

# 먹이 종류가 돌돔 *Oplegnathus fasciatus* 치어의 성장 및 체성분에 미치는 영향

이해영 · 남명모\*

국립수산과학원 동해수산연구소 해역산업과

**Effects of Various Diets on Growth and Body Composition of Juvenile Parrot Fish, *Oplegnathus fasciatus* by HaeYoung Moon Lee and Myung-Mo Nam\*** (Aquaculture Industry Division, East Sea Fisheries Institute, National Institute of Fisheries Science, Gangneung 25435, Korea)

**ABSTRACT** The feeding experiment was conducted to investigate the effects of one experimental diet (EDP) and five different commercial diets (CEPs) on growth and body composition for juvenile parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. An EDP was formulated to contain 50% crude protein (CP) from fishmeal, casein, zein and wheat flour and 15% crude lipid (CL) from squid liver oil. Five CEPs for seawater fish were two domestic E commercial diet (DECD) and C commercial diet (DCCD), three imported H commercial diet (IHCD), L commercial diet (ILCD) and O commercial diet (IOCD) containing 53.1~66.6% CP and 10.7~14.6% CL, respectively. Each diet was fed to triplicate groups of juvenile parrot fish initially weighing  $1.14 \pm 0.01$  g/fish (mean  $\pm$  SD) in a flow-through seawater system with a water temperature of 19.0~25.0°C. Weight gain (WG) and feed efficiency (FE) were significantly greatest in fish fed the DCCD and IOCD; intermediate responses were observed for fish fed the ILCD, while the IECD, IHCD, and the EDP produced the lowest WG and FE values. Survival with no significant difference approached 100% for fish fed the all six diets in this experiment. Whole-body moisture, protein, lipid and ash contents were not affected by the different type of diets. Therefore, type of diets appeared to be important factor in influencing WG and FE of juvenile parrot fish; the best diets for juvenile parrot fish was determined to be the domestic commercial C and the imported commercial O diets containing high protein (61.3, 66.6%) and lipid (14.6, 13.0%) in natural seawater based on highest WG, and FE, respectively. This study indicates that the two commercially formulated diets containing two highest proteins and lipids used in this experiment could be practical diets for juvenile parrot fish; these differences of growth performance between experimental diet and commercial diets may be reason for different dietary protein and lipid levels.

**Key words:** Parrot fish, diet, growth, feed efficiency, body composition, survival

## 서 론

우리나라 해산어류 양식은 1980년대 초까지만 해도 자연산 방어 치어를 채포하여 생사료를 공급하는 수준이었다. 그러나 최근에는 인공종묘 생산기술 및 사료 개발 등 양식기술이 발

전하여 육상수조식 및 해상가두리식 양식이 활발하게 이루어지고 있다. 이에 따라 해산어류 양식생산량은 1986년에 방어 위주로 2,900톤이던 것이 2014년에는 넙치, 조피볼락을 중심으로 최대 십만여 톤을 생산하여 약 35배로 증가한 후 최근에는 다소 감소 정체하는 추세이다(NFRDI, 1993; NFRDI, 2007; NFRDI, 2009; NFRDI, 2010; Statistics Korea, 2015). 우리나라 등 동북아시아의 기후조건에 적합한 넙치와 조피볼락은 해산어류 중 빠른 성장과 높은 사료 효율로 주요 양식 종으로 부각

\*Corresponding author: Myung-Mo Nam Tel: 82-33-660-8544, Fax: 82-33-661-8514, E-mail: mmmam@korea.kr

