

넙치 미성어 건조 배합사료 및 습사료의 장기사육 평가

김강웅*, 강용진, 김경민, 이해영, 김경덕, 배승철¹
국립수산물연구원 양식사료연구센터, 부경대학교 양식학과

Long-term Evaluation of Extruded Pellet Diets Compared to Raw Fish Moist Pellet Diet for Growing Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Kang-Woong Kim, Yong Jin Kang, Kyong-Min Kim, Hae Young Lee,
Kyoung-Duck Kim and Sungehul C. Bai¹
Aquafeed Research Center, NFRDI, Pohang 791-802, Korea
¹Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

This experiment was conducted to compare the effects of extruded pellets and raw fish-based pellet on olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Six diets were prepared for this study: two formulated extruded pellets (FEP1 & FEP2), three commercially available extruded pellets (CEP1, CEP2 & CEP3) and moist pellet (MP). Weight gain of fish fed FEP1 and CEP3 were significantly higher ($P<0.05$) than those of fish fed FEP2, CEP1, CEP2 and MP, while that of fish fed MP was not significantly different ($P>0.05$) from those of fish fed the FEP2, CEP1 and CEP2. Feed efficiency of fish fed CEP2 was significantly lower ($P<0.05$) than those of fish fed FEP1, FEP2, CEP1, CEP3 and MP. There was no significant difference in protein efficiency ratio and hepatosomatic index between fish fed FEP1 and CEP3, and among fish fed FEP2, CEP1 and CEP2. There was no significant difference in condition factor among fish fed the FEP1 and CEP3, and between fish fed FEP2, CEP1 and MP. However, fish fed MP had a lower survival rate than fish fed the other five EP. These results suggest that diet FEP1 could be developed to replace MP for the growing stage of flounder without adverse effects on growth performance.

Keywords: Olive flounder, Extruded pellet, Moist pellet

서론

양식산업에 있어서 우선 양식 가능한 중요 어종을 선택하여 종묘 생산 기술이 개발되면 질 좋은 배합사료에 대한 사육관리가 뒷받침되어야 하는 사실은 잘 알려진 바이며, 특히 사료비가 양식 종의 생산 단가 중 어종별로 차이는 있지만 30~60%를 차지하는 것을 보아도 양식 산업의 경제적인 측면에서의 배합사료의 중요성을 알 수 있다(NRC, 1993). 최근 양식기술의 비약적인 발전으로 국내 넙치양식은 1980년대 들어 인공종묘 생산 기술이 개발된 이후, 양식 기술의 보편화로 종묘생산부터 양성까지 완전양식이 이루어졌으며, 현재 해산어 양식의 50~60%를 차지하는 매우 중요한 양식대상종이다. 넙치 양식 생산량은 해양수산부 자료를 토대로 1988년 10여 톤으로 처음 보고된 이래 2004년 약 40,000여 톤으로 증가하였다(MOMAF, 2004). 이와 같이 해산어류 양식이 차지하는 비율은 매우 빠른 증가 추세를 보이는 반면에 사료영양연구의 미비로 인하여 양어기들이

선호하는 배합사료 개발이 미진한 상태이다. 배합사료가 개발되었더라도 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 사양가로부터 외면 당하고 있는 실정이다. 아울러, 시대적인 흐름으로 인하여 양어사료의 비율이 점차적으로 증진할 것으로 보이며(New, 1999), 특히 해산어 사료의 경우 생사료의 수급 불안정과 가격 폭등, 생사료 사용 시 수반되는 냉동 창고 운영 및 MP 기계 설비와 전기료 및 인건비의 비중이 높아 배합사료로의 전환이 점진적으로 이루어지고 있다. 만일, 생사료 사용량의 전부를 배합사료로 전환된다고 가정하면 배합사료는 해수어용 사료만 200,000톤 이상을 상회할 전망으로 배합사료의 성장과 증가 역시 고무적인 상황으로 여겨진다.

