

## 넙치 실용배합사료개발을 위한 현장적용시험

김강웅\* · 강용진 · 이해영 · 김경덕 · 최세민 · 배승철<sup>1</sup> · 박흥식<sup>2</sup>  
국립수산과학원 양식사료연구센터, <sup>1</sup>부경대학교, <sup>2</sup>(주)수협사료

### Commercial Scale Evaluation of Practical Extruded Pellet Feed for the Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*)

Kang-Woong KIM\*, Yong Jin KANG, HaeYoung Moon LEE, Kyoung-Duck KIM, Se-Min CHOI, Sungchul C. BAI<sup>1</sup> and Hung-Sik PARK<sup>2</sup>

Aquafeed Research Center, NFRDI, Pohang 791-923, Korea

<sup>1</sup>Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

<sup>2</sup>National Federation of Fisheries Cooperatives, Fisheries Co-op Feeds Co. Ltd., Uiryong, Kyongnam 636-801, Korea

This study was conducted to evaluate the effects of extruded pellet (EP) diets, as compared to a raw fish moist pellet (MP) diet for olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, grown in commercial-scale aquaculture for 1 year. Four diets with duplication per diet were formulated for this experiment: two experimental EP diets (EP1 and EP2), one commercial EP diet (CEP), and a raw fish MP diet (MP). The MP diet consisted of 80% frozen horse mackerel and 20% commercial binder meal. Fish weighing  $30.1 \pm 0.1$  g (mean  $\pm$  SD) were distributed randomly to each aquarium as a group of 2,600 fish. Weight gain (WG) and feed efficiency ratio (FER) of fish fed EP2 and MP were higher ( $P < 0.05$ ) than those of fish fed CEP, while those of fish fed EP1 did not differ ( $P > 0.05$ ) from those fed EP2 and MP. However, fish fed the MP diet had a higher survival rate than fish fed the other diets. Fish fed EP2 had higher serum, phospholipids and total protein levels, and lower levels of serum glutamic-oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic-pyruvic transaminase (GPT), and total cholesterol than fish fed MP ( $P < 0.05$ ). Dorsal muscle and liver proteins and lipid of fish fed EP1 were higher ( $P < 0.05$ ) than those of fish fed CEP, while those of fish fed EP1 and MP did not differ from those of fish fed EP2 ( $P > 0.05$ ). These results strongly suggest that EP1 could be developed to replace MP for grow-out stage production of olive flounder without adverse effects on growth performance.

Key words: Olive flounder, Extruded pellet, Moist pellet, Practical feed

#### 서 론

우리나라에서 해산어 양식에 사용되고 있는 배합사료와 생사료(MP)의 사용량이 2004년 기준 총 47만 톤으로 증가되고 있으나, 아직까지 양어가들의 배합사료에 대한 불신으로 인해 양식현장에서는 넙치의 육성용 먹이로 메가리와 전갱이 같은 생사료를 주로 사용하는 실정이며, 그 사용량이 전체 사료 사용량의 약 80%에 이르고 있다. 생사료는 성장도에 비하여 가공, 유통 및 보관 등에 많은 문제점들이 잠재되어 있을 뿐 아니라 사료 유실로 발생하는 수질오염은 심각한 환경적 문제를 유발시킬 수 있으므로 지속적으로 공급할 경우, 많은 불이익을 초래할 수 있다. 그러나, 배합사료 (Extruded pellet, EP)는 생사료의 문제점을 보완함과 동시에 전분을  $\alpha$ -화시켜 사료의 소화율을 높일 수 있기 때문에 지속적인 양식 생산량의 증대를 위해서는 그 어종에 적합한 경제적이고 환경 친화적인 실용 배합사료 개발이 시급한 실정이다.

완전 배합사료를 개발하기 위해서는 대상 어종에 필요한

영양소 및 영양소별 적정 요구량을 구명하는 것이 가장 먼저 선행되고, 이러한 기초적 정보를 바탕으로 영양소 균형을 고려하면서 그 어종이 최대로 이용할 수 있는 원료의 선택과 이용성을 규명해야 한다(NRC, 1993). 넙치 연구는 많은 영양학자들에 의해 사료원료 이용성, 단백질요구량, 단백질/에너지 비, 아미노산 요구량, 지질 및 지방산 요구량, 탄수화물 영양연구, 미량 영양소 요구량 등 많은 양어사료의 영양학적 기초연구들이 수행되어져 왔으며(Kikuchi et al., 1997; Kim et al., 2002; Alam et al., 2002; Kim et al., 2004; Kim and Lee, 2004; Kim et al., 2005a), 아울러 완전배합사료에 대한 연구도 활발히 수행되어지고 있다(Cho et al., 2005; Kim et al., 2005b; Seo et al., 2005; Kim et al., 2005c). 그러나, 배합사료 개발 시 그 어종에 적합한가를 충분한 검토 없이 개발되는 경우가 많아 영양성분의 불균형으로 어류의 성장 및 사료효율 측면에서 생사료에 비해 크게 개선되어 있지 않거나 가격면에서도 비싸기 때문에 양식 사양가들로부터 외면당하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구는 기존의 넙치 연구결과들을 토대로 실용

