



## 넙치 육성용 배합사료 개발을 위한 현장 사육 실험

서주영, 최 진, 이종하<sup>1</sup>, 이상민\*

강릉대학교 해양생명공학부, <sup>1</sup>국립수산과학원 동해특성화연구센터

## Development of Extruded Pellet for Growth of Flounder (*Paralichthys olivaceus*) in Commercial Scale Feeding Trials

Joo-Young Seo, Jin Choi, Jong Ha Lee<sup>1</sup> and Sang-Min Lee\*

Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University, Gangneung, 210-702, Korea

<sup>1</sup>Eastsea Mariculture Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Kyungbook 767-860, Korea

Two feeding experiments were conducted to evaluate the effects of the experimental extruded pellet (EP), commercial EP and raw fish-based moist pellet (MP) on growth of growing flounder (*Paralichthys olivaceus*). In experiment 1, two replicate groups of the fish (average body weight of 115±3.2 g) were fed one of five experimental diets (EP1-EP5) and MP in circular concrete tanks (4.6 m Ø, 0.6 m depth) for 78 days. In experiment 2, in order to evaluate EP in the commercial scale (8 m × 8 m), flounder (average body weight of 137±11.4 g) were fed one of five EPs (EP1-EP5) used in experiment 1, commercial EP (EP6) and two MEPs (MEP4 and MEP6) as moist pellet types which were made from EP4 and EP6, respectively, by being sprayed with a mixture of water and additives for 80 days. In experiment 1, weight gain of fish fed the all EPs was not significantly different from that of MP. Feed efficiency of fish fed the EP4 was highest, and protein efficiency ratio of fish fed the EP4 and EP5 was significantly higher than that of fish fed the MP ( $P<0.05$ ). Significant differences were observed in the contents of moisture and crude lipid in the muscle, and moisture in the liver of fish ( $P<0.05$ ). In experiment 2, weight gain of fish fed the EP4 and MEP4 were highest and feed efficiency showed high tendency in EP4, MEP4 and MEP6. Fish fed the MEP6 showed higher weight gain and feed efficiency compared to those of fish fed the EP6, but there was no difference in those of fish fed EP4 and MEP4. Based on the results of this study, dietary formulations used in EPs could be most recommendable applied in the practical extruded pellet feeds for flounder grown from 114 g to 350 g.

**Keywords:** Extruded pellet, Fish-based moist pellet, Flounder, Growth

### 서 론

사료비는 생산단가 중 가장 높은 비중을 차지하므로 효율적이고 성공적인 양식을 위해서는 양식대상종에 적합한 경제적이고 품질이 좋은 사료를 개발하여 안정적으로 공급하는 것이 대단히 중요하다. 그러나 우리나라의 양어가들은 넙치와 같은 해산어 육성용 먹이로 배합사료 보다는 생사료나 생사료와 분말 사료를 혼합한 형태인 MP (moist pellet)를 선호하는 편이며, 그 사용량이 사료 총사용량의 80%에 이르고 있다(Kim, 2005). 이처럼 양어가들이 배합사료에 대해 불신감을 보이는 가장 큰 이유는 EP (Extruded pellet)가 MP에 비해 성장도가 떨어진다는 것인데, 이것은 현재 생산 공급되고 있는 EP 사료가 질적으로 넙치의 성장에 적합하지 않거나, 넙치 배합사료에 대한 많은 연구가 이루어

지기 이전의 낮은 품질의 넙치 사료에 대한 인식이 남아 있기 때문일 것이다.

1990년대 이후에 우리나라의 주요 해산어 양식종인 넙치에 대하여 영양소 요구(Lee et al., 2000, 2002, 2003; Kim et al., 2004), 사료원료 이용성(Kikuchi, 1999; Kim et al., 2003; Pham et al., 2005) 및 사료물성(Seo et al., 2005) 등에 관한 연구결과들이 보고되었다. 이러한 연구결과들을 토대로 최근에 넙치 사육을 위한 EP사료를 제조하여 생사료와 그 효능을 비교한 연구 결과들(Kim et al., 2005; Cho et al., 2005; Lee et al., 2005; Kim et al., 2006)이 발표되었다. 이러한 연구들에서 이미 넙치 육성용으로 단기간 사육 뿐 아니라 장기간 사육에서도 생사료 못지않은 EP의 성장효과가 증명된 바 있으며, 최근에는 넙치 양어장에서 가공, 유통 및 환경적으로 많은 문제점이 대두되고 있는 MP 대신 EP 사료를 공급하는 비율이 점차 늘어나고 있는 실정이다.