최근 넙치연구는 많은 영양학자들에 의해 단백질요구량(Lee et al., 2002; Kim et al., 2002a), 단백질/에너지 비(Sato, 1998; Lee et al., 2000; Kim et al., 2004), 아미노산 요구량(Forster and Ogata, 1998; Alam et al., 2002), 지질 및 지방산 요구량(Kim et al., 2002b; Kim and Lee, 2004), 탄수화물 영양연구(Lee et

*Corresponding author: kwkim@momaf.go.kr

al., 2003), 미량 영양소 요구량(Wang et al., 2002) 그 밖에 사료공급(Kim et al., 2002c), 사료원료 이용성(Kikuchi et al., 1997; Sato and Kikuchi, 1997) 등 많은 양어사료 영양학적 기초연구들이 수행되어져 왔다.

따라서, 본 연구는 넘치에 있어서 기존의 연구결과들을 토대로 실용 배합사료를 자체 제작하여 기존의 배합사료(상품사료) 및 생사료와 영양학적 효과의 비교·평가를 통해 경제적이고 환경친화적인 넘치용 실용 배합사료를 개발하는 데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

실험어 및 사육관리

경상북도 포항시 넘치양어장으로부터 수송된 넘치미성어를 국립수산물연구원 양식사료연구센터 사육실로 운반하여 실험환경에 적응할 수 있도록 넘치상업사료를 주면서 2주간 예비사육하였다. 예비사육 후, 실험어는 평균 192 ± 4.5 g (mean \pm SD)인 넘치(*Paralichthys olivaceus*) 미성어를 사용하였고, 3톤 PP (polyethylene plastic) 원형수조에 수조 당 30마리씩 각 실험구 당 3반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 일일 12회전 고압모래여과된 해수를 사용하였으며, 충분한 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치하였다. 실험기간 동안 수온은 8.9~26.0°C로 전 실험기간 동안 자연수온에 의존하였으며, 염분도 31 ± 1 g/L 및 pH는 7.6 ± 0.3 으로 측정되었다. 일일 사료 공급량은 어체중의 1.0~2.5% (건물기준)로 1일 2회(오전 9시, 오후 4시) 급이(공급)하였으며, 2003년 8월에서 2004년 8월까지 12개월간 사육실험을 실시하였다.

실험사료

실험사료의 조성, 일반성분 및 필수아미노산(EAA) 조성은 Table 1에 나타내었다. 실험사료는 동물성 단백질원인 북양어분, 크릴분, 식물성 단백질원인 대두박, 콩글루텐 밀, 프로토산, 효모를 주 단백질원으로 사용하였으며, 지질원으로 oil mixture (EPA 및 DHA 포함), 그리고 탄수화물원으로 밀가루를 사용하였다. 기타 첨가제는 다시마분말, 베타인, 콜린, 소맥분 등을 혼합하여 사용하였다. 실험사료는 총 6가지 사료를 공급하는 실험구를 두었으며, 자체 제작한 배합사료 2종(Flounder extruded pellet, FEP 1 & 2), 상업용 배합사료 3종(Commercial extruded pellet, CEP1, 2 & 3) 및 습사료(Moist pellet, MP)로 나누었다. FEP1 & 2는 사료회사에서 주문 제조하였으며, 사료원료 기준은 항산화처리수준을 산파도(p-anisidine) 수치 50이하로 하였고, 방부처리수준을 총세균수 1×10^7 /g 이하로 하였다. 아울러, 발효 배양물과 방부처리제인 sodium dehydroacetate 및 항산화제 MEEQ (동선산업, 한국)를 각각 100 ppm 첨가하여 제조하였다.