\*Corresponding author: kwkim@momaf.go.kr

배합사료를 자체 제작하여 장기간에 걸친 현장시험을 통해 배합사료의 가능성과 넙치 상품사료 및 생사료의 영양학적 효과를 평가하여 경제적이고 환경친화적인 넙치용 실용 배합사료를 개발하기위해 수행하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험어 및 사육관리

실험어는 경북 포항시 송라면 조사리에 위치한 넙치 양식장(청양수산)으로 운반하여 콘크리트수조(30 m<sup>2</sup>, 15톤)에서 실험 환경에 적응할 수 있도록 예비사육 하였으며, 실험시작 전에 모든 실험구는 실험사료에 적응시키기 위해 넙치 상품사료(수협사료)를 2주간 동일하게 공급하였다. 예비사육 후, 평균무게 30.1±0.2 g (mean±SD)인 넙치 치어를 콘크리트수조에 각각 2,600마리씩(80 kg) 수용하여 각 사료구당 2반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 시간당 12회전 되도록 하였으며, 성장함에 따라 시간당 18회전으로 조절하였다. 각 수조 당 충분한 산소 공급을 보충하기 위해 에어 스톤을 설치하였으며, 실험기간 동안 평균 수온은 19.2±3.5℃로 전 실험기간 동안에 자연수온에 의존하였다. 사육수의 염분은 31.5-33.9‰이었고, 용존산소(DO)는 5.9-6.9 mg/L의 범위였다. 일일 사료공급량은 전 실험기간 동안 어체중의 0.5-3.5% (건물기준)로 1일 2회(오전 9시, 오후 5시) 공급하였으며, 주 사육 실험기간은 13개월(2004년 5월 31일 - 2005년 6월 30일) 실시하였다.

#### 실험디자인 및 실험사료

넙치 실험에 사용된 실험사료(EP)의 일반성분 및 아미노산 조성은 Table 1에 나타내었다. 시험사료의 단백질원으로는 북양어분(white fish meal), 대두박(soybean meal), 콘글루텐밀(corn gluten meal), 크릴밀(krill meal)을 사용하였으며, 지질원으로 어유(fish oil), 대두유(soya-oil), 그리고 탄수화물원으로 밀가루(wheat flour), wheat gluten을 사용하였다. 사료첨가제로서 켈프밀(kelp meal), 효모(yeast), 항산화제, 콜린, 효소, 레시틴 등을 사용하였으며, 습사료(MP)는 냉동 고등어(frozen horse mackerel)와 넙치 분말사료(commercial binder meal)를 8:2 비율로 사용하였다. 시험사료(EP1 및 EP2)는 52-54%, 조지방은 10-12%로 설계되었으며, 어체가 성장함에 따라 사료배합표도 달리 적용하여 부상 EP사료(4-10호)를 제조하였다. 상품사료(Commerciereal Extruded Pellet, CEP)는 상업용 부상 EP사료를 성장단계별로 구입하여 사용하였으며, 습사료(MP)는 양식장 현장에서 직접 크기별로 제조하여 냉동한 후 사용하였다. 모든 실험사료는 (주)수협사료에서 제조하였으며, 원료를 혼합한 후 펠렛제조기로 압출·성형하였다.