\*Corresponding author: smlee@kangnung.ac.kr

하지만, 양식현장에서는 아직도 EP는 섭취 후 소화력이 떨어지거나 복부 팽창의 주된 원인이 된다고 인식되고 있어, EP를 공급하기 전에 비타민, 소화제 및 간기능 개선제 등의 각종 첨가제와 물을 함께 흡착시켜 공급하는 경우가 많다. 이러한 흡착 EP사료는 양어가들의 판단에 의해서 제조되어 공급되고 있으나 그 효율성이 검증되진 않았으며, 오히려 흡착 EP사료를 제조하기 위한 기계 구입 및 노동비용 등의 증가로 양식 생산비용의 상승을 초래할 수 있으므로 이에 대한 검증이 필요하다.

본 연구에서는 넙치 배합사료에 대한 기존 연구결과들을 토대로 사료조성을 보완하여 설계한 부상배합사료와 생사료의 효능을 비교하였으며, 또한 넙치 사육 현장에서 많이 사용되고 있는 각종 첨가제를 흡착시켜 습사료화한 배합사료의 효능을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험사료

실험 1에는 자체 사료조성으로 제조한 5종류의 부상 배합사료(EP1, EP2, EP3, EP4 및 EP5)와 MP로 총 6종류를 준비하였으며, 실험 2에는 실험 1에 사용한 EP 5종(EP1-EP5), 시판사료(EP6) 및 EP4와 EP6을 물(20 ml/100 g diet)과 각종 영양소(소화제, 간기능 개선제 및 비타민 C와 E 보충제 각각 1 g/100 g diet)를 흡착시킨 2종류의 흡착-습사료(MEP4, MEP6)로 총 8종류의 사료를 준비하였다. EP1-EP5는 넙치의 영양소 요구(Lee et al., 2000, 2002, 2003; Kim and Lee, 2004)를 고려하여 사료를 설계하고 사료회사에 의뢰하여 사료제조기(EX 920, Matador, Denmark)로 부상 건조 펠릿으로 제조하였으며, EP6은 상업용으

**Table 1.** Ingredients and nutrient contents of experimental diets

	Diets						
	EP 1	EP 2	EP 3	EP 4	EP 5	MP	EP 6
<i>Ingredients (%)</i>							
Mackerel meal				55.5	49.7		Closed
Herring meal <sup>1</sup>	55.0	46.0	60.0				
Wheat flour				15.0	18.5		
Wheat flour (Low CP)	23.9	20.4	21.3				
Fish oil	2.4	2.4	2.4	5.5	4.0		
Dehulled soybean meal		7.0		2.3	3.0		
Corn gluten meal	3.0	3.0		3.0	3.0		
Starch				2.0	2.0		
Brewers yeast	2.0	2.0	4.0	1.1	2.0		
Krill meal	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0		
Poultry by-product		5.0					
Wheat gluten				4.0	2.0		
Others	8.7	9.2	7.3	7.6	10.8		
Mackerel (raw fish)						75	
Binder meal						25	
<i>Proximate analysis (% dry matter basis)</i>							
Dry matter	96.8	95.5	95.1	92.9	94.7	46.9	89.9
Crude protein	51.9	51.8	55.3	54.8	53.2	59.6	54.9
Crude lipid	8.1	8.4	8.4	10.5	8.7	7.8	7.2
Ash	11.6	11.9	12.1	11.3	11.7	11.9	11.1
Gross energy (kcal/100 g diet)	569	577	587	600	583	609	582
E/P (kcal/g protein)	11.0	11.1	10.6	10.9	11.0	10.2	10.6
<i>Essential amino acid composition (% in protein)</i>							
Arg	7.1	6.7	7.1	6.5	6.6	6.7	7.0
HIs	2.8	2.6	3.3	3.4	3.3	3.3	3.3
Ile	4.0	3.9	4.1	3.8	3.8	3.9	3.9
Leu	8.5	8.4	8.3	8.2	8.2	8.8	8.6
Lys	7.9	7.3	8.3	7.5	7.5	7.8	7.5
Met + Cys	0.8	4.1	0.4	4.1	3.5	2.5	1.2
Phe + Tyr	8.0	8.2	7.5	8.1	8.1	8.4	7.5
Tyr	5.2	4.9	5.3	4.9	5.0	5.0	4.9
Val	5.8	5.0	5.8	4.9	5.0	5.2	5.6
Feed cost (won/kg) <sup>2</sup>	984	955	972	969	1006		

<sup>1</sup>Imported from Chile.

<sup>2</sup>Cost of ingredients except for diet processing cost based on the price in 2004.

로 판매되고 있는 넙치용 사료를 구매하였고, MP는 넙치용 분말사료와 냉동 전갱이를 1:3의 무게 비율(습중량)로 혼합하여 제조하였다. 실험사료는 냉동 보관(-40°C)하면서 먹이 급여시마다 사용하였으며 사료조성 및 영양성분을 Table 1에 표시하였다.

