J. of Aquaculture
Vol. 18(4) : 287-292, 2005

한국양식학회지
Journal of Aquaculture
©Korean Aquaculture Society

넙치 육성용 실험 부상사료, 시판 부상사료 및 생사료의 사육효과 비교

이상민*, 서주영, 이용환, 김경덕[1], 이종하[2], 장현석[3]
강릉대학교 해양생명공학부, [1]국립수산과학원 양식사료연구센터,
[2]국립수산과학원 어류연구센터, [3]수협사료

Evaluation of Experimental Extruded Pellet, Commercial Pellet and Raw Fish-based Moist Pellet for Growing Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Sang-Min Lee*, Joo-Young Seo, Yong-whan Lee, Kyoung-Duck Kim[1], Jong Ha Lee[2] and Hyun-Seok Jang[3]
Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea
[1]Aquafeed Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Pohang 791-923, Korea
[2]Finfish Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Kyungbook 767-860, Korea
[3]National Federation of Fisheries Cooperatives, Fisheries Co-op Feeds Co., LTD., Uiryong 636-801, Korea

An 8-week of growth feeding trial was conducted to evaluate effects of the experimental extruded pellet (EP), commercial EP and raw fish-based moist pellet (MP) for growing flounder (*Paralichthys olivaceus*). Three replicate groups of the fish average weighing 43.5 g were fed four experimental diets (EP1, EP2, EP3 and EP4), four commercial diets (EP5, EP6, EP7 and EP8) and MP. Weight gain of fish fed the EP2, EP3 and EP4 was the highest among treatments, but not significantly different to that of fish fed the EP1, EP7 and MP. Feed efficiency and protein efficiency ratio of fish fed the MP were the lowest among treatments, but daily feed intake and daily protein intake of fish fed the MP were the highest among treatments. Moisture, lipid and ash contents of whole body were affected by diets, but protein content was not affected by diets. It is concluded that the dietary formulations used in the EP2, EP3 and EP4 can be applied in the practical extruded pellet feeds for growing flounder of 42-108 g size.

Keywords: Extruded pellet (EP), Fish-based moist pellet (MP), Flounder, Growth

서 론

어류 양식에 있어 사료는 어류의 성장과 체내대사에 영향을 미치는 주요한 요인(Smith, 1935; Brown, 1957)일 뿐 아니라, 어류양식 생산단가에 영향을 미치는 요인으로 가격이 싸고 품질이 좋은 사료의 안정적인 공급이 양식의 성패를 좌우한다. 우리나라에서 해산어 양식에 사용되고 있는 배합사료와 생사료의 총 사용량이 2004년 총 47만톤으로 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 (Kim, 2005). 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. 반면, 부상건조사료(Extruded pellet, EP)는 MP의 문제점을 보완함과 동시에 전분을 α-화시켜 사료의 소화율을 높일 수 있기 때문에 지속적인 양식생산량의 증대를 위해서는 그 어종에 적합한 경제적이고 환경친화적인 실용 배합사료 개발 및 공급이 시급한 실정이다. 한편, 넙치 양식의 증가와 함께 넙치용 배합사료를 시판하는 회사가 증가되고 있지만 생산 및 판매량이 안정적이지 못한 실정이다.

넙치는 성장이 비교적 빠르고 종묘생산기술이 확립되어 있으며, 특히 횟감용 고급 어종으로 1990년대 이후에 우리나라의 주요 해산양식 어종으로 부각되었다. 그동안 넙치사육에 적합한 배합사료 개발을 위해 영양소 요구량(Lee et al., 2000a; Lee et al., 2002; Lee et al., 2003; Kim and Lee, 2004), 사료 공급횟수(Lee et al., 1999; Lee et al., 2000b; Kim et al, 2005), 값싼 사료원료 개발(Kikuchi, 1999; Kim et al., 2003; Pham et al., 2005), 그리고 사료 물성(Seo et al., 2005) 등에 관한

*Corresponding author: smlee@kangnung.ac.kr

연구결과들이 보고되었다. 이러한 연구결과들은 넙치의 특성에 맞는 실용적인 배합사료를 개발 및 사료 공급에 중요한 자료로 이용될 것으로 기대된다. 또한, 최근 넙치 양식용으로 사용되고 있는 생사료를 대체하기 위한 EP사료 효능에 대한 연구(Kim et al., 2005; Cho et al., 2005)들이 계속 수행되면서 EP로 MP 대체 가능성이 증명되고 있다. 그래서 본 연구에서는 이미 수행된 연구결과들을 참고로 하여 넙치 육성용으로 부상 배합사료를 설계하여 시판사료 및 생사료와 그 효능을 비교함으로서 넙치 실용배합사료 개발을 위한 자료를 제공하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