#### 성분분석 및 어체측정

일반성분은 실험사료와 각 수조별로 5마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체, 간 및 등 근육을 분석하였으며, AOAC (1984)방법에 따라 수분은 상압가열건조법(105℃, 4시간), 조

Table 1. Ingredients and nutrient contents of experimental diets

Ingredients	Diets			
	EP1	EP2	CEP	MP
White fish meal <sup>1</sup>	56.0	61.1	-	-
Dehulled soybean meal <sup>1</sup>	5.0	3.0	-	-
Corn gluten meal <sup>1</sup>	2.0	2.0	-	-
Krill meal <sup>1</sup>	5.0	4.0	-	-
Squid liver powder <sup>1</sup>	2.0	2.0	-	-
Kelp meal <sup>1</sup>	3.0	2.0	-	-
Fish oil + Soya-oil <sup>1</sup>	0.0	6.1	-	-
Yeast <sup>1</sup>	1.0	1.0	-	-
Frozen horse mackerel	-	-	-	80
Commercial binder meal <sup>1</sup>	-	-	-	20
Wheat flour <sup>1</sup>	11.5	12.4	-	-
Wheat gluten <sup>1</sup>	-	2.0	-	-
Oil mixture <sup>2</sup>	7.0	0.0	-	-
Vitamin premix <sup>3</sup>	1.0	1.0	-	-
Vitamin premix <sup>3</sup>	1.0	1.3	-	-
Protector <sup>4</sup>	4.5	-	-	-
Additive <sup>5</sup>	-	2.1	-	-
Proximate analysis (% DM basis)				
Moisture	8.7	8.5	8.3	60.2
Crude protein	53.2	53.7	51.5	61.8
Crude lipid	12.0	10.0	8.9	12.1
Crude ash	11.6	10.9	10.6	8.9
Essential amino acidss (% of protein)				
Arginine	5.35	5.67	5.33	6.11
Histidine	3.86	4.11	3.31	3.89
Isoleucine	4.38	4.51	3.91	4.24
Leucine	8.43	8.03	7.88	8.30
Lysine	7.71	7.30	7.32	8.16
Methionine + Cystein	3.99	3.60	2.89	4.60
Phenylalanine + Tyrosine	7.12	7.52	8.14	7.90
Threonine	4.50	4.55	4.09	4.56
Valine	4.29	5.12	4.68	4.98

<sup>1</sup>Provided by Suhyup Feed Co., Kyong-Nam, Korea.

<sup>2</sup>Fish oil, Corn oil, Ethoxyquin, Lecithin, Vit A, D and E.

<sup>3</sup>Premix (mg/kg): KI 250, MnSO<sub>4</sub>×H<sub>2</sub>O 2800, ZnSO<sub>4</sub>×H<sub>2</sub>O 2350, Vt K 225, Biotin (2%) 3500, Niacin 4850, Calcium pantothenate 11000, folic acid 2000, Vt-B1 1500, Vt-B2 2000, Vt-B6 2000, Vt-C 50000.

<sup>4</sup>Anti-oxidant, glucan, Gelatin, betaine, Choline, wheat flour.

<sup>5</sup>Enzyme, Choline, Glucan, Lecithin.

단백질은 Kjeldahl 질소정량법, 조지방은 직접회화법으로 분석하였다. 조지방은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, Soxtec system 1046 (Tacator AB, Sweden)을 사용하여 Soxhlet 추출법으로 분석하였다. 혈청성분의 분석을 위하여 채혈한 혈액을 항응고제가 처리되지 않은 원심분리관에 넣고 실온에 30분간 방치한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장보관하면서 16시간 이내에 분석하였다. 혈청 검사는 실험어를 각 수조당 3마리씩 무작위로 추출하고 일회용 주사기를 이용하여 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채혈한 후, 혈액을 항응고제가 처리되지 않은 원심분리관에 넣고 실온에 30분간 방치한 후 3,600 rpm에서 15분간 원심분리하여 냉장보관하면서 분석하였다(대광메디텍, 한국). 혈청 검사에 있어서는 Kinetic 방법에 의해 GOT 및 GPT를 분석하였고, End-point 방법에 의해 total

protein, phospholipid, total cholesterol, triglyceride, uric acid를 측정하였다. 어체 측정은 2달 간격으로 실시하였으며, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후 전체무게를 측정하였다. 실험종료 후, 증체율(% WG), 일간성장률(SGR), 단백질전환효율(PER), 사료효율(FCR), 간중량 지수(HSI), 비만도(CF) 및 생존율(survival rate)을 조사하였다. 간중량 지수를 위해 각 수조별로 5마리씩 간의 무게를 측정하였다.

모든 자료의 통계처리는 Computer Program Statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul MN, USA)로 분산분석(ANOVA test)을 실시하여 최소유의차검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성( $P < 0.05$ )을 검정하였다.