## 실험어 및 사육관리

### 1) 실험 1

실험어는 강원도 강릉 해동수산에서 2004년 6월에 구입하여 10톤 콘크리트 원형수조에 수용하여 한 달 동안 실험환경에 적응을 시켰다. 적응기간 동안 실험어에게는 1일 2회 상업용 넙치 부상사료를 공급해 주었다. 사육실험은 총 12개의 10톤 콘크리트 원형 수조(지름 4.6 m, 높이 0.6 m)를 이용하였으며, 외형적으로 건강한 실험어(평균 체중: 115±3.2 g)를 각 수조에 582 마리씩 2반복으로 수용한 후 실험사료를 1주일에 6일 동안 매일 2회(09:00 및 17:00시) 반복으로 공급하며 78일간 사육하였다. 사료공급 1시간 후에 사육수의 70~80%를 배수시켜 수조내 찌꺼기를 제거하여 주었으며, 각 수조마다 1일 12-15회 환수시켜 주면서 산소를 보충해 주었다. 사육실험 기간 동안 각 수조에서 죽은 개체는 매일 제거하였으며, 수온은 22.9±0.99°C (18.1-25.1°C)였고 비중은 1.023±0.006이었다.

### 2) 실험 2

실험어로는 강릉 안인 넙치 양어장에서 상업용 넙치 부상사료로 육성하고 있는 넙치를 사용하였다. 사육실험은 총 8개의 콘크리트 사각수조(가로 8 m × 세로 8 m, 수심 0.6 m)를 이용하였으며, 외형적으로 건강한 실험어(평균체중: 137±11.4 g)를 각 수조에 3000 마리씩 수용한 후, 실험사료를 1주일에 6일 동안 매일 2회(09:00, 17:00) 반복으로 공급하며 80일 동안 사육하였다. 사육기간 중에 어체가 성장하면서 과밀도 사육으로 인한 피해를 예방하기 위해 사육실험 4주와 6주후에 각 수조별로 500 마리씩 전체무게를 측정된 후 다른 수조로 옮겨주었다. 각 수조는 유수식으로 환수시키면서 산소를 보충해 주었으며, 환수량은 1일 12-15회전으로 조절하였다. 그리고 사육실험 기간 동안 각 수조에서 죽은 개체는 매일 제거하였으며, 수온은 21.5±0.93°C (19.6-23.6°C)였고 비중은 1.024±0.0017이었다.

## 시료채취 및 성분분석

어체의 성분 분석용으로 실험개시시 20마리를 무작위로 표본 추출하였으며, 실험 종료시에는 각 실험수조에서 15마리를 취하였다. 그 중 5마리는 근육과 간의 일반성분 분석을 위해 냉동보관(-75°C)하였으며, 나머지 10마리 중 5마리는 혈액분석을 위해 미부동맥에서 일회용 주사기를 이용하여 채혈 후, 7500 rpm에서 5분간 원심분리하여 상층액을 동결보존(-70°C) 하였다. 채혈한 어체를 포함한 10마리는 다시 해부를 통해 간의 무게를 측정된 후 간과 근육을 채취하여 성분 분석용 시료로 사용하였다.

실험사료 및 어체의 일반 성분은 AOAC (1990)의 방법에 따

라 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Buchi B-324/435/412, Switzerland; Metrohm 8-719/806, Switzerland)을 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105°C의 dry oven에서 6시간 동안 건조 후 측정하였으며, 조회분은 550°C의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정하였다. 총에너지는 bomb calorimeter (Parr 1356, USA)를 사용하여 측정하였다. 혈청분석은 임상용 kit (아산제약제품)를 사용하여 total protein (TP)은 biuret법으로 GPT (glutamic pyruvic transaminase)는 Reitman-Frankle법으로 분석하였으며, glucose와 TG (Triglyceride)는 각각 효소법으로 분석하였다.

## 통계처리

결과의 통계 처리는 SPSS Version 10 (SPSS, Michigan Avenue, Chicago, IL, USA) program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균 간의 유의성을 검정하였다.

## 결 과

### 실험 1

배합사료와 생사료로 평균체중 115 g의 넙치를 78일간 사육 실험한 결과를 Table 2에 표시하였다. 생존율은 67-78% 였으며 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었다. 증중율은 모든 EP 사료 실험구가 MP 실험구와 차이가 없었으며, EP4 실험구가 가장 높은 값을 보였으나 EP2를 제외한 타 실험구와는 통계적인 차이는 없었다. 사료효율은 EP4 실험구가 타 실험구들에 비해 유의하게 높았으며, 단백질효율은 EP4와 EP5 실험구에서 우수한 결과를 보였다. 일일사료섭취율, 일일단백질섭취율, 비만도 및 간중량지수는 모든 실험구간에 차이가 없었다.