어체측정 및 성분분석

어체 측정은 2개월 간격으로 실시하였으며, 성장률을 측정하

기 위하여 24시간 절식시킨 후 MS-222 (100 ppm)로 마취시켜 전체무게를 측정하였다. 실험종료 후, 증체율(percent weight gain, %), 사료효율(feed efficiency, FE), 일간성장률(specific growth rate, %/day), 단백질전환효율(protein efficiency ratio, PER), 간중량지수(hepatosomatic index, HSI), 비만도(condition factor, CF) 및 생존율(survival, %)을 조사하였다. 간중량지수를 구하기 위해 각 수조별로 3마리씩 간의 무게를 측정하였다. 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 냉장보관하여 분석하였다(CH-100, ITALY). 혈청 검사에 있어서는 Kinetic 방법에 의해 GOT 및 GPT를 하였고, end-point 방법에 의해 total protein, phospholipid, total cholesterol, triglyceride, uric acid을 측정하였다. 일반성분 분석은 실험사료와 각 수조별로 5마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 분석하였으며, AOAC (1984)방법에 따라 수분은 상압가열건조법 (105, 6시간), 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법 ($N \times 6.25$), 조회분은 직접회화법으로 분석하였다. 조지방은 샘플을 12시간 동결건조한 후 Soxtec system 1046 (Tator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다.

통계처리

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

자체 제작한 넘치 미성어 실험 배합사료(FEP1과 2)는 단백질 함량 50~51%, 지질 10~12%로 설계되었으며, 상업용 배합사료(CEP1, 2와 3)는 46~52%, 지질 8~10%로 분석되었다(Table 1). 넘치 미성어 성장시험에 있어서 6 종류(FEP 2종, CEP 3종 및 MP 1종)를 비교 사육 실험한 결과는 Table 2에 나타내었다. 증체율(Weight gain, %)은 FEP1 및 CEP3 사료구가 다른 사료구들과 비교하여 유의적으로 높은 증체율을 보였으며, FEP2, CEP1, CEP2, MP 사료구에서 유의적으로 낮은 증체율을 보였다($P < 0.05$). 반면에, FEP2, CEP1, CEP2, MP 사료구는 유의적인 차이를 없었으나($P > 0.05$), CEP1 사료구에서 가장 낮은 경향을 보였다. 사료효율(FE) 및 일간성장률(SGR)에 있어서는 FEP1 및 CEP3 사료구가 다른 사료구들과 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며, CEP2에서 유의적으로 가장 낮게 나타났다($P < 0.05$). 반면에, FEP2, CEP1 및 MP 사료구에서는 유의적인 차이가 없었으며($P > 0.05$), MP 사료구가 CEP2보다 높은 경향을 보였다. 단백질전환효율(PER)은 MP 사료구가 FEP1 및 CEP3 사료구

Table 1. Composition and proximate analyses of the experimental diets (% of the DM basis)

Ingredients	Diets					
	FEP1	FEP2	CEP1	CEP2	CEP3	MP
White fish meal ¹	45.0	35.0				
Dehulled soybean meal ¹	5.0	9.0				
Corngluten meal ¹	2.0	5.0				
Krill meal ¹	5.0	1.0				
Squid liver powder ¹	2.0	2.0				
Kelp meal ¹	3.0	3.0				
Protosan ¹	7.5	13.0				
Yeast ¹	1.0	1.0				
Frozen horse mackerel						80
Commercial binder meal ²						20
Wheat flour ¹	13.0	14.0				
Wheat gluten ¹	2.0	2.0				
Oil mixture ³	7.0	9.5				
Vitamin & mineral premix ³	2.0	2.0				
Protector ⁴	5.5	3.5				
Proximate analysis (% of DM basis)						
Moisture	6.7	8.5	8.3	8.1	7.2	60.2
Crude protein	51.3	50.4	48.5	46.5	52.1	61.8
Crude lipid	10.0	12.5	8.9	7.9	9.9	12.1
Crude ash	11.6	10.3	10.6	8.2	9.5	8.9
Essential amino acids (% of protein)						
Arginine	5.35	5.67	5.33	5.78	5.81	6.11
Histidine	3.86	4.11	3.31	3.54	3.57	3.89
Isoleucine	4.38	4.51	3.91	3.81	3.95	4.24
Leucine	8.43	8.03	7.88	8.09	8.50	8.30
Lysine	7.71	7.30	7.32	7.51	8.12	8.16
Methionine+Cystein	3.99	3.60	2.89	3.51	4.30	4.60
Phenylalanine+Tyrosine	7.12	7.52	8.14	6.98	8.04	7.90
Threonine	4.50	4.55	4.09	4.38	5.01	4.56
Valine	4.29	5.12	4.68	4.99	4.68	4.98

¹Provided by Dong-Sun Industry Co., Kyunggi-Do, Korea.