## 결 과

### 성장결과

13개월 동안 사육한 넙치의 4가지 사료구의 성장 결과는 Table 2에 나타내었다. 증체율에 있어서 시험사료2(EP2) 및 습사료(MP) 사료구는 상품사료(CEP)와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며( $P < 0.05$ ), 시험사료1(EP1)은 EP2 및 MP 사료구와 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았다( $P > 0.05$ ). 전체적으로 10-11월에 있어서 기간별 증체량에서 123-165 g으로 가장 높은 증체량을 나타내었으며, 2-3월에 있어 27-38 g으로 가장 낮은 증체량을 보였다. 4-6월에는 수온이 점차적으로 상승시기에 월평균 50 g씩 성장하였다. 사료계수에 있어서 EP1 및 EP2 사료구는 두 사료구간 유의적인 차이를 보이지 않은( $P > 0.05$ ) 반면에, CEP 및 MP 사료구와 비교하여 유의적으로 높은 값을 나타내었으며( $P < 0.05$ ), MP가 가장 낮은 값(4.05)을 보였다( $P < 0.05$ ). 일간성장률에 있어서 EP1, EP2 및 MP 사료구는 유의적인 차이를 보이지 않았으며( $P > 0.05$ ), 이

Table 2. Effects of extruded pellets and moist pellet diets for 13 months on flounder growth<sup>1</sup>

	Diets				Pooled SEM
	EP1	EP2	CEP	MP	
Initial wt. (g)	30.2	30.2	30.1	30.1	0.2
Final wt. (g)	593 <sup>ab</sup>	615 <sup>a</sup>	563 <sup>b</sup>	620 <sup>a</sup>	15.5
Wt. gain (%) <sup>2</sup>	1,864 <sup>ab</sup>	1937 <sup>a</sup>	1771 <sup>b</sup>	1960 <sup>a</sup>	55.9
FCR (%) <sup>3</sup>	1.31 <sup>a</sup>	1.32 <sup>a</sup>	1.55 <sup>b</sup>	4.05 <sup>c</sup>	0.2
SGR (%) <sup>4</sup>	1.98 <sup>a</sup>	2.01 <sup>a</sup>	1.95 <sup>b</sup>	2.02 <sup>a</sup>	0.1
PER <sup>5</sup>	1.64 <sup>a</sup>	1.67 <sup>a</sup>	1.41 <sup>b</sup>	1.15 <sup>c</sup>	0.2
HSI <sup>6</sup>	1.44 <sup>a</sup>	1.47 <sup>a</sup>	1.28 <sup>b</sup>	1.21 <sup>b</sup>	0.1
CF <sup>7</sup>	1.14 <sup>ab</sup>	1.19 <sup>a</sup>	1.08 <sup>b</sup>	1.18 <sup>a</sup>	0.1
Survival rate (%)	59.4 <sup>ab</sup>	61.5 <sup>a</sup>	58.8 <sup>b</sup>	65.9 <sup>a</sup>	4.5

<sup>1</sup>Values are means from triplicate groups of fish where the means in each row with a different superscript are significantly different ( $P < 0.05$ ).

<sup>2</sup>Percent weight gain; (final wt. - initial wt.) × 100 / initial wt.

<sup>3</sup>Feed conversion ratio; (wet weight gain / dry feed intake).

<sup>4</sup>Specific growth rate; (loge final wt. - loge initial wt.) / days.

<sup>5</sup>Protein efficiency ratio; (wet weight gain / protein intake) × 100.

<sup>6</sup>Hepatosomatic index; (liver weight / body weight) × 100.

<sup>7</sup>Condition factor; [fish wt. (g) / fish length (cm)<sup>3</sup>] × 100.

사료구들은 CEP와 비교하여 유의적으로 높은 값을 나타내었다( $P < 0.05$ ). 단백질 전환효율에 있어서 EP1 및 EP2 사료구는 다른 사료구들과 비교하여 유의적으로 높은 값을 나타내었으며( $P < 0.05$ ), 간중량지수에 있어서 EP1 및 EP2 사료구는 CEP 및 MP 사료구와 비교하여 높은 값을 보였다( $P < 0.05$ ). 비만도는 EP2 및 MP 사료구가 CEP 사료구와 비교하여 유의적으로 높게 나타난 반면( $P < 0.05$ ), EP1과 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았다( $P > 0.05$ ). 생존율에 있어서 MP 사료구가 EP1 및 EP2 사료구와 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않은( $P > 0.05$ ) 반면에 CEP와 비교하여 유의적으로 높은 값을 나타내었다( $P < 0.05$ ). 7-9월 사이 태풍으로 인한 수질탁도, 고수온으로 인한 먹이절식 및 어병 발생으로 한달 정도 먹이급이가 제대로 되지 않았으며, 이때 폐사율을 15-20% 발생하였다. 넙치 현장시험의 월별 수온 변화에 있어서 가장 높은 수온은 8월에 25.6°C로 나타났으며, 가장 낮은 수온은 2월에 10.2°C로 나타났다. 넙치 성장에 있어서 9-11월이 최적 수온으로 나타났고, 5월과 6월에는 남서풍으로 인해 냉수대가 3회 나타났다.