됨에 따라 효율적 양식을 위한 적합한 사료를 개발하기 위하여 적정 사료원료의 종류 및 함유량과 단백질, 지질 및 필수 지방산, 탄수화물 요구량 등에 대한 영양연구가 수행되었다 (NFRDI, 1993; NFRDI, 2009; NFRDI, 2010). 이후 해산어류 양식생산량이 계속적으로 증대하였으나 양식어종이 넙치 및 조피볼락에 편중되어 생산되면서 일시 대량출하 시 가격의 하락이나 판로개척 등의 문제로 양식소득의 안정적인 확보가 어려워지게 되었다. 이를 극복하기 위하여 참돔, 감성돔, 돌돔, 농어, 붉바리, 범자자미, 강도다리, 가자미류 등에 대한 양식기술이 개발되어 왔다. 이 중 돌돔은 맛 좋은 고급 횡감으로 가격이 높아 양식어업인들이 특히 선호하고 있다. 돌돔은 지속적인 인공종묘생산 기술개발로 대량생산이 가능하게 되면서 양식으로 생산되고 있다. 저수온에서 성장이 다소 늦은 단점이 있지만, 식욕이 왕성하여 사료를 잘 받아먹기 때문에 사료공급 등 사육관리는 비교적 용이하다(Kang, 1998).

돌돔 양식산업을 지속적으로 발전시키기 위해서는 성장을 향상시킬 수 있는 돌돔용 고품질 실용 사료 개발이 필수적이다. 사료 개발에는 수급 종의 영양소에 대한 요구량 및 적정 첨가량이 필요하다. 어류에서도 수급어 종으로 단백질, 지질, 탄수화물 등 주요 영양소와 아미노산, 지방산, 미네랄 및 비타민 등 다양한 필수 미량 영양소가 있음이 밝혀지고 있다(NRC,

1983; NRC, 1993; NRC, 2011). 효율성이 높은 고품질사료를 개발하기 위해서는 먼저 이들 수급어 종의 요구량을 구명하여 어종에 맞는 사료 설계를 해야 한다. 그러나 이러한 모든 필수 영양소의 종류와 요구량을 구명하는 데 수많은 노력과 시간이 필요하다. 어류에 필요한 영양소 중 특히 단백질 및 이들의 구성성분인 아미노산은 성장에 있어 가장 중요한 영양소 중 하나로 사료 중 높은 함량과 비용을 차지하기 때문에 많은 연구가 우선적으로 수행되었다(Moon and Gatlin, 1989; Moon and Gatlin, 1991; NRC, 1993; Moon and Gatlin, 1994; Lee *et al.*, 2001). 돌돔의 영양 및 사료 연구결과(Kang, 1998; Kang *et al.*, 1998; Kang *et al.*, 1999) 이후 실험 사료를 포함한 상품 사료 비교와 사료원료 연구결과를 통하여 돌돔용 사료 조성에 대하여 특허 등록도 되었다(Lee and Kang, 2005).

본 연구에서는 돌돔 양식에 필요한 돌돔용 사료를 개발하기 위하여 돌돔 치어에서 기존 돌돔 배합사료 조성비(Kanazawa *et al.*, 1980; Ikeda *et al.*, 1988; Kang *et al.*, 1999)를 기초로 실험실에서 자체 제조한 실험 사료(EDP)와 돌돔 양식 종묘생산 현장에서 사용되고 있는 상품 사료(CD)인 국내산 2개 제품, 수입산 3개 제품에 대한 먹이 종류별 사육 효과를 비교하고자 하였다.

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

Ingredient	Diet <sup>9</sup>	Experimental diet (EDP)	Commercial diet				
			DECD	DCCD	IHCD	ILCD	IOCD
Fish meal <sup>1</sup>		44.0					
Wheat flour <sup>2</sup>		18.0					
Casein <sup>3</sup>		10.0					
Squid liver oil <sup>4</sup>		12.3	Closed formula	Closed formula	Closed formula	Closed formula	Closed formula
Zein <sup>5</sup>		8.0					
Mineral premix <sup>6</sup>		3.0					
Vitamin premix <sup>7</sup>		3.0					
Feeding attractant <sup>8</sup>		1.7					
Nutrient content (% dry matter basis) <sup>10</sup>							
Crude protein		50.0	53.1	61.3	57.2	59.1	66.6
Crude lipid		15.0	10.7	14.6	12.8	11.6	13.0
Ash		11.2	13.0	13.5	14.0	12.4	14.3
Moisture		33.1	10.5	11.8	11.3	15.1	13.9

<sup>1</sup>Produced by steam dry method, Korea Fish Meal Co., Busan, Republic of Korea.