사육실험 시작 및 종료시의 등근육과 간의 일반성분 분석결과를 Table 3에 나타내었다. 등근육의 수분함량은 MP를 공급한 실험구가 가장 높은 값을 보였으며( $P<0.05$ ), 조단백질함량은 EP1, EP2 및 EP5 공급구가 MP 공급구보다 유의하게 높았으나( $P<0.05$ ), EP3과 EP4 공급구와는 유의한 차이가 없었다( $P>0.05$ ). 그리고 근육의 지질함량은 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았다( $P>0.05$ ). 간의 경우, 수분함량은 EP4 공급구가 다른 실험구들보다 유의하게 낮은 값을 보였으며( $P<0.05$ ), 그 외 실험구들간에는 유의한 차이가 없었다( $P>0.05$ ). 단백질과 지질함량은 실험구간에 유의한 차이가 없었다( $P>0.05$ ).

어체의 미부동맥에서 채혈한 혈액성분의 분석 결과를 Table 4에 나타내었다. 혈청의 glucose, TP, TG 및 GPT 함량은 실험구간에 유의적인 차이가 없었다.

### 실험 2

최초 평균체중 137 g 전후의 넙치를 양식장에서 80일간 사육 실험한 결과를 Table 5에 나타내었다. 생존율은 89-99%의 범위

**Table 2.** Growth performance of growing flounder fed the experimental diets for 78 days in experiment 1<sup>1</sup>

Diets	EP1	EP2	EP3	EP4	EP5	MP
IMW (g/fish) <sup>2</sup>	116±11.3 <sup>ns</sup>	121±6.9	118±6.8	114±14.5	117±10.3	118±9.2
SUR (%) <sup>3</sup>	70±9.5 <sup>ns</sup>	78±8.1	67±11.0	70±13.0	74±7.5	72±5.0
WG (%) <sup>4</sup>	127±7.7 <sup>ab</sup>	113±1.5 <sup>a</sup>	136±13.8 <sup>ab</sup>	161±21.8 <sup>b</sup>	134±2.6 <sup>ab</sup>	151±8.1 <sup>ab</sup>
FE (%) <sup>5</sup>	85±1.6 <sup>a</sup>	84±0.9 <sup>a</sup>	88±5.2 <sup>a</sup>	105±0.9 <sup>b</sup>	93±1.0 <sup>a</sup>	93±2.5 <sup>a</sup>
DFI (%) <sup>6</sup>	0.96±0.04 <sup>ns</sup>	0.96±0.07	0.94±0.10	0.90±0.02	0.95±0.07	1.01±0.04
DPI (%) <sup>7</sup>	0.50±0.02 <sup>ns</sup>	0.50±0.04	0.52±0.05	0.49±0.01	0.51±0.04	0.60±0.02
PER <sup>8</sup>	1.64±0.03 <sup>ab</sup>	1.63±0.02 <sup>ab</sup>	1.59±0.09 <sup>ab</sup>	1.92±0.02 <sup>b</sup>	1.74±0.02 <sup>b</sup>	1.39±0.21 <sup>a</sup>
CF <sup>9</sup>	1.18±0.070 <sup>ns</sup>	1.19±0.010	1.17±0.055	1.15±0.001	1.17±0.010	1.10±0.010
HSI <sup>10</sup>	1.56±0.075 <sup>ns</sup>	1.58±0.015	1.42±0.080	1.53±0.225	1.54±0.075	1.18±0.135

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

<sup>2</sup>Initial mean weight.

<sup>3</sup>Survival.

<sup>4</sup>Weight gain = (final body weight-initial body weight)×100/initial body weight.

<sup>5</sup>Feed efficiency = fish wet weight gain × 100/feed intake (dry matter).

<sup>6</sup>Daily feed intake = feed intake (dry matter) × 100/[initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.]/2 × days fed.

<sup>7</sup>Daily protein intake = protein intake × 100/[initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.]/2 × days fed.

<sup>8</sup>Protein efficiency ratio = fish wet weight gain/protein intake.

<sup>9</sup>Condition factor = (body weight×100)/total body length(cm)<sup>3</sup>.

<sup>10</sup>Hepatosomatic index = (liver weight×100)/body weight.

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

**Table 3.** Proximate composition (%) of the muscle and liver in growing flounder fed the experimental diets for 78 days in experiment 1<sup>1</sup>

Diets	Moisture	Crude protein	Crude lipid
<b>Muscle</b>			
Initial	77.1	21.6	0.8
EP1	75.3±0.12 <sup>ab</sup>	24.6±0.09 <sup>b</sup>	0.67±0.40 <sup>ns</sup>
EP2	74.9±0.07 <sup>ab</sup>	24.3±0.24 <sup>b</sup>	0.60±0.33
EP3	75.4±0.26 <sup>b</sup>	23.9±0.28 <sup>ab</sup>	0.41±0.02
EP4	74.6±0.24 <sup>a</sup>	23.3±0.15 <sup>ab</sup>	0.78±0.55
EP5	74.6±0.36 <sup>ab</sup>	24.2±0.64 <sup>b</sup>	0.23±0.12
MP	76.6±0.18 <sup>c</sup>	22.8±0.41 <sup>a</sup>	0.75±0.51
<b>Liver</b>			
Initial	73.3	15.7	7.3
EP1	68.6±0.20 <sup>b</sup>	12.8±0.46 <sup>ns</sup>	11.4±1.24 <sup>ns</sup>
EP2	68.6±0.66 <sup>b</sup>	13.3±0.46	12.5±1.93
EP3	68.3±1.28 <sup>b</sup>	13.3±0.84	13.2±1.55
EP4	64.6±1.21 <sup>a</sup>	11.9±0.83	15.2±1.94
EP5	69.0±1.57 <sup>b</sup>	13.8±0.89	9.4±0.65
MP	70.3±0.39 <sup>b</sup>	14.5±0.96	14.0±2.11