### 혈청분석

넙치의 혈청 성분분석 결과는 Table 3에 나타내었으며, GOT, GPT 및 total cholesterol에 있어서 전체적으로 EP 사료구들보다 MP 사료구에서 높게 나타났다. 인지질은 EP2 사료구가 가장 높은 값을 나타내었고( $P < 0.05$ ), EP1 및 MP 사료구는 CEP 사료구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다( $P < 0.05$ ). Total protein은 EP2 사료구가 다른 사료구와 비교하여 높은 값을 보였으며( $P < 0.05$ ), 다른 사료구들은 유의적인 차이를 보이지 않았다( $P > 0.05$ ). Triglyceride은 습사료구에서 낮은 경향을 보였으나, 전체적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다( $P > 0.05$ ).

Table 3. Serological characteristics of flounder fed extruded pellets and moist pellet diets for 13 months<sup>1</sup>

	Diets				Pooled SEM <sup>4</sup>
	EP1	EP2	CEP	MP	
GOT (U/L) <sup>2</sup>	47.2 <sup>b</sup>	45.3 <sup>b</sup>	54.5 <sup>ab</sup>	59.2 <sup>a</sup>	5.38
GPT (U/L) <sup>3</sup>	4.4 <sup>b</sup>	5.4 <sup>b</sup>	5.9 <sup>b</sup>	7.4 <sup>a</sup>	1.06
Phospholipid (mg/dL)	825 <sup>b</sup>	1069 <sup>a</sup>	695 <sup>c</sup>	836 <sup>b</sup>	20.1
Total protein (g/dL)	5.2 <sup>b</sup>	5.9 <sup>a</sup>	4.8 <sup>b</sup>	4.9 <sup>b</sup>	0.11
Total cholesterol (mg/dL)	201 <sup>b</sup>	219 <sup>b</sup>	298 <sup>b</sup>	417 <sup>a</sup>	12.5
Triglyceride (mg/dL)	248	198	186	163	10.3
Uric acid (mg/dL)	0.5	1.4	0.8	0.7	0.05

<sup>1</sup>Means of triplicate groups, values in the same row with different superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ ).

<sup>2</sup>Glutamate oxaloacetate transaminase.

<sup>3</sup>Glutamate pyruvate transaminase.

<sup>4</sup>Pooled standard error of mean :  $SD/\sqrt{n}$ .

### 체조성 변화

사육실험 종료 후, 전어체, 등 근육 및 간의 일반성분 분석 결과를 Table 4에 나타내었다. 전어체에 있어서 조단백질은 EP2가 EP1 및 CEP 사료구보다 유의적으로 높게 나타났으며

Table 4. Proximate composition (%) of whole body, dorsal muscle and liver from flounders fed extruded pellets and moist pellet diets for 13 months<sup>1</sup>

Diets	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
<b>Whole body</b>				
EP1	70.8 ± 1.58	19.5 ± 0.40 <sup>b</sup>	3.1 ± 1.34	3.7±0.34b
EP2	70.1 ± 1.38	20.9 ± 0.06 <sup>a</sup>	3.1 ± 1.10	4.5±0.03a
CEP	72.0 ± 0.12	19.4 ± 0.20 <sup>b</sup>	2.6 ± 1.45	3.0±0.15c
MP	72.8 ± 0.72	20.1 ± 0.03 <sup>ab</sup>	2.8 ± 0.93	3.6±0.14b
<b>Dorsal muscle</b>				
EP1	74.6 ± 0.22	22.5 ± 0.34 <sup>ab</sup>	0.6 ± 0.05 <sup>a</sup>	
EP2	74.8 ± 0.63	22.9 ± 0.23 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.19 <sup>a</sup>	
CEP	74.7 ± 0.25	21.5 ± 0.26 <sup>b</sup>	0.4 ± 0.03 <sup>b</sup>	
MP	75.9 ± 0.53	22.6 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.7 ± 0.06 <sup>a</sup>	
<b>Liver</b>				
EP1	65.8 ± 4.63 <sup>a</sup>	11.5 ± 0.49 <sup>ab</sup>	17.1 ± 1.99 <sup>ab</sup>	
EP2	64.4 ± 1.48 <sup>a</sup>	12.9 ± 0.39 <sup>a</sup>	18.2 ± 1.36 <sup>a</sup>	
CEP	65.5 ± 1.31 <sup>a</sup>	9.5 ± 0.60 <sup>b</sup>	16.5 ± 1.75 <sup>b</sup>	
MP	61.6 ± 0.52 <sup>b</sup>	13.2 ± 2.05 <sup>a</sup>	19.3 ± 0.91 <sup>a</sup>	