<sup>2</sup>Same as Kang (1998).

<sup>3</sup>United States Biochemical Corporation, Cleveland, OH, USA.

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

<sup>5</sup>Sigma Chemical, St. Louis, MO, USA.

<sup>6</sup>Contains (g/kg premix): MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 80.0; NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, 370.0; KCl, 130.0; Ferric citrate 40.0; ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 20.0; Ca-lactate, 356.5; CuCl<sub>2</sub>, 0.2; AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O, 0.15; KI, 0.15; Na<sub>2</sub>Se<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0.01; MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O, 2.0; CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, 1.0.

<sup>7</sup>Contains (as g/kg): ascorbic acid, 92.7; DL- $\alpha$ -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; K<sub>3</sub>(2-Methyl-1,4-naphthoquinone), 1.4; Vitamin A, 0.6; Vitamin D<sub>3</sub> (7-Dehydrocholesterine), 0.002; choline chloride, 278.3; cyanocobalamin, 0.003; cellulose, 531.7.

<sup>8</sup>Halver (1957).

<sup>9</sup>Kanazawa (1980).

<sup>10</sup>Abbreviations 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.

<sup>10</sup>Values are means of two replicate data from our laboratory analysis.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 사료

먹이 종류로는 실험 사료(ED, Experimental Diet)로 실험실에서 자체 제조한 건조 펠렛(Experimental Dry Pellet, EDP), 국내 돌돔 양식현장에서 사용되고 있는 해산어류용 국내산 C사(DCCD, Republic of Korea)와 E사(DECD, Republic of Korea)의 상품 사료(CD), 국외산으로 H사(IHCD, Japan), L사(ILCD, Japan)와 O사(IOCD, Japan)의 상품 사료(Commercial Extruded Pellet, CEP)이었다(Table 1). 자체 제조한 돌돔용 EDP는 단백질 원료로 어분 44.0%, 카제인 10.0%, 제인 8.0%를 첨가하였으며 지질 원료로는 오징어간유 12.3%를 사용하였다. 또한, 탄수화물 원료로 소맥분 18.0% 첨가하여 에너지 함량을 적절히 맞추었으며 3.0% 미네랄 혼합물과 3.0% 비타민 혼합물을 첨가하였다. 이와 같이 단백질, 지질, 탄수화물은 돌돔 요구량에 맞도록 준비하였다(Kanazawa *et al.*, 1980; Kang *et al.*, 1998). 사료 제조를 위하여 분말상태의 사료원료는 혼합기로 혼합한 후 모이스트펠렛(MP) 제조기로 성형하였다. 제조된 사료는 냉동고(-25°C)에 보관하면서 사료 공급 시마다 필요한 분량만큼 적절한 크기(1~3 mm)로 사용하였다(Moon and Gatlin, 1991; Moon and Gatlin, 1994).

### 2. 실험어 및 사육관리

실험어는 국립수산물과학원(미래양식연구센터)의 10톤 FRP 사각 수조에서 동일 어미로부터 채란하고 인공종묘 생산하여 배합사료로 사육한 돌돔 치어를 사용하였다. 실험 시작 시 유수식으로 1일 3~4회 먹이를 공급하여 예비 사육하였으며 동일 어미로부터 출산한 평균 체중 1.14±0.01 g의 돌돔 치어 30마리씩을 60 L(지름 66 cm, 높이 70 cm) 원형 FRP 수조에 3반복 수용하여 1일 2회(09:30, 16:00) 먹이를 반복 공급하였다. 고압 모래 여과 장치로 여과된 자연 해수를 실험 시작 시에 3 L/min씩 흘려주었고, 실험어가 성장함에 따라 실험 종료 시에는 5 L/min으로 조절하였다. 각 수조당 에어스톤을 설치하여 용존산소는 정상적인 성장에 필요한 5 ppm 이상으로 유지하였다. 자연광주기를 이용하여 28일간 실험하였으며 이 기간 동안의 사육수온은 자연수온으로 19.0~25.0°C이었다.