²Purchased by Suhyup Feed Co., Korea.

³Fish oil, Corn oil, Ethoxyquin, Lecithin, Vit A, D and E

⁴Premix (mg/kg): KI 250, MnSO₄*H₂O 2800, ZnSO₄*H₂O 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

⁵Anti-oxdi, glucan, Gelatin, betaine, Choline, wheat flour

가 다른 사료구들과 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며, MP 사료구에서 유의적으로 가장 낮게 나타났다(P<0.05). 간중량지수(HSI)는 FEP2, CEP1, CEP2 사료구는 FEP1, CEP3와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며(P<0.05), MP 사료구와 비교하여 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 생존율에 있어서는 배합사료구가 MP 사료구보다 유의적으로 높게 나타났다. 넙치 미성어 혈청 성분분석 결과는 Table 3에 나타내었으며, GOT, GPT 및 total cholesterol에 있어서 전체적으로 배합사료구보다 MP 사료구에서 높게 나타났다. Triglyceride (TG)은 습사료구에서 낮은 경향을 보였다. 혈청내 인지질(phospholipid)은 FEP1 및 CEP3 사료구가 가장 높은 수치를 나타내었다. 넙치 미성어의

전어체 성분분석 결과는 Table 4에 나타내었다. 수분 및 지질은 모든 사료구간에서 유의적인 차이를 나타나지 않았으며, 단백질은 FEP1 및 CEP3에서 높은 경향을 보였다.

고 찰

넙치 미성어 사료배합표 설계에 있어서 사용된 사료원들은 기존의 넙치 문헌들을 참고하여 작성되었다(Kikuchi et al., 1997; Bai et al., 2002; Kim and Lee, 2004; Kim et al., 2004). 넙치의 최대 성장을 위한 사료내 적정 단백질 수준은 46.4~51.2%로 평가되었으며(Kim et al., 2002a), 넙치 사료내 적정 단백질

Table 2. Performance of flounder fed the extruded pellet (EP) diets and moist pellet (MP) during 12 months¹

	Diets						Pooled SEM ⁸
	FEP1	FEP2	CEP1	CEP2	CEP3	MP	
Initial weight(g/fish)	192	196	192	190	192	191	0.1
Final weight(g/fish)	681	635	622	603	673	611	10.1
Weight gain (%) ²	255a	223b	225b	217b	251a	220b	4.2
FE (%) ³	81.2a	73.4b	72.3b	65.6c	80.0a	68.4bc	3.8
SGR (%) ⁴	2.26a	2.10b	2.10b	1.96c	2.24a	2.08b	0.02
PER (%) ⁵	1.62a	1.47b	1.45b	1.41b	1.60a	0.98c	0.01
HSI ⁶	1.24b	1.41a	1.38a	1.50a	1.20b	1.31ab	0.01
CF ⁷	1.42a	1.31b	1.28b	1.15c	1.44a	1.32b	0.01
Survival (%)	79.8a	76.6a	77.5a	76.3a	79.1a	64.2b	2.5

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

²Weight gain: (final weight-initial weight)×100/initial weight.

³Feed efficiency : (increase in biomass of fish×100)/feed intake.

⁴Specific growth rate: (ln final weight-ln initial weight)/days×100.

⁵Protein efficiency ratio: weight gain/dietary protein intake.

⁶Hepatosomatic index: liver weight×100/body weight.

⁷Condition factor: (wet weight/total length³)×100.

⁸Pooled standard error of mean: SD/\sqrt{n} .

Table 3. Serological characteristics of flounder fed the extruded pellet (EP) diets and moist pellet (MP) during 12 months¹

	Diets						Pooled SEM ⁴
	FEP1	FEP2	CEP1	CEP2	CEP3	MP	
GOT(U/L) ²	45.0b	48.5b	53.5ab	50.5b	51.0b	58.0a	5.38
GPT(U/L) ³	5.5b	4.5b	6.0b	5.0b	5.0b	7.0a	2.06
Phospholipid (mg/dl)	959a	525b	595b	646b	1128a	736b	20.1
Total protein (g/dl)	5.7a	5.1b	5.1b	5.3b	5.6a	4.9b	0.11
Total cholesterol (mg/dl)	210b	199b	305ab	427a	259b	427a	12.5
Triglyceride (mg/dl)	178	258	189	182	172	133	10.3
Uric acid (mg/dl)	1.5	0.5	0.9	0.6	0.5	0.7	0.05

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

²Glutamic oxaloacetic transaminase.