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

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

로 양호한 결과를 보였다. 증중량은 EP4와 MEP4를 공급한 실험구가 다른 실험구보다 높은 값을 보였으며, 그 다음으로 EP3과 MEP6을 공급한 실험구가 양호한 결과를 보였다. 그리고 MEP4 공급구의 증중량은 EP4 공급구와 차이가 없었지만, EP6의 경우에는 MEP6 공급구에 비해 낮은 성장을 보였다. 사료효율은 EP4, MEP4, EP5, 및 MEP6 실험구가 123% 이상으로 높은 값을 보였으며, EP1을 공급한 실험구가 가장 낮았다. 일일사료섭취율은 EP1을 공급한 실험구가 가장 높았고, MEP6을 공급

한 실험구가 가장 낮은 값을 보였다. 단백질효율은 2.07~2.50%로 실험구간에 유사한 값을 보였다. 어체의 비만도와 간중량지수는 EP4와 MEP4 실험구가 다소 높은 경향을 보였다.

사육 실험 시작 및 종료시의 등근육과 간의 일반성분 분석결과를 Table 6에 나타내었다. 등근육의 수분함량은 73.9~75.6%, 단백질함량은 23.0~24.7% 그리고 지질함량은 0.04~0.67%의 범위로 각각 나타나 수치상으로 큰 차이를 보이지 않았다. 간의 경우, 수분함량은 63.0~73.5%의 범위였으며, EP6 공급구가 가장 높았고 MEP4 공급구가 가장 낮았다. 단백질함량은 EP1 공급구가 가장 높았으며(15.2%), MEP4 공급구가 가장 낮았다(12.1%). 지질함량은 EP1 (10.1%), EP5 (9.3%) 및 EP6 (7.4%) 실험구가 대체로 낮은 값을 나타냈으며, 나머지 실험구는 13.1~14.7%의 범위로 나타났다.

어체의 미부동맥에서 채혈한 혈액의 분석 결과(Table 7), glucose 함량은 EP5 공급구가 가장 높았으며(63.5 mg/100 mL), EP1 공급구가 가장 낮은 값을(26.8 mg/100 mL) 보였다. TG 함량(173.8~247.4 mg/100 mL)은 MEP4 공급구가 가장 높았고 EP3 공급구가 가장 낮았다. TP 함량(4.2~5.4 g/100 mL)은 수치상으로 실험구간에 큰 차이가 없었다. GPT 함량(1.82~3.04 IU/L)은 EP6 공급구가 가장 높았고 MEP4 공급구가 가장 낮았다.

## 고 찰

넙치 배합사료 개발을 위한 영양요구에 관한 연구들이 활발히 수행되어져 왔으며(Lee et al., 2000, 2002; Kim and Lee, 2004), 최근에는 이를 바탕으로 실용적인 EP 사료를 개발하기 위한 연구에 초점이 맞춰지고 있다. 또한 넙치 사육용 EP 사료와 MP 사료의 단기간 및 장기간 사육효과에 관한 연구들이 수행되었다

**Table 4.** Hematological changes of the plasma in growing flounder fed the experimental diets for 78 days in experiment 1<sup>1</sup>

Diets	Glucose (mg/100 mL)	Total protein (g/100 mL)	Triglyceride (mg/100 mL)	GPT (IU/L)
EP1	22.0±1.52 <sup>ns</sup>	4.7±0.08 <sup>ns</sup>	191±29.9 <sup>ns</sup>	3.4±0.04 <sup>ns</sup>
EP2	22.1±1.82	5.0±0.02	185±13.3	4.3±1.81
EP3	25.0±6.55	5.0±0.04	198±18.0	5.6±0.57
EP4	22.1±4.22	4.7±0.18	198±70.3	4.1±0.39
EP5	21.7±6.26	4.9±0.19	208±19.9	4.9±0.46
MP	18.9±4.69	5.2±0.02	197±21.0	5.4±0.16

<sup>1</sup>Values are mean±S.E. of two replications.<sup>ns</sup>Not significant ( $P>0.05$ ).**Table 5.** Growth performance of growing flounder fed the experimental diets for 80 day in experiment 2