### 3. 샘플 수집 및 분석

어체 측정은 실험 시작 시 전 실험어의 체중을 측정하였고, 실험 종료 후에는 2일간 절식시킨 후 MS-222(100 ppm)로 마취시켜 각 실험수조에 수용된 실험어 전체 체중을 측정하였다. 분석용으로 냉동 보관하던 어체 중 전어체 분석을 위하여

실험구별로 5마리씩 무작위 추출하였으며, 어체를 잘 갈은 후 균질하게 혼합하여 일반성분 분석을 AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 1990) 방법에 따라 수분은 상압 가열건조법으로 105°C의 dry oven에서 4시간 동안 건조 후 측정하였다. 회분은 직접회화법으로 550°C의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량하였다. 단백질(CP)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt)를 사용하여 질소정량법(Nx6.25), 지질(CL)은 샘플을 12시간 동결 건조한 후 Soxtec system 1046 (Tacator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 각각 분석하였다.

### 4. 통계처리

결과의 통계처리는 SPSS프로그램을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시한 후 실험 구간에 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

최초 체중(IBW) 1.14±0.01 g 돌돔 치어를 실험 사료(ED)와 상품 사료(CED)로 28일간 사육한 결과 최종 체중(FBW), 증체율(WG) 및 사료 효율(FE)에서는 유의적인( $P<0.05$ ) 차이가 나타났지만(Table 2), 생존율 및 전어체의 일반성분에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Table 3). 1.1 g 돌돔 치어는 사육 실험 후에는 사료 종류에 따라 FBW가 3.1~7.0 g, WG도 168~516%로 실험 구간에 2배 이상의 유의적인 성장 차이를 나타내었다. FE는 65~147%이었으며 성장과 유사한 경향을 나타내었다(Table 2). DCCD구와 IOCD구에서 각각 6.5 g과 7.0 g으로 가장 높은 FBW를 나타내었으며, 다음으로 ILCD구에서는 5.5 g이었고, DECD구와 IHCD구에서 4.8 g과 4.3 g으로 CED구 중에서는 가장 낮았다. 모든 실험구 중 EDP구는 3.1 g으로 FBW에서도 가장 낮게 나타났으며 실험 구간에 2배 이상의 유의적인 차이를 나타내었다. 또한, DCCD구와 IOCD구에서 각각 470%와 516%로 가장 높은 WG을 나타내었으며, 다음으로 ILCD구가 383%로 중간 값을 나타내었고, DECD구와 IHCD구는 각각 322%와 283%로 CEP구 중 가장 낮았다. 모든 실험구 중 EDP구는 WG가 168%로 유의적으로 가장 낮게 나타났다. DCCD구와 IOCD구에서 각각 139%와 147%로 가장 높은 FE를 나타내었으며, ILCD구 118%는 중간 값이었고, IHCD구와 DECD구는 각각 92% 및 106%로 CEP구 중 가장 낮았다. 모든 실험구 중 EDP는 65% FE로 유의적으로 가장 낮게 나타났다. 따라서 모든 CEP구에서 EDP구보다 높은 성장 및 FE를 나타내었고, 또한 CEP종류에 따라 성장 및 FE도