³Glutamic pyruvic transaminase

⁴Pooled standard error of mean: SD/\sqrt{n} .

Table 4. Proximate composition (%) of the whole body of flounder fed the extruded pellet (EP) diets and moist pellet (MP) during 12 months¹

	Diets						Pooled SEM ²	
	Initial	FEP1	FEP2	CEP1	CEP2	CEP3		MP
Moisture	76.2	74.5	75.0	74.9	75.8	74.8	75.1	1.21
Crude protein	15.6b	18.4a	17.3ab	17.4ab	16.8ab	18.2a	17.4ab	0.84
Crude lipid	2.30	2.42	2.45	2.48	2.49	2.50	2.59	0.15
Crude ash	4.49a	4.15ab	4.25ab	4.29ab	4.15ab	4.00b	4.05b	0.27

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

²Pooled standard error of mean: SD/\sqrt{n} .

에너지 비는 에너지 16.7 kJ/g의 단백질 함량 45% 사료구가 가장 좋은 성장률과 사료효율을 나타냈다(Kim et al., 2004). 이와 같이, 실용적인 배합사료를 개발하기 위해서는 대상 어종에 필요한 영양소 및 영양소별 적정 요구량을 규명하는 것이 가장 먼저 선행되어야 하며, 특히 배합사료 제작 시 사료내 에너지에 대한 적정 단백질 비(P/E ratio)는 가장 중요하게 고려되어야 한다(Peres and Oliva-Teles, 1999). 아울러 상기 결과들을

토대로 넘치 미성어의 사료 배합표는 성장함에 따라서 사료내 에너지 함량, 사료내 단백질의 아미노산 조성 및 사료내 단백질의 소화율 등 사료성 요인을 충분히 고려하였으므로 영양성분이 과대평가가 되었을 소지가 없을 것으로 판단되며, 사료원들의 질적인 차이에 있어서도 사료원들의 소화이용률, 생체내 이용률, 기호성 및 항영양소 차이가 없었을 것으로 사료된다(Scott et al., 1976).

FEP1 및 CEP3 사료구가 다른 사료구들과 비교하여 유의적으로 높은 성장을 보인 것은 다른 사료구들에 비해 높은 조단백질 함량과 적정 조지방 함량이 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 아울러, 이것은 성장을 위해 충분하게 단백질이 섭취되었을 뿐만 아니라 에너지원으로서 지질과 탄수화물들이 에너지 수준을 충족시켰을 것으로 사료된다(Jauncey, 1982; Kim et al., 2004). FEP2 (시험사료2)는 사료단가나 경제적인 면을 고려하여 제조하여 비교한 결과, 시험사료1 (FEP1)과 비교하여 증체율에서는 다소 떨어지지만 기존 상품사료와 비교하여 넙치 성장에 전혀 뒤떨어지지 않았으며, 이것은 영양학적 요구량만 충족시켜 준다면 넙치 미성어의 성장에 전혀 지장을 초래하지 않을뿐더러 경제적인 배합사료를 연구에 많은 도움이 될 것이다. 이와 같은 연구를 계기로 넙치 성어의 EP사료의 많은 영양학적 연구가 수행되어야 할 것이다.

생존율에 있어서 배합사료구가 MP 사료구보다 유의적으로 높은 것은 생사료를 공급한 사료구에서 간세포의 변성이 일어나 폐사 및 건강상태에 영향을 미쳤을 것이다(Lee, 1993). 간중량지수나 비만도는 Cho et al (2005)의 결과와 비슷한 경향을 보였으며, 사료내 단백질과 탄수화물의 기능에 따라 간중량 지수가 증가한다는 보고가 있었으나(Serrano et al., 1992), 상기 결과에서는 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다.

