 치어의 성장 및 FE에 영향을 미칠 수 있었다. 넙치 치어의 성장 및 FE는 CP 함량이 55.9%까지는 단백질 함량에 비례적으로 증가하는 경향을 나타내었지만 중간 값인 CP 및 CL을 함유한 CD구에서 가장 높은 성장과 FE를 나타내었다. 하지만, 가장 낮은 CP 및 높은 CL인 ED구에서 가장 낮은 성장 및 FE를 나타내었다. 따라서 넙치 치어는 단백질 및 지질 함량이 각각 55.9%와 12.7%인 사료로 사육하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

배합사료 종류별 사료공급으로 넙치 치어의 WB 일반성분인 수분, CP, CL 및 회분 함량은 각각 73.1~76.3%, 16.6~18.1%, 1.5~4.2% 및 3.6~4.4로 영양성분에 따라 차이가 나타나 WB의 CP 및 회분에서는 유의적인 차이 없이 사료 종류별 공급에 따른 영향은 없는 것으로 나타났다(Table 3). 하지만 넙치 치어 WB의 수분 및 CL에서는 유의적인 차이를 나타내었다; ED와 CD 중 국외산 O사의 사료를 공급한 넙치 치어의 WB 수분이 가장 낮았고 국외산 M사를 공급한 넙치 치어에서 가장 높게 나타났다. 넙치 치어 사료 중 CP 52% 이상에서는 WB의 CP 함량에 차이가 없었다는 결과와 일치하였다(Lee *et al.*, 2012). 하지만 ED 및 CD의 CL 함량은 4.8~15.0%로 넙치 치어 WB의 CL에 유의적인 영향을 미칠 만큼의 큰 차이인 것으로 사료 된다. 하지만, 돌돔 치어의 경

우 공급한 ED 중 CL 함량이 8%와 16%로 차이가 나면 WB의 CL 함량도 차이가 있음을 보고하기도 하였다(Kang *et al.*, 1998). 또한, 본 실험의 57.7~73.6 g 넙치 치어 WB의 CL 함량은 1.5~4.2%로 기존 실험결과인 7~28 g 돌돔 치어 WB의 CL이 낮은 CL 사료구와 높은 CL 사료구에서 각각 6.6~8.1%와 10.6~12.0%(Kang *et al.*, 1999)인 것보다는 낮게 나타났다. 또한 57.7~73.6 g FBW에서는 1.5~4.2%로 체중이 가장 높은 넙치에서 WB의 CL 함량은 가장 낮고 체중이 가장 낮은 넙치에서 WB의 CL 함량은 가장 높게 나타났다(Table 3). 사육기간 동안 넙치 치어 생존율은 95~100%로 실험구 간에 유의적인 차이가 없어($P>0.05$), ED 및 CD는 생존에 필요한 필수영양소를 함유하여 사육기간 동안 영양소 결핍에 따른 폐사현상은 나타나지 않은 것으로 판단된다. 또한, DECD구에서 성장은 우수하지 않았지만 생존율이 100%로 나타나면서 단백질 함유량이 적정량만 되면 폐사 감소에 따른 생산성 향상에는 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

본 실험에서 사육수온은 자연수온(23.70~28.0°C)으로 71~121%의 비교적 높은 FE와 95% 이상의 생존율을 나타내면서 이전 사육실험 결과와 비교할 시 넙치 치어 사육을 위한 적정 수온인 것으로 나타났다(Lee *et al.*, 2012). 또한, 배합사료 종류 중 CD의 국외산 M구에서 1.5배 가량 성장하면서 넙치 치어를 사육하기 위한 적정수온인 것으로 판단된다. 하지만, 다양한 배합사료 종류 중 CD구는 ED구보다 FE가 유의적으로 높았으며 최대 1.5배 정도 높게 나타났다. 즉, 본 ED구의 FE는 71%로 기존 넙치 영양 및 사료연구에 사용한 기초 실험사료와 유사하였지만 해산어용 일부 CD구의 FE는 1.5배 이상인 147%로 나타나 넙치용 ED의 조성비 및 제조공정에 대한 재평가가 필요한 것으로 나타났다. 어류의 성장이나 FE는 사육 수온뿐만 아니라 어체 크기, 사료 조성, 사육수온 이외의 환경조건 즉 용존산소 등 여러 요인에 따라 달라질 수 있으므로(Weatherly and Gill, 1987) 좀 더 깊은 연구가 필요하다고 판단된다.