**Table 2.** Performance of juvenile parrot fish fed experimental and commercial diets<sup>1,2</sup>

Diet <sup>3</sup>	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Weight gain (% of Initial body weight (g))	Feed efficiency (g gain × 100/g dry feed)	Survival (%)
EDP	1.1	3.1 <sup>d</sup>	168 <sup>d</sup>	65 <sup>d</sup>	97
DECD	1.1	4.8 <sup>c</sup>	322 <sup>c</sup>	106 <sup>c</sup>	100
DCCD	1.1	6.5 <sup>a</sup>	470 <sup>a</sup>	139 <sup>a</sup>	95
IHCD	1.1	4.3 <sup>c</sup>	283 <sup>c</sup>	92 <sup>c</sup>	98
ILCD	1.1	5.5 <sup>b</sup>	383 <sup>b</sup>	118 <sup>b</sup>	98
IOCD	1.1	7.0 <sup>a</sup>	516 <sup>a</sup>	147 <sup>a</sup>	95
<i>P</i>	0.84	0.00001	0.00001	0.00001	0.56
Pooled s.e. <sup>4</sup>	0.01	0.21	19.07	5.36	2.13

<sup>1</sup>Means of three replicate group.<sup>2</sup>Values within the same column with different letters are significantly different ( $P < 0.05$ ).<sup>3</sup>See Table 1.<sup>4</sup>Pooled standard error =  $\sqrt{\text{Error Mean Square/Number of Replications}}$ **Table 3.** Whole-body composition of juvenile parrot fish fed experimental and commercial diets<sup>1,2</sup>

Diet <sup>3</sup>	Whole-body composition (%)			
	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
EDP	74.9	14.3	5.3	3.9
DECD	74.6	15.1	5.0	4.2
DCCD	75.1	15.0	5.8	4.0
IHCD	75.6	15.1	4.4	4.2
ILCD	75.5	15.1	4.4	4.0
IOCD	75.6	15.0	4.4	3.8
<i>P</i>	0.89	0.19	0.36	0.47
Pooled s.e.	0.73	0.25	0.54	0.14

<sup>1</sup>Means of composite samples of five fish from each of three replicate groups expressed on a wet basis. Initial parrot fish whole-body composition: moisture, 75.7; crude protein, 15.8; crude lipid, 1.7; ash, 3.9.<sup>2</sup>Values in the same column not sharing a common superscript are significantly different ( $P < 0.05$ ).<sup>3</sup>See Table 1.

유의적인 차이를 나타내었다. 생존율은 모든 사료구에서 95% 이상 높게 나타났으며 유의적인 차이는 없었다. 본 EDP는 기존 돌돔 EDP(Kang *et al.*, 1998)에 기초로 제조하여 돌돔 치어의 성장 및 생존율은 유사하였다(Kang *et al.*, 1998). 따라서 향후 다양한 먹이 종류별, 돌돔 크기별 사육 효과 실험이 필요한 것으로 사료된다. 즉, 돌돔에서 EDP로 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 EDP로 8주간 사육 결과 7g 돌돔 치어의 적정 단백질 및 지질 요구량은 46%와 16%로 나타났다(Kang *et al.*, 1998). 하지만, 1.1~7.0 g 돌돔 치어 사육 시 공급한 배합사료 중 61.3% 이상의 단백질 함량과 12.8~14.6%의 지질 함량인 사료(Table 1)에서 2배 이상의 성장 및 FE를 나타내었으므로 돌돔치어용 사료는 단백질 60% 내외와 지질 15% 내외에서 재평가되어야 할 것으로 판단된다.