어류의 건강상태, 생리적인 활성 및 체내 대사장애를 진단하는 수단으로 혈액성분의 분석이 사용되고 있으며, 어종, 어체의 크기, 사료내 필수영양소의 결핍(Mosconi-Bac, 1987), 서식하는 환경조건 및 어체의 상태(Garrido et al., 1990) 등에 따라 혈액성분의 변동이 심한 것으로 보고되고 있다. Triglyceride (TG)은 습사료구에서 낮은 경향을 보여 습사료구에서 간, 근육 등의 조직에 장애가 있을 것으로 사료되며(Gordon, 1968), TG의 수치가 낮은 것은 간세포의 지방대사 기능이 현저히 감소했다는 것을 알 수 있었다. 혈청내 인지질(Phospholipid)은 FEP1 및 CEP3 사료구가 가장 높은 수치를 나타내어 장에서 지질섭취의 유효제로서 작용하여 어류생리작용에 주된 효과를 준 것으로 사료된다. 어체의 일반성분 조성에 있어서 동일한 종간 계통 차이, 수온, 증체량, 사료공급 및 사료배합에 영향을 받는다고 보고하였다(Nandeesh et al., 1995). 넙치 미성어의 어체의 성분 분석은 성장함에 따라 체지방의 함량은 증가하는 반면에 체단백질과 회분의 함량 변화는 적게 나타났다(Murai et al., 1985).

해산어류 양식산업에 발맞춰 실용적인 배합사료를 개발하는 것은 성장, 사료효율 및 생존율의 향상으로 양식의 생산성 향상 및 소득 증대할 뿐만 아니라 양식경영비의 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, 해산어(넙치)용 실용 배합사료 양식산업의 안정적인 발전을 도모함으로써 경제적 파급 효과가 커 실용적인 배합사료 개발이 경제적인 측면에서도 상당히 중요성을 가

질 것이다(Rodriguez-Sernba et al. 1996).

따라서, 상기 실험 결과를 토대로 넙치미성어의 FEP1은 상업용 배합사료보다 충분히 가능성이 있으므로 양식장 현장실험을 거쳐서 현장에 보급할 수 있을 것으로 생각되며, 아울러 개발된 배합사료 품질을 유지하기 위하여 품질관리 기준에 대한 연구로 필요할 것으로 사료된다.

요 약

이 연구는 배합사료(상품사료) 및 생사료의 영양학적 효과를 비교·평가를 통해 경제적이고 환경친화적인 넙치용 실용 배합사료를 개발하고자 장기사육시험을 수행하였다.

실험어는 평균 192 g 인 넙치 미성어를 사용하였으며, 어체중의 1~2.5% (건물기준)로 1일 2회(오전 9시, 오후 4시) 급이 하였으며, 주 사육실험기간은 12개월간 실시하였다. 실험사료는 총 6가지 사료구로 자체 제작한 실험배합사료 2종(FEP1과 2), 상업용 배합사료 3종(CEP1, 2와 3) 및 습사료(MP)로 공급하였으며, 자체 제작한 넙치 미성어 배합사료(FEP1과 2)는 단백질 함량 50~51%, 지질 10~12%로 설계되었다. 증체율은 FEP1 및 CEP3 사료구가 다른 사료구들과 비교하여 유의적으로 높은 증체율을 보였으며, FEP2, CEP1, CEP2, MP 사료구에서 유의적으로 낮은 증체율을 보였다($P < 0.05$). 사료효율 및 일간성장률에 있어서는 FEP1 및 CEP3 사료구가 다른 사료구들과 비교하여 유의적으로 높게 나타났다. 단백질전환효율은 MP 사료구가 FEP1 및 CEP3 사료구가 다른 사료구들과 비교하여 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$). 생존율에 있어서 배합사료구가 MP 사료구보다 유의적으로 높게 나타났다($P > 0.05$). 혈청 성분 분석 결과는 GOT, GPT 및 Total cholesterol에 있어서는 전체적으로 배합사료구보다 MP 사료구에서 높게 나타났다. 전어체 성분분석에 있어서 조단백질함량은 FEP1 및 CEP3에서 다른 사료구보다 높은 경향을 보였다. 따라서, 넙치 미성어의 FEP1은 상업사료 및 습사료보다 충분히 가능성이 있으며, 양식장 현장실험을 거쳐서 산업화 보급을 할 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 국립수산물과학원(해산어 실용배합사료개발, RP-2005-AQ-009)의 지원에 의해 운영되었습니다.