<sup>1</sup>Values (mean±SE of three replications) in each row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

(P<0.05), MP와 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았다. 조지방은 EP2 및 MP 사료구가 CEP 사료구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며(P<0.05), EP1과 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 조회분은 EP2가 다른 사료구와 비교하여 유의적으로 가장 높은 값을 보였으며(P<0.05), CEP 사료구가 가장 낮은 값을 보였으며(P<0.05). 등 근육에 있어서 수분은 모든 사료구간에서 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 조단백질은 EP2 사료구가 EP1 및 MP 사료구와 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않은(P>0.05) 반면에 CEP 사료구보다 높은 값을 보였으며(P<0.05). 조지방은 EP1, EP2 및 MP 사료구가 CEP 사료구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며(P<0.05). 간(liver)에 있어서 수분은 EP1, EP2 및 CEP 사료구가 MP 사료구와 비교하여 유의적으로 높은 값을 보였으며(P<0.05), EP1, EP2 및 CEP 사료구간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 조단백질 및 지질은 EP2 및 MP 사료구가 CEP 사료구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며(P<0.05), EP1과 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05).

### 고 찰

실용적인 배합사료를 개발하기 위해서는 대상 어종에 필요한 영양소 및 영양소별 적정 요구량을 구명하는 것이 가장 먼저 선행되어야 한다(NRC, 1993; Peres and Oliva-Teles, 1999). 넙치의 최대 성장을 위한 사료내 적정 단백질 수준은 46.4-51.2%로 평가되었으며(Kim et al., 2002), 넙치 사료내 적정 단백질/에너지 비는 에너지 16.7 kJ/g의 단백질 함량 45% 사료구가 가장 좋은 성장률과 사료효율을 나타내었다(Kim et al., 2004). 상기 결과들을 토대로 넙치 성장단계별 충분한 단백질함량, 아미노산조성, 지방함량 등을 고려하여 부상 EP사료로 설계 및 제조하는데 고려된 것으로 사료된다. EP 사료 제조 시, 사료물성에 따라 성장, 영양소 이용효율, 사료 섭취율 및 체성분 등에 있어 차이가 중요한 변수가 될

것으로 판단된다. 가공조건 및 사료내 영양소 조성비에 따라서 EP의 품질이 달라질 수 있는데, extruder 내부에서 발생하는 고열로 인해 열에 약한 비타민 및 영양소가 파괴될 수 있다(Springate, 1991). 사료 성형 중 스팀 첨가와 같은 열처리 기간동안 ascorbic acid가 불안정하여 파괴되거나, lysine 과 cystine과 같은 아미노산의 함량이 감소되는 연구가 보고되었다 (Viola et al., 1983). 그러므로, 사료 성형 시 영양소의 배합 비율 및 가공조건 등을 종합적으로 고려하여야 하며, 차후 extruder 가공 조건에 관련하여 구체적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

넙치 배합사료 현장적용시험을 통해 자체 제작한 배합사료 (EP2)는 상업용 배합사료 및 습사료 보다 우수한 성적 결과를 나타낸 것으로 보아 EP 사료로 MP 사료를 충분히 우수한 성적을 거둘 가능성을 시사하고 있다. Kim et al. (2005b)은 200 g의 넙치 육성어(200-680 g)를 대상으로 장기간(12개월)에 걸친 배합사료와 습사료를 비교 평가한 결과, EP 사료가 습사료 보다 좋은 증체율과 생존율을 보였으며, Lee et al. (2005) 역시 넙치 육성어(42-108 g)를 대상으로 8주간 사육 실험한 결과, EP 시험사료가 시판사료 및 습사료보다 우수한 성장을 보고하였다. 최근에 EP 사료에 대한 많은 연구결과들이 보고되고 있으며(Kim et al., 2005b; Cho et al., 2005; Lee et al., 2005; Seo et al., 2005), 이러한 결과들이 MP에 비해 뒤떨어진다는 기존의 양어가들의 고정관념을 바꿀 수 있을 것으로 판단된다.