즉, 본 실험의 EDP는 기존 실험 결과에 근거하여 45% 단백질 및 16% 지질이 함유되어 제조되었지만(Kang *et al.*, 1998), 시판되고 있는 해수어류 치어용 CEP는 높은 단백질을 함유하고 있었고 지질도 넙치용 배합사료보다는 높았다(Table 1). EDP보다 10% 이상 높은 단백질 함량 및 지질 함량을 나타낸 일부 국내산 및 외국산 CEP를 공급한 돌돔 치어에서 가장 높은 성장 및 FE를 나타내었다. 일부 CEP는 10% 이상 적은 단백질 함량을 지닌 EDP보다도 2배나 높은 FE를 나타내어 먹이 공급량을 절반으로 줄이면서도 성장을 가속화하여 빠른 성장을 통한 돌돔 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 단백질 원료 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 and Cho, 1997). 양식용 배합사료 원료 중 근육분말/어분은 카제인보다 더 양호한 원료인 것이 홍민어(Moon and Gatlin, 1989)와 조피볼락(Lee and Cho, 1999)에서 보고된 바 있었으며, 조피볼락에서 성장과 FE도 어분 함량이 줄어들 수록 감소한 결과도 보고되었다(Lee and Cho, 1999). 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) 돌돔에서도 적정 비타민 혼합물의 개발 및 첨가량 구명도 필요한 것으로 판단된다. 따라서 단백질, 비타민 및 다른 영양소 및 사료원료의 종류 및 함유량에 대한 연구는 성공적인 돌돔 양식산업화를 위하여 체계적으로 계속 수행되어야 할 것이며, 이와 함께 본 실험에서 사용된 EDP 조성비는 실용 사료 개발을 위하여 지속적으로 보완, 개선되어야 할 것으로 판단된다. 또한, 시판 해산어류 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 사료 효율을 향상시켜(Peisker, 1994) EP형태의 상품 사료(CEP)가 실험 사료(EDP)보다 유의적으로 높은 성장 및 FE에 일부 기여하였다고 생각되며, 향후 돌돔용 고품질 사료 물성에 관한 상세한 연구개발이 필요한 것으로 판단된다. 하지만, ILCD는 단백질 함량 59.1%이지만 최종 체중이 5.5 g으로 권장한 단백질 함량 60% 내외인데도 DCCD와 ILCD보다 유의적으로 낮은 성장은 지질 함량이 11.6%로 낮았으므로 성장에서 유의적인 차이를 나타낸 것으로 판단된다.

먹이 종류별 사료의 일반성분 분석결과(Table 1), 단백질 원료로 어분, 카제인, 제인을 첨가한 EDP의 단백질(CP)과 지질(CL) 함량은 각각 50%와 15%로 돌돔 7g 치어의 적정 성장을 위한 EDP의 CP 및 CL함량과 유사하였지만(Kang *et al.*, 1998) CEP보다 유의적으로 가장 낮은 성장을 나타내었다. EDP의 CP함량은 50.0%로 CEP보다 낮았지만 CL함량은 15.0%로 유사하였다. CEP의 수분, CP, CL, 회분 함량에서 각각 10.5~15.1%, 53.1~66.6%, 10.7~14.6% 및 12.4~14.3%로 EDP보다는 높은 CP함량과 유사하거나 낮은 CL함량을 나타내었다(Table 1). 높은 CP 및 CL을 함유한 CEP가 2배 이상의 우수한 성장과 FE를 나타내면서 사료 종류에 따라 돌돔 치어의 성장 및 FE에 커다란 영향을 미침을 알 수 있었다. 돌돔 치어의 성장 및 FE는 CP함량이 66.6%까지는 단백질 함량에 비례적으로 증가하는 경향을 나타내어 가장 높은 CP 및 CL을 함유한 CEP구에서 가장 높은 성장과 FE를 나타냈지만, 가장 낮은 CP를 함유한 EDP구에서 가장 낮은 성장 및 FE를 나타내었다. 따라서 돌돔 치어는 단백질 및 지질 함량이 높은 먹이로 사육하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