참고문헌

- 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.
- Bai, S. C., Y. T. Cha and X. J. Wang, 2002. A preliminary study on the dietary protein requirement of larval Japanese flounder. *North American Journal of Aquaculture*, 63, 92-98.
- 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. Aquacul.*, 18, 60-65.
- 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.
- Garrido, L. G., R. M. Chapuli and A. V. Andres, 1990. Serum cholesterol and triglyceride levels in *Scyliorhinus canicula* (L.) during sexual maturation. *J. Fish Biol.*, 36, 499-509.
- 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.
- Jauncey, K., 1982. The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapias (*Sarotherodon mossambicus*). *Aquaculture*, 27, 43-54.
- 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, J. D., S. H. Shin, K. J. Cho and Y. H. Lee, 2002c. Effect of daily and alternate day feeding regimens on growth and food utilization by juvenile flounder. *J. Aquacul.*, 15, 15-21.
- 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. D., S. M. Lee, H. G. Park, S. C. Bai. and Y. H. Lee, 2002b. Essentiality fo dietary n-3 highly unsaturated fatty acids in juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. World Aquacult. Soc.*, 33, 432-440.
- Kim, K. W., X. J. Wang and S. C. Bai, 2002a. Reevaluation of the Dietary Protein Requirement of Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture research*, 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.
- Lee, C. H., 1993. The development of ceroidosis in cultured flounder, *paralichthys olivaceus*. *J. Fish Pathol.*, 6, 143-161.
- 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., 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. Aquacult. Soc.*, 31, 306-315.
- Lee, S. M., K. D. Kim and S. P. Lall, 2003. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder. *Aquaculture*, 221, 427-438.
- Mosconi-Bac, N., 1987. Hepatic disturbances induced by an artificial feed in the sea bass (*Dicentrarchus labrax*) during the first year of life. *Aquaculture*, 67, 93-99.
- Ministry of Maritime Affairs and fisheries (MOMAF), 2004. 해양수산부.
- Murai, T., T. Akiyama and T. Takeuchi, 1985. Effect of dietary protein and lipid levels on performance and carcass composition of fingerling carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51, 605-608.
- Nandeesh, M. C., S. S. De Silva and D. S. Murthy, 1995. Use of mixed feeding schedules in fish culture: performance of common carp, *Cyprinus carpio* L., on plant and animal protein based diets. *Aquacult. Res.*, 26, 161-166.
- National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Fish. National Acad. Press, Washington, DC, 1993.
- New, M. B., 1999. Global Aaquaculture: Current trends and challenges for the 21st Century. *Aquaculture*, 30, 8-13.
- 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. *Aquacult. Res.*, 27, 67-73.
- Sato, T., 1998. Development of formulated feeds for juvenile Japanese flounder. Ph. D thesis. Tokyo University of Fisheries, Tokyo, Japan.
- Sato, T. and K. Kikuchi, 1997. Meat meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder, *Fish. Sci.*, 63, 877-880.
- Scott, M. L., M. G. Nesheim and R. J. Young, 1976. Feedstuffs for poultry. In: *Nutrition of the Chicken*, 2nd edn. M. L. Scott and Associates, Ithaca, NY, Chapter 8, 428-466.
- Serrano, J. A., G. R. Nematipour and D. M. Gatlin, 1992. Dietary protein requirement of the red drum (*Sciaenops ocellatus*) and relative use of dietary carbohydrate and lipid. *Aquaculture*, 101, 283-291.
- 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*. *Aquacult. Res.*, 33, 261-267.

원고접수 : 2005년 5월 12일

수정본 수리 : 2005년 7월 26일