실험사료

실험에 사용된 부상 배합사료 4종류(EP1-EP4), 상업용 시판사료 4종류(EP5-EP8) 및 습사료(Moist pellet, MP)의 사료조성, 영양성분 및 아미노산 조성을 Table 1에 표시하였다. 실험 배합사료 EP1-EP4는 넙치의 영양소 요구(Lee et al., 2000a; Lee et al., 2002; Lee et al., 2003; Kim and Lee, 2004)를 고려하여 사료를 설계하고 사료회사에 의뢰하여 Extruder Pellet Mill (EX 920, Matador, Denmark)로 부상 건조 pellet으로 제조되었으며,

Table 1. Ingredient and nutrient contents of the experimental diets

	Diets								
	EP1	EP2	EP3	EP4	MP	EP5	EP6	EP7	EP8
Ingredients (%)									
Brown fish meal[1]	49.8	57.7	50.9	50.0					
White fish meal[2]				7.0					
Anchovy meal[3]				5.0					
Wheat gluten	2.5	2.5	2.5	2.5					
Meat meal				5.0					
Soybean meal	5.0	5.0	5.0	5.0			- Closed -		
Corn gluten meal	5.0	5.0	5.0	1.0					
Wheat flour	33.1	25.6	26.5	17.0					
Fish oil	0.4	0.0	5.9	2.5					
Others	4.2	4.2	4.2	5.0					
Mackerel (raw fish)					75				
Binder meal[4]					25				
Proximate analysis (%, dry matter basis)									
Dry matter	95.4	96.3	95.3	95.3	51.8	92.9	92.6	94.6	94.8
Crude protein	45.3	51.8	46.9	53.4	57.6	52.4	51.9	54.3	55.4
Crude lipid	7.4	4.6	9.6	6.9	8.9	3.6	10.3	6.5	7.4
Ash	10.4	11.7	10.2	10.9	11.3	9.9	8.8	13.4	11.4
Nitrogen-free extract[5]	36.9	31.9	33.3	28.8	22.2	34.1	29.0	25.8	25.8
Gross energy[6] (kcal/100 g diet)	480	470	490	480	500	470	510	470	490
E/P (kcal/g protein)	10.6	9.1	10.5	9.0	8.7	8.9	9.8	8.6	8.8
Essential amino acid composition (% in protein)									
Arg	7.9	6.5	6.2	6.5	7.0	6.3	5.7	6.7	6.7
His	4.4	3.7	3.6	4.1	3.3	3.8	3.2	4.0	2.7
Ile	4.8	4.1	4.0	3.9	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9
Leu	11.1	8.9	9.2	8.6	8.6	10.3	10.1	8.2	9.3
Lys	9.2	7.9	7.4	7.1	7.5	7.1	6.1	8.4	7.2
Met+Cys	2.8	1.7	1.6	1.6	1.2	0.7	1.8	3.0	2.5
Phe+Tyr	9.7	7.7	7.8	7.6	7.5	8.0	7.7	7.3	7.5
Thr	6.0	4.9	4.9	4.7	4.9	4.8	4.7	5.1	4.9
Val	6.9	5.5	5.5	5.6	5.6	5.8	5.7	5.6	5.3

[1]Imported from Chile.
[2]Imported from Russia.
[3]Produced in Korea.
[4]Commercial binder meal purchased from Woosung Feed Co. Ltd, Korea.
[5]100-(crude protein+crude lipid+crude ash).
[6]Calculated based on 5.64 kcal/g protein, 9.44 kcal/g lipid and 4.11 kcal/g NFE.

EP5-EP8은 상업용으로 판매되고 있는 넙치용 사료를 구매하였고, MP는 현재 넙치 양식장에서 많이 사용하고 있는 넙치용 분말사료와 냉동 전갱이를 1:3의 무게 비율(습중량)로 혼합하여 성형하였다.