먹이 종류별 사료 공급으로 돌돔 치어의 전어체(WB) 일반성분인 수분, 단백질(CP), 지질(CL) 및 회분 함량은 각각 74.6~75.6%, 14.3~15.1%, 4.4~5.8% 및 3.8~4.2%로 유의적인 차이가 없이 유사하여 먹이 종류별 사료공급에 따른 영향은 없는 것으로 나타났으며(Table 3), 돌돔 치어 사료 중 CP 40% 이상에서는 WB의 CP함량에 차이가 없었다는 결과와 일치하였다(Kang *et al.*, 1999). 또한 사료인 EDP 및 CEP의 CL함량은 10.7~14.6%로 WB에 영향을 미칠 만큼의 차이는 아닌 것으로 사료된다. 하지만, 돌돔 치어에 공급한 EDP 중 CL함량이 8%와 16%로 차이가 나면 WB의 CL함량도 차이가 있음을 보고하기도 하였다(Kang *et al.*, 1998). 또한, 본 실험의 3.1~7.0 g 돌돔 치어 WB의 CL함량은 4.4~5.8%로 기존 실험결과인 7~28 g 돌돔 치어 WB의 CL이 낮은 CL사료구와 높은 CL사료구에서 각각 6.6~8.1%와 10.6~12.0% (Kang *et al.*, 1999)인 것보다 낮았다. 본 실험 시작 시 1.1 g 돌돔 치어의 WB의 CL함량은 1.7%였지만 3~7 g FBW에서는 4.4~5.8%로 체중이

증가하면서 CL함량도 증가한 결과도 유사하였다(Table 3). 사육기간 동안 돌돔 치어 생존율은 95~100%로 실험구 간에 유의적인 차이가 없어( $P>0.05$ ), EDP 및 CEP는 생존에 필요한 영양소를 함유하여 영양소 결핍에 따른 폐사현상은 나타나지 않은 것으로 판단된다. 또한, DECD구에서 성장은 우수하지 않았지만 생존율이 100%로 나타나면서 단백질 함량이 높으면 폐사 감소에 따른 생산성 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

본 실험에서 사육수온은 자연수온(19.0~25.0°C)으로 65~147%의 비교적 높은 FE를 나타내면서 돌돔 치어 사육을 위한 최적수온이었다. 돌돔 사육과 수온의 관계를 보면 생존 수온 범위는 7~33°C로, 18°C 이상에서 좋은 성장을 기대할 수 있고, 15°C 이하로 내려가면 먹이 섭취량 감소로 성장이 둔화된다는 결과와 유사하였다(Kumai, 1984). 특히 먹이 종류 중 CED구에서 2배 이상으로 성장하면서 FE도 2배 이상으로 나타나 19.0~25.0°C은 돌돔 치어를 사육하기 위한 최적수온인 것으로 판단된다. EDP를 공급한 돌돔의 FE는 단백질원 평가 실험 시 17.0~20.4°C에서 64.4~71.9%, 단백질 요구량 실험 시 19.8~25.4°C에서 57.6~88.9%, 대체단백질 원료 평가 실험 시 17.0~20.4°C에서 52.3~69.8%, 지질 종류별 실험 시 14.5~19.5°C에서 42.0~50.4%, 탄수화물 종류별 실험 시 20.0~24.0°C에서 33.1~79.8%, 실용 사료 사육 효과 실험 시 14.5~19.5°C에서 41.6~45.2%이었다(Kang, 1998). EDP종류 중 사육수온에 따라서 FE에 차이가 있었으며 본 실험 중 19.8~25.4°C에서는 EDP구의 FE가 65%로 유사한 수온(20.0~24.0°C)에서 33.1~79.8%의 범위였다. 하지만, 다양한 먹이 중 CEP구는 EDP구보다 FE가 유의적으로 높았으며 최대 2배 정도 높게 나타났다. 즉, 본 EDP구의 FE는 65%로 기존 돌돔 영양 및 사료연구에 사용한 기초 실험 사료와 유사하였지만 해산어류용 일부 CEP구의 FE는 2배 이상인 147%로 나타나 돌돔용 EDP의 조성비 및 제조공정에 대한 재평가 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