Diets	IMW <sup>1</sup>	SUR <sup>2</sup>	WG <sup>3</sup>	FE <sup>4</sup>	DFI <sup>5</sup>	DPI <sup>6</sup>	PER <sup>7</sup>	CF <sup>8</sup>	HSI <sup>9</sup>
EP1	126	95	229	107	0.91	0.47	2.07	1.03	1.52
EP2	130	97	228	112	0.87	0.45	2.16	1.16	1.13
EP3	146	99	254	115	0.85	0.47	2.09	1.08	1.32
EP4	141	96	262	129	0.79	0.44	2.35	1.18	1.71
MEP4 <sup>10</sup>	146	95	266	128	0.77	0.42	2.34	1.21	1.88
EP5	116	96	233	122	0.85	0.45	2.31	1.16	1.44
EP6	140	89	211	116	0.75	0.41	2.12	1.12	1.71
MEP6 <sup>10</sup>	149	95	250	137	0.69	0.38	2.50	1.12	1.49

<sup>1</sup>Initial mean weight (g/fish).<sup>2</sup>Survival.<sup>3</sup>Weight gain (g/fish).<sup>4</sup>Feed efficiency (%) = fish wet weight gain × 100/feed intake (dry matter).<sup>5</sup>Daily feed intake (%) = feed intake (dry matter) × 100/[initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.]/2 × days fed.<sup>6</sup>Daily protein intake (%) = protein intake × 100/[initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.]/2 × days fed.<sup>7</sup>Protein efficiency ratio = fish wet weight gain/protein intake.<sup>8</sup>Condition factor = (body weight×100)/total body length(cm)<sup>3</sup>.<sup>9</sup>Hepatosomatic index = (liver weight×100)/body weight.<sup>10</sup>EP4 and EP6 by sprayed with mixture of water and additives.

(Lee et al, 1999; Lee et al, 2005; Cho et al, 2005; Kim et al, 2005, 2006). 이러한 연구들은 넙치 사육시 사용되는 MP를 EP로 대체할 수 있음을 증명하였으며, MP 대체용 EP사료의 개발을 위한 중요한 자료가 되고 있다. 본 연구의 실험 1에서도 모든 EP 공급구의 증중율이 MP 공급구와 유의한 차이가 없었으며, EP4 공급구는 오히려 MP 공급구보다 양호한 성장을 보였고, 사료효율 또한 가장 높았다. 이러한 결과는 MP에 결코 뒤지지 않는 EP의 효율성을 보여주고 있으며, EP의 MP 대체 가능성을 보고한 기존 연구결과들을 뒷받침하고 있다. 이처럼 실험 EP의 성장효과가 좋은 결과를 보인 것은 기존의 영양연구 결과들에 근거하여 넙치용 EP 사료 제조시, 고품질의 원료선정 및 필수 영양소의 균형있는 배합으로 EP의 품질이 향상되었기 때문으로 생각된다. Kim et al. (2006)은 실제 양식현장에서 EP와 MP로 넙치(30~620 g)를 13개월간 사육한 결과, MP 못지않은 EP의 성장결과를 얻어 양식현장에서 MP 대신 EP의 적용 가능성을 증명한 바 있다. 이처럼, 현장실험에서 EP의 우수성이 반복적으로 증명된다면, 그동안 EP 사료를 부정적인 측면이 개선되는데 많은 도움이 될 것으로 생각된다.

EP6 공급구는 단백질 함량이 60%로 가장 높음에도 불구하고

EP4 공급구에 비해 현저히 낮은 성장을 보였는데, EP6의 원료 조성은 알 수 없으나 사료의 영양소 균형, 원료의 종류 및 품질 차이 등으로 인한 차이로 판단된다. 그리고 고등어 어분을 주요 단백질원으로 사용한 EP4 실험구는 청어분을 주요 단백질원으로 사용한 EP1~EP3 실험구에 비해 높은 성장율을 보였다. 하지만, Jang et al. (2005)은 고등어 어분을 사용한 실험구에 비해 청어 어분만을 사용하거나 고등어 어분과 청어 어분을 혼합하여 넙치에게 공급할 때 좋은 성장을 보여, 본 연구와 상이한 결과를 보고한 바 있다. 이러한 어분에 따른 성장 차이는 동일한 어분이라도 가공 또는 보관 등에 따른 품질의 차이에서 기인된 것으로 보이며 어분 선정에 반드시 고려되어야 할 것이다. 또한, EP1과 EP2는 사료내 영양소 함량이 유사하였으나, EP2 실험구의 증중율이 수치상으로 낮은 값을 보였는데, 이것은 EP2 사료의 조성에 있어 동물성 단백질원인 청어 어분의 함량을 낮추면서 첨가된 식물성 및 가금 단백질원으로 인해 넙치의 사료 이용성이 다소 낮아진 것으로 판단된다.