요 약

최초체중(IBW) 29.1 g 넙치 치어를 1종 실험사료(ED)와 5종 국내·외 상품사료(CD)로 7주간 사육한 결과 최종체중(FBW), 증체율(WG), 사료효율(FE) 및 전어체(WB)의 일반성분 중 수분 및 지질에서는 유의적인 차이가 나타났지만, 생존율 및 WB의 일반성분 중 단백질 및 회분에서는 차이를 나타내지 않았다. 넙치 치어는 사육실험 후에는 먹이 종류에 따라 FBW가 57.7~73.6 g, WG도 93~160%로 실험구간에 유의적인 성장 차이를 나타내었다. FE는 71~121%이었으며 성장과 유사한 경향을 나타내었다. IMCD구에서 73.6 g으로 가장

높은 FBW를 나타내었으며, 다음으로 DCCD구, DECD구 및 IOCD구에서 70.0, 68.4 및 67.8 g이었다. IHCD구에서 61.7 g으로 CD구 중에서는 가장 낮았으며 모든 실험구 중 ED구도 57.7 g로 FBW에서도 가장 낮게 유의적인 차이를 나타내었다. 중간 정도의 단백질 및 지질을 함유한 국외산 M제품(단백질 55.9%, 지질 12.7% 및 회분 15.5%)에서 가장 높은 성장, FE 및 WB 수분 함량과 가장 낮은 WB 지질 함량을 나타내었다. 하지만, 다양한 먹이인 배합사료 6종류에 따라 넙치 치어의 생존율 및 WB의 일반성분 중 단백질 및 회분 함량에서는 차이가 없는 것으로 나타났다.