배합사료와 습사료는 200 g까지 거의 성장차이를 보이지 않았으며, 350 g 전후에서는 MP가 다른 사료구보다 다소 높은 성장을 보인 것은 시험기간 중 겨울철 기간에 습사료가 배합사료보다 높은 소화율로 인해 증체량이 어느 정도 차이를 보였다. Kim et al. (2005d)은 넙치 치어(40 g)를 대상으로 부상 배합사료의 공급한 결과, 겨울철(10°C 전후)에 사료섭취량이 0.5% 전후로 매우 낮게 나타났다. 사육수온은 어류의 사료섭취량에 영향을 미칠 수 있을 뿐만 아니라 생체의 대사속도와

직접적인 관련이 있기 때문에(Brett and Higgs, 1970) 낮은 수온에 있어 EP사료에 대한 물성 및 급이체계 연구가 필요할 것으로 판단된다. 상업용 배합사료(CEP)에 있어서 낮은 성장을 보인 것은 단백질 및 지질수준의 요구와 사료원료의 품질 및 영양소의 균형에 문제가 있을 것으로 생각된다. Choi et al. (2004)은 국내 및 국외의 상업용 넙치사료의 성분 비교분석을 통하여 대부분의 사료에 단백질 및 지질이 과잉으로 첨가되어 있는 것으로 보고하였다.

EP 사료구에 비하여 MP 사료구의 낮은 사료효율은 이미 기존의 연구들에서도 보고된 바 있으며(Cho et al., 2005), 이는 MP의 경우 사육수조에서 사료를 섭취하는 동안 수중으로 유실되는 양이 EP사료에 비하여 많기 때문이며, 아울러 수질 오염 발생빈도가 높아진 것으로 판단된다(Doughty and Mcphall, 1995). 특히, 양식배출수에 의한 수질오염을 감소하기 위해 사료의 질적 개선에 대한 연구가 많은 연구자들에게 의해 진행되어 왔다. 연어과어류의 양식장 환경에서도 수질을 악화시키는 사료 손실량에 있어서 배합사료가 생사료 보다 3배나 적게 나타남으로써 우리가 예상해왔던 생사료의 문제점을 수치적으로 보고되었다(Cho, 1993; Hardy et al., 1993).

어체의 성장이 건강상태와 반드시 일치하는 것은 아니며, 이러한 어류의 내적인 건강상태, 생리적인 활성 및 체내대사 장애를 진단하는 수단으로 혈액성분의 분석이 사용되고 있으나, 어종, 어체의 크기, 사료의 필수영양소 결핍, 서식하는 환경조건 및 어체의 상태 등에 따른 혈액성분의 변동이 심한 것으로 보고되고 있어 건강한 어류의 정확한 혈액성분의 수치를 결정하는 데는 어려움이 따르고 있다(Sim et al., 1998). 혈청 GOT, GPT 및 total cholesterol에 있어서 전체적으로 배합사료구보다 MP 사료구에서 높게 나타났으며, Triglyceride는 습사료구에서 낮은 경향을 보였다. 이것은 습사료구에서 간, 근육 등의 조직에 장애가 있을 것으로 사료되며(Gordon, 1968), triglyceride의 수치가 낮은 것은 간세포의 지방대사 기능이 현저히 감소했다는 것을 알 수 있었다. 따라서, EP 사료구에서 간 기능을 증진시키는 물론 대사기능의 개선에 큰 영향을 미쳤음을 알 수 있으며, 이러한 생리적 기능의 활성 효과가 이 연구 결과의 증체율, 사료효율 등에 유리하게 작용된 것으로 추측된다. 혈청내 인지질은 EP2 사료구가 가장 높은 수치를 나타내었다. 인지질은 모든 생체막 구조의 중요한 요소이며, 장에서 지질섭취의 유화제로서 작용하여 어류생리작용에 주된 효과를 준 것으로 사료된다.

상기 결과들을 토대로, 해산어류 양식산업에 발맞춰 실용적인 배합사료를 개발하는 것은 성장, 사료효율 및 생존율의 향상으로 양식의 생산성 향상 및 소득 증대할 뿐만 아니라 양식경쟁비의 절반 이상 되는 사료비의 절감을 가져올 것이며, 저렴한 사료가격, 우수한 성장 및 수질 오염을 경감할 동시에 할 수 있는 환경 친화적 배합사료 조성 및 제조기술을 산업화 및 상품화로 추진할 수 있을 것이다. 아울러, 넙치 실용배합사료 양식산업의 안정적인 발전을 도모함으로써 경

제적 파급 효과가 커 실용적인 배합사료 개발이 경제적인 측면에서도 상당히 중요성을 가진다(Rodriguez-Sernba et al., 1996).