EP를 사용하는 양어의 경우, 딱딱한 EP사료 섭취로 인해 유발될 수 있는 복부 팽창현상을 예방하기 위해서 양식 현장에서 EP사료 그대로를 공급하기보다는 EP 사료에 물과 각종 첨가

**Table 6.** Proximate composition (%) of the muscle and liver in growing flounder fed the experimental diets for 80 days in experiment 2

Diets	Moisture	Crude protein	Crude lipid
<b>Muscle</b>			
Initial	75.5	21.0	0.63
EP1	75.0	24.0	0.14
EP2	74.6	23.0	0.25
EP3	74.3	24.4	0.45
EP4	73.9	24.6	0.04
MEP4	74.0	24.5	0.67
EP5	74.3	24.6	0.10
EP6	75.6	23.3	0.62
MEP6	75.1	24.7	0.11
<b>Liver</b>			
Initial	73.2	11.9	6.7
EP1	70.5	15.2	10.1
EP2	66.2	13.9	14.2
EP3	65.7	13.7	13.3
EP4	63.6	13.4	13.1
MEP4	63.0	12.1	14.7
EP5	67.8	14.0	9.3
EP6	73.5	15.1	7.4
MEP6	67.8	15.2	14.2

제를 흡착시켜 습사료화하여 넙치에게 공급하는 경우가 많다. 본 연구의 실험 2에서 실험EP사료와 시판사료에 물과 각종 첨가제를 흡착시켜 습사료화(MEP4, MEP6)한 실험구의 경우, EP4는 MEP4 공급구와 유사한 성장을 보여 각종 첨가제의 흡착효과가 나타나지 않았지만, 시판사료인 EP6의 경우에는 흡착사료를 공급하였을 때 성장이 더 양호하였다. 이러한 결과로 본 실험에 사용된 EP의 물성에 따른 효과를 정확히 판단할 수는 없지만, EP6의 영양소 조성이 넙치의 요구에 못 미쳐 각종 첨가제의 보충효과로 성장이 더 향상되었을 수 있을 가능성을 배제할 수 없다. 반면에, 넙치의 영양소 요구를 고려하여 실험 제조한 EP4는 영양소가 균형있게 함유되어 있어 첨가제의 보충이 넙치의 성장에 영향을 미치지 않았던 것으로 보인다. 따라서 EP4와 같은 조성의 경우 다른 첨가제의 흡착과정은 불필요할 것으로 판단되며, 이로 인해, 첨가제 구입 비용 및 흡착 노동력 등이 감소될 수 있

어 경제적인 효과도 기대할 수 있을 것이다.

Lee et al. (2005)과 Kim et al. (2006)의 실험에서는 EP와 MP 공급구의 근육 단백질 함량에 있어 유의한 차이가 발견되지 않았지만, 본 연구에서는 MP 공급구가 가장 낮은 단백질 함량과 가장 높은 수분함량을 보여 EP 공급시 근육의 질적 향상에도 효과가 있을 것으로 판단된다.

이상의 결과들로부터, 114~350 g인 넙치에게 생사료를 기초로 제조된 MP를 공급하는 것 보다 영양소 균형이 잘 갖춰진 EP를 공급하여도 좋을 것으로 보이며, EP 공급시 물과 다른 영양소의 흡착과정은 불필요할 것으로 판단된다. 또한, 본 실험들에서 EP4 실험구의 증체율 및 사료효율이 MP와 상업용 EP 실험구에 비해 양호한 결과를 보인 것으로 보아 EP4의 사료 조성이 MP 대체 실용사료 개발에 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

### 요 약

육성기 넙치 사육용으로 부상배합사료 및 생사료의 사육효과를 비교하기 위하여 2회에 걸친 사육실험을 실시하였다. 실험 1에서는 평균체중 115 g의 넙치를 5종류의 실험EP (EP1~EP5)와 생사료(MP)로 78일간 사육 실험하였으며, 실험 2는 양식현장에서 평균체중 137 g의 넙치를 실험 1에 사용한 5종류의 EP (EP1~EP5), 시판사료(EP6) 및 EP4와 EP6에 물과 각종 영양소를 흡착시킨 2종류 흡착-습사료(MEP4 및 MEP6)로 80일간 사육 실험하였다. 사육실험 결과, 실험 1에서 증체율은 모든 EP 실험구가 MP 실험구와 유의한 차이가 없었으며, EP4는 MP에 비하여 더 높은 값을 보였다. 사료효율은 EP4 실험구가 다른 실험구보다 유의적으로 높은 결과를 보였다( $P < 0.05$ ). 등근육의 간과 수분함량 및 간의 지질함량은 실험구간에 유의한 차이를 보였다. 실험 2에서는 생존율은 89~99%의 범위로 양호한 결과를 보였다. 증체율은 EP4와 MEP4 실험구가 가장 높은 값을 보였으며, 그 다음으로 EP3과 MEP6 실험구가 양호한 결과를 보였다. 사료효율은 모든 실험구에서 108% 이상으로 양호하였으며, EP4, MEP4 및 MEP6에서 높은 값을 보였다.