사 사

이 논문은 해양수산부 국립수산물품질관리원 수산과학연구소 연구과제명(R2016003)의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- Alam, M.S., S. Teshima, M. Ishikawa and S. Koshio. 2000. Methionine requirement of Juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. World Aquacult. Soc., 31: 618-626.
- Alam, M.S., S. Teshima, S. Koshio and M. Ishikawa. 2002. Arginine requirement of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* estimated by growth and biochemical parameters. Aquaculture, 205: 127-140.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Arlington, Virginia, U.S.A.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11: 1-42.
- Forster, I. and H.Y. Ogata, 1998. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream, *Pagrus major*. Aquaculture, 161: 131-142.
- Furuita, H., K. Konishi and T. Takeuchi. 1999. Effect of different levels of eicosapentanoic and docosahexaenoic acids in *Artemia nauplii* on growth, survival and salinity tolerance of larvae of the Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture, 161: 269-279.
- Halver, J.E. 1957. Nutrition of salmonid fishes. III. Water-soluble vitamin requirements of Chinook salmon. J. Nutr., 62: 225-243.
- Haper, J.M. 1981. Extrusion of foods. (Vol. I). Boca Raton, FL, CRC Press.
- Ikeda, M., Y. Ishibashi and O. Murata. 1988. Optimum levels of protein and lipid in purified test diet for the Japanese parrot fish. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 54: 151-154.
- Kanazawa, A., T. Teshima and M. Sakamoto. 1980. Nutritional requirements of the puffer fish. Purified test diet and the optimum protein level. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 46: 1357-1361.
- Kang, Y.J., S. Lee, S.G. Yang and S.C. Bai. 1999. Effects of meat meal, blood meal or soybean meal as a dietary protein sources replacing fish meal in parrot fish *Oplegnathus fasciatus*. J. Aquacult., 12: 1-10. (in Korean)
- Kang, Y.J., S.M. Lee, H.K. Hwang and S.C. Bai. 1998. Optimum dietary protein and lipid levels on growth in parrot fish *Oplegnathus fasciatus*. J. Aquacult., 11: 1-10. (in Korean)
- Kim, K.W., X.J. Wang and S.C. Bai. 2002. Optimum dietary protein level for maximum growth of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et schlegel). Aquacult. Res., 33: 673-679.
- Lee, H.M. 2016. Effect of dietary proteins without vitamin premix supplementation on the growth and body composition of juvenile black rockfish, *Sebastes schlegelii*. J. Korean Fish. Soc., 49: 146-153. (in Korean).
- Lee, H.M., K.C. Cho, J.E. Lee and S.G. Yang. 2001. Dietary protein requirement of juvenile giant croaker, *Nibea Japonica*. Aquacult. Res., 32: 112-118.
- Lee, H.M. and M.M. Nam. 2015. Effects of diets on growth and body composition of juvenile parrot fish *Oplegnathus fasciatus*. Korean J. Ichthyol., 27: 227-299. (in Korean)
- Lee, H.M., M.W. Park and I.G. Jeon. 2000. Comparison of nutritional characteristics between wild and cultured juvenile black rockfish, *Sebastes schlegelii*. J. Korean Fish. Soc., 33: 137-142. (in Korean)
- Lee, H.M., S.-M. Choi, H.-S. Ji. 2012. Effects of partial of fish meal by new squid *Sepia esculenta* liver powders on the growth and body composition of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus*. J. Korean Fish. Soc., 45: 132-138. (in Korean)
- Lee, H.M., Y.J. Kang, K.W. Kim and K.D. Kim. 2006. Composition of feed stuff for olive flounder aquaculture. Patent number 0660642. NFRDI, Republic of Korea.
- Lee, S.M., C.S. Park and I.C. Bang. 2002. Dietary protein requirement of young Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* fed isocaloric diets. Fisheries Science, 68: 158-164.
- Lee, S.M., S.H. Cho and L.D. Kim. 2000. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. J. of World Aquaculture Soc., 31: 306-315.
- Moon, H.Y. and D.M. Gatlin. 1989. Amino acid nutrition of the red drum (*Sciaenops ocellatus*); Determination of limiting amino acids and development of a suitable amino acid test diet. 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, pp. 201-208.
- Moon, H.Y. and D.M. Gatlin. 1991. Total sulfur amino acid requirement of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. Aquaculture, 95: 97-106.
- Moon, H.Y. and D.M. Gatlin. 1994. Effects of dietary animal proteins on growth and body composition of the red drum (*Sci-*

- aenops ocellatus*). Aquaculture, 120: 327-340.
- National Fisheries Research & Development Institute (NFRDI). 1993. Development of practical feed for Korean Rockfish, NFRDI, Busan, Republic of Korea.
- National Fisheries Research & Development Institute (NFRDI). 2007. Studies on nutrient requirements and practical feed development for marine fish, NFRDI, Busan, Republic of Korea.
- National Fisheries Research & Development Institute (NFRDI). 2009. Olive flounder formulated feed Keongsangbuk-Do field applied experiment, NFRDI, Busan, Republic of Korea.
- National Fisheries Research & Development Institute (NFRDI). 2010. Functional Olive flounder Aquaculture Project, NFRDI, Busan, Republic of Korea.
- NRC (National Research Council). 1983. Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. National Acad Press, Washington, DC, U. S. A., 102pp.
- NRC (National Research Council). 1993. Nutrient requirements of fish. National Acad Press, Washington, DC, U. S. A., 128 pp.
- NRC (National Research Council). 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. National Academy Press, Washington, D. C., 392pp.
- Peisker, M. 1994. Influence of expansion on feed components. Feed Mix, 2: 26-31.
- Statistics Korea. 2016. Statistics database for aquaculture production. Retrieved from <http://kostat.go.kr> on May. 16.
- Wang, X.J., K.W. Kim and S.C. Bai. 2002. Effects of different dietary levels of L-ascorbyl-2-polyphosphate on growth and tissue vitamin C concentrations in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). Aquaculture Res., 33: 261-267.
- Weatherley, A.H. and H.S. Gill. 1987. The Biology of Fish Growth. Academic Press, New York, U. S. A., 443pp.