따라서, 상기 실험 결과를 토대로 넙치용 EP2는 상업용 배합사료 및 습사료보다 충분히 가능성이 있으므로 양식장 현장실험을 거쳐서 현장에 보급할 수 있을 것으로 생각되며, 아울러 개발된 배합사료 품질을 유지하기 위하여 품질관리 기준에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 사 사

본 연구는 국립수산물과학원(해산어 실용배합사료개발, RP-2006-AQ-005)의 지원에 의해 운영되었습니다.

## 참 고 문 헌

- Alam, M.S., S.I. Teshima, S. Kosiho 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). 1984. *Official Methods of Analysis*, 16th edition. AOAC International, Arlington, Virginia.
- Brett, J.R. and D.A. Higgs. 1970. Effects of temperature on rate of gastric digestion in fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 27, 1767-1770.
- Cho, C.Y. 1993. Digestibility of feedstuffs as a major factor in aquaculture waste managements. In: *Fish Nutrition in Practice*: Kaushik, S.J. and P. Luquet (eds). INRA Press, Paris, 364-374.
- 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* for 10 months. *J. Aquacult.* 18, 60-65.
- Choi, S.M., K.M. Han, X.J. Wang, S.H. Lee and S.C. Bai. 2004. Quality evaluation of domestic and foreign extruded pellets and moist pellet based on biochemical analyses for juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.*, 17, 144-150.
- Doughty, C.R. and C.D. Mcphall. 1995. Monitoring the environmental impacts and consent compliance of freshwater fish farms. *Aquacult. Res.* 26, 557-565.
- Gordon, R.B. 1968. Distribution of transaminase (Aminotransferases) in the tissues of the pacific salmon, with emphasis on the properties and diagnostic use of glutamic oxaloacetic transaminase. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 25, 1247-1268.
- Hardy, R.W., W.T. Fairgrieve and T.W. Scott. 1993.

- Periodic feeding of low-phosphorus diet and phosphorus retention in rainbow trout. In: Fish Nutrition in Practice Kaushik, S.J. and P. Luquet (eds). INRA Press, Paris, 403-412.
- Kikuchi, K., T. Furuta and H. Honda. 1997. Use of meat and bone meal as a protein source in the diet of Juvenile Japanese flounder. *Fish. Sci.*, 63, 29-32.
- Kim, G.U., H.S. Jang, J.Y. Seo and S.M. Lee. 2005d. 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.M., K.D. Kim, S.M. Choi, K.W. Kim and H.Y. Lee. 2005c. Optimum feeding frequency of extruded pellet for growth of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* during the summer season. *J. Aquacult.*, 18, 231-235.
- Kim, K.W., X.J. Wang and S.C. Bai. 2002. Reevaluation of the dietary protein requirement of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquacult. Res.*, 33, 673-679.
- 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, K.M. Kim, H.Y. Lee, K.D. Kim and S.C. Bai. 2005b. Long-term evaluation of extruded pellet diets compared to raw fish moist pellet diet for growing flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.*, 18, 225-230.
- Kim, K.W., Y.J. Kang, S.M. Choi, X.J. Wang., Y.H. Choi, S.C. Bai, J.Y. Jo and J.Y. Lee. 2005a. Optimum dietary protein levels and protein to energy ratios in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. World Aquacult. Res.*, 36, 165-178.
- 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 future of Aquaculture feed in Korea. NFRDI, Busan, Korea, 12, August, 2005, 11-16.
- 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, 287-292.
- NRC (National Research Council). 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Acad. Press, Washington, D.C., 1-114.
- Peres, H. and A. Oliva-Teles. 1999. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juvenile (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 179, 325-334.
- Rodriguez-Serna, M., M.A. Olvera-Novoa and C. Carmona-Osalde. 1996. Nutritional value of animal by-product meal in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fry. *Aquacul. Res.*, 27, 67-73.
- 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.
- Sim, D.S., S.H. Jung, and S.D. Lee. 1995. Changes of blood parameters of the cultured flounder *Paralichthys olivaceus* naturally infected with *Staphylococcus epidermidis*. *Bull. Natl. Fish. R&D Agency*, 49, 149-155.
- Springate, J. 1991. Extruded diets-worth the extra. *Fish Farmer*, 1-45.
- Viola, S., S. Mokady and Y. Arieli. 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). *Aquacult.* 32, 27-38.

---

2006년 2월 25일 접수  
2006년 4월 27일 수리