실험어 및 사육관리

실험어로 넙치를 경남 욕지도에서 구입하여 10톤 크기의 원형 콘크리트 수조에 수용하면서 3개월 동안 실험수조에 적응을 시켰다. 적응기간 동안 1일 2회 상업용 넙치 부상 건조사료를 공급해 주었으며, 실험수조에 적응 후, 외형적으로 건강한 넙치(평균 체중: 43.5±1.1 g)를 무작위로 선별하여 300 L FRP 사각수조에 각각 20마리씩 3반복으로 수용하였다. 사료 종류별로 하루에 3회(07:00, 12:00, 17:00) 실험어가 먹을 때까지 손으로 던져주면서 8주간 사육실험하였으며, 여과해수를 각 실험수조마다 분당 약 8 L로 조정하여 흘려주었다. 사육기간 동안의 수온은 19~21°C의 범위였으며, 비중은 1.024±0.0015였다. 그리고 각 수조에서 죽은 개체는 무게 측정 후 매일 제거하여 주었으며, 어체 측정은 실험 개시시와 종료시에 측정 전일 절식시킨 후 100 ppm의 MS_{222} (tricaine methane sulfonate, Sigma, USA)에 마취시켜 각 실험수조에 수용된 실험어의 전체무게를 측정하였다.

시료채취 및 성분분석

최초 어체의 성분 분석용으로 20마리를 무작위로 표본 추출하였으며, 실험 종료시에는 각 실험수조에서 수용된 실험어 전체를 성분 분석용 시료로 취하여 냉동보관(-75°C)하였다. 실험사료 및 어체의 일반 성분은 AOAC (1990)의 방법에 따라 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 5.64 kcal/g protein, 9.44 kcal/g lipid 및 4.11 kcal/g NFE로 계산하였다. 혈청분석은 임상용 kit (아산제약제품)를 사용하여 total protein은 biuret법으로 분석하였고, TG (Triglyceride)는 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 평균간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

평균 체중 43.5 g의 넙치 치어를 8주간 사육 실험한 결과를 Table 2와 3에 나타내었다. 생존율은 85~95%로 모든 실험구간에 통계적인 차이 없이 양호하였다(P>0.05). 증중률과 사료효율은 실험구간에 유의한 차이를 보였다(P<0.05). 증중률의 경우, EP2-EP4 실험구가 142-143%로 가장 높은 값을 보였으며, 이 값들은 EP1, MP 및 EP7 실험구와 유의한 차이는 없었다(P>0.05). 시판사료구들의 증중률이 상대적으로 낮은 값을 보였는데, EP6 실험구의 증중률은 87%로 유의하게 가장 낮았다(P<0.05). 이처럼 실험적으로 제조한 EP2, EP3 및 EP4 사료를 먹은 넙치 성장이 MP 실험구에 비해 높은 값을 보인 것은 EP 사료로 MP를 대체 가능함을 잘 보여주고 있다. Lee et al. (1999)은 넙치의 치어 시기(1.6~4 g)에 MP의 공급이 비효율적이라고 보고하였으며, Seo et al. (2005)은 27-51 g의 넙치 치어를 대상으로 10주간 사육실험한 결과, EP가 MP 못지않은 성장결과를 보여 EP로 MP 대체 가능성을 보고한바 있다. 이러한 결과들로부터 넙치의 치어기에는 그들의 먹이로 MP 공급보다는 DP (dry pellet)나 EP와 같은 건조 pellet을 공급하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 또한, 본 실험과 유사한 크기의 넙치를 대상으로 EP와 MP를 장기간(1년) 사육한 결과(unpublished date), 넙치 성장에 있어 EP와 MP간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 현재 장기간 사육시 EP의 성장효과가 MP에 비해 뒤떨어진다는 기존의 양어가들 생각을 바꿀 수 있을 것으로 보인다. 그러기 위

Table 2. Growth performance of growing flounder fed various practical diets for 8 weeks[1]

Diets	Initial mean weight (g/fish)	Mean weight gain (g/fish)	Survival (%)	Weight gain (%)
EP1	43.6±0.38^{ns}	56.7±2.67^{bc}	85±0.4^{ns}	130±5.0^{bc}
EP2	44.5±0.26	63.1±1.93^{c}	92±6.0	142±4.8^{c}
EP3	44.5±1.76	63.2±6.31^{c}	88±3.3	142±8.8^{c}
EP4	43.2±0.52	61.7±1.21^{c}	83±3.3	143±1.5^{c}
MP	44.4±1.90	57.9±1.44^{bc}	93±4.4	131±7.8^{bc}
EP5	42.9±0.20	47.5±3.55^{ab}	92±3.3	111±8.6^{b}
EP6	43.6±0.09	37.7±5.01^{a}	95±2.9	87±11.6^{a}
EP7	41.8±0.50	53.7±2.05^{bc}	88±4.4	129±5.57^{bc}
EP8	43.5±0.19	49.8±2.18^{b}	90±2.9	115±5.3^{b}

[1]Values (mean±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).
^{ns}Not significant (P>0.05).