최초 체중(IBW) 1.14 g 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*) 치어를 1종 실험 사료(ED)와 5종 국내·외 상품 사료(CED)로 28일간 사육한 결과 최종 체중(FBW), 증체율(WG) 및 사료 효율(FE)에서는 유의적인 차이가 나타났지만, 생존율 및 전어체의 일반성분에서는 차이를 나타내지 않았다. 돌돔 치어는 사육 실험 후에는 사료 종류에 따라 FBW가 3.1~7.0 g, WG도

168~516%로 실험 구간에 유의적인 성장 차이를 나타내었다. FE는 65~147%이었으며 성장과 유사한 경향을 나타내었다. DCCD구와 IOCD구에서 각각 6.5 g과 7.0 g으로 가장 높은 FBW를 나타내었으며, 다음으로 ILCD구에서는 5.5 g이었고, DECD구와 IHCD구에서 4.8 g과 4.3 g으로 CED구 중에서는 가장 낮았다. 모든 실험구 중 EDP구는 3.1 g으로 FBW에서도 가장 낮게 나타났으며 실험 구간에 2배 이상의 유의적인 차이를 나타내었다. 높은 단백질 및 지질을 함유한 국외산 O제품(단백질 66.6%, 지질 13.0% 및 회분 14.3%)과 국내산 C제품(단백질 61.3%, 지질 14.6% 및 회분 13.5%)에서 가장 높은 성장과 사료 효율을 나타내었다. 하지만, 다양한 6종류 실험 사료 또는 상품 사료 공급에 따라 생존율과 전어체의 일반성분인 수분, 단백질, 지질 및 회분은 유사한 결과로 다양한 먹이인 사료 종류에 따라 돌돔 치어의 생존율 및 전어체의 일반성분에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

## 사 사

이 논문은 국립수산물과학원 수산과학연구사업(R2015012)의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

## REFERENCES

- 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.
- 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. 1998. Determination of the protein requirement and development of a practical feed for parrot fish *Oplegnathus fasciatus*. Dissertation, Pukyong National University, Busan, Republic of Korea, 108pp. (in Korean)
- Kang, Y.J., S. 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)
- 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)
- Kumai, H. 1984. Biological studies on culture of the Japanese parrot fish, *Oplegnathus fasciatus* (Temminck et Schlegel). *Bull. fish. Lab. Kinki University, Kinki, Japan*, 127pp.
- Lee, H.M. and K.C. Cho. 1999. Vitamin nutrition of the Korean rockfish-development of a suitable vitamin test diet. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, Busan, Republic of Korea*, 56: 155-163. (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 Y.J. Kang. 2005. Composition of feed stuff for parrot fish aquaculture. Patent number 0503966. NFRDI, Republic of Korea.
- Lee, S.M. and S.M. Kim. 1996. Evaluation of supplemental vitamin premix in a test diet containing fish meal as protein source for juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *J. Aquacult.*, 9: 159-166. (in Korean)
- 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. & 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. 1992. Effects of dietary animal proteins and thyroid hormones on growth and body composition of the red drum (*Sciaenops ocellatus*). Ph.D. Dissertation, Texas A&M University Systems, College Stations, U. S. A., 105pp.
- Moon, H.Y. and D.M. Gatlin. 1994. Effects of dietary animal proteins on growth and body composition of the red drum (*Sciaenops 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 Institutel (NFRDI). 2009. Olive flounder formulated feed Keongsangbuk-Do field applied experiment, NFRDI, Busan, Republic of Korea.
- National Fisheries Research & Development Institutel (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., 102pp.
- 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. 2015. Statistics database for aquaculture production. Retrieved from <http://kostat.go.kr> on Sep. 15.
- Weatherley, A.H. and H.S. Gill. 1987. *The Biology of Fish Growth*. Academic Press, New York, U. S. A., 443pp.