이상의 결과들로부터, 114~350 g인 넙치에게 생사료를 기초로 제조된 MP를 공급하는 것 보다 영양소 균형이 잘 갖춰진 EP를 공급하여도 좋을 것으로 보이며, EP 공급시 물과 다른 영양

**Table 7.** Blood chemistry of growing flounder fed the experimental diets for 80 days in experiment 2

Diets	Glucose (mg/100 mL)	Triglyceride (mg/100 mL)	Total protein (g/100 mL)	GPT (IU/L)
EP1	26.8	195	4.2	1.97
EP2	43.4	223	4.3	2.29
EP3	38.8	173	4.5	2.89
EP4	36.8	218	4.6	2.49
MEP4	31.8	247	5.4	1.82
EP5	63.5	210	4.9	3.04
EP6	28.9	225	4.8	3.12
MEP6	42.3	178	4.6	1.93

소의 흡착과정은 불필요할 것으로 판단된다. 또한, MP와 상업용 EP 실험구에 비해 양호한 성장 결과를 보인 EP4는 MP 대체 실용사료로서 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 해양수산부 수산특정연구개발사업의 연구비 지원에 의한 것이며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298 pp.
- Cho, S. H., S.-M. Lee and J. H. Lee. 2005. Effects of the extruded pellets and raw fish-based moist pellet on growth and body composition of flounder *Paralichthys olivaceus* L. for 10 months. *J. Aquacult.*, 18, 60–65.
- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1–42.
- Jang, H.-S., K.-D. Kim and S.-M. Lee, 2005. Effect of various commercial fish meals as dietary protein sources on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.*, 18, 267–271.
- Kikuchi, K., 1999. Use of defatted soybean meal as a substitute for fish meal in diets of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 179, 3–11.
- Kim, G.-U., H.-S. Jang, J.-Y. Seo and S.-M. Lee, 2005. Effect of feeding frequency of extruded pellet on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* during the winter season. *J. Aquacult.*, 18, 31–36.
- Kim, K.-D. and S.-M. Lee, 2004. Requirement of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids for juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 229, 315–323.
- Kim, K. W., X. J. Wang, S. M. Choi, G. J. Park and S. C. Bai. 2004. Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquacult. Res.*, 35, 250–255.
- Kim, K.-W., Y. J. Kang, H. Y. Lee, K.-D. Kim, S.-M. Choi, S. C. Bai and H.-S. Park, 2006. Commercial scale evaluation of practical extruded pellet feed for the olive flounder (*paralichthys olivaceus*). *J. Kor. Fish. Soc.*, 39, 100–105.
- Kim, S. M., S.-M. Lee and B.-D. Yoon, 2003. Effect of fermented food garbage in diet on growth and body composition of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J. Fish. Sci. Tech.*, 6, 45–50.
- Kim, Y.-U., 2005. Policy of artificial feed supply for marine fish culture in Korea. International Symposium on the Present Status of Nutrition Research and the Future of Aquaculture Feed in Korea. NFRDI, Busan, Korea, 12 August, 2005. pp. 11–16.
- Lee, S.-M., C. H. Seo and Y. S. Cho. 1999. Growth of the juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed the diets at different feeding frequencies. *J. Kor. Fish. Soc.*, 32, 18–21.
- Lee, S.-M., C. S. Park and I. C. Bang. 2002. Dietary protein requirement of young Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* fed isocaloric diets. *Fish. Sci.*, 68, 158–164.
- Lee, S.-M., K.-D. Kim and S. P. Lall, 2003. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 221, 427–438.
- Lee, S.-M., S. H. Cho and K. D. Kim. 2000. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *J. World Aquacult. Soc.*, 31, 306–315.
- Lee, S.-M., J.-Y. Seo, Y.-W. Lee, K.-D. Kim, J. H. Lee and H.-S. Jang, 2005. Evaluation of experimental extruded pellet, commercial pellet and raw fish-based moist pellet for growing flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.*, 18, 287–297.
- Pham, M. A., K.-J. Lee, S.-J. Lim, B.-J. Lee, S.-S. Kim, Y.-J. Park and S.-M. Lee. 2005. Fish meal replacement by cottonseed and soybean meal in diets for early juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.*, 18, 215–221.
- Seo, J.-Y., J. H. Lee, G.-U. Kim and S.-M. Lee. 2005. Effect of extruded and moist pellets at different feeding rate on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.*, 18, 26–30.
- SPSS Inc. 1997. SPSS Base 10.0 for Window, SPSS Inc., 444 N. Michigan Avenue, Chicago, IL, USA.

원고접수 : 2007년 4월 4일

수정본 수리 : 2007년 5월 22일