Table 3. Feed utilization and feed intake of growing flounder fed various practical diets for 8 weeks[1]

Diets	Feed efficiency (%)[2]	Daily feed intake (%)[3]	Daily protein intake (%)[3]	Protein efficiency ratio (%)[4]
EP1	77.3±7.29^{ab}	1.55±0.502^{d}	0.70±0.023^{bc}	1.68±0.140^{bc}
EP2	93.4±5.80^{cd}	1.47±0.028^{cd}	0.76±0.014^{d}	1.80±0.112^{bc}
EP3	95.1±7.51^{cd}	1.40±0.028^{bc}	0.66±0.131^{abc}	1.20±0.163^{c}
EP4	106.0±2.78^{d}	1.24±0.028^{a}	0.66±0.151^{abc}	1.93±0.059^{bc}
MP	64.1±0.18^{a}	2.08±0.019^{e}	1.20±0.011^{e}	1.08±0.016^{a}
EP5	90.4±3.12^{bcd}	1.35±0.022^{b}	0.71±0.012^{c}	1.67±0.110^{bc}
EP6	89.9±5.85^{bc}	1.18±0.030^{a}	0.61±0.015^{a}	1.63±0.132^{b}
EP7	103.4±4.36^{d}	1.20±0.052^{a}	0.65±0.003^{ab}	1.90±0.080^{bc}
EP8	100.1±3.20^{cd}	1.21±0.047^{a}	0.67±0.026^{bc}	1.75±0.036^{bc}

[1]Values (mean±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).
[2]Fish wet weight gain×100/feed intake (dry matter).
[3][Feed or protein intake (dry matter)]×100/[initial fish wt.+final fish wt.+dead fish wt.)×days fed/2].
[4]Fish wet weight gain/protein intake.

해선 EP의 MP 대체 가능성을 증명한 연구결과를 바탕으로 실제 양식현장에서의 EP와 MP의 비교사육실험이 중요하며, 현장실험에서도 이와 유사한 결과를 얻는다면 양어가들의 배합사료에 대한 불신감을 줄일 수 있어 EP를 실제 양식현장에 적용할 수 있을 것이라 판단된다. 이처럼 실험 EP사료의 좋은 성장은 기존의 영양연구 결과들을 바탕으로 넙치에 필요한 영양소가 균형있게 함유되었기 때문으로 판단된다. 예를 들어, EP1-EP4 사료의 단백질 함량이 45~53%로 MP의 58%보다 낮았지만 필수아미노산의 조성이 MP사료에 비해 전혀 손색이 없었다. 이러한 결과는 역시 넙치의 단백질 요구가 45~50%라는 기존의 연구 결과들(Lee et al., 2000a, 2002)을 뒷받침하고 있다. 반면에 시판사료의 단백질 함량이 52~55%임에도 불구하고 EP5, EP6 및 EP8의 경우 매우 낮은 성장을 보인 것은 단백질 원료의 품질에 의한 차이 때문으로 생각된다. EP5의 Met+Cys의 함량, EP6의 Lys 함량 및 EP8의 His 함량이 EP1-EP4와 MP에 비해 낮은 것은 이들 사료의 단백질 품질이 다소 낮음을 암시하고 있다. 이러한 결과는 사료의 단백질 함량보다는 사료 단백질내의 필수아미노산 균형이 사료 단백질 질을 결정함을 의미한다. 또한, EP6의 경우에는 지질 함량이 EP3과 비교하여 10% 전후로 유사한 함량이었음에도 불구하고 오히려 단백질 함량이 낮은 EP3 실험구에 비해 낮은 성장 결과를 보였다. 이처럼 본 실험에 사용된 시판 사료의 원료조성은 모르지만 성장 차이는 사료에 사용된 단백질원의 품질, 가공방법, 비타민이나 미네랄 등의 첨가제 및 영양소 균형에 따른 차이로 판단된다. Choi et al. (2004)은 국내 및 국외 상업용 넙치사료의 성분 비교분석을 통하여 대부분의 사료에 단백질 및 지질이 과잉으로 첨가되어 있는 것이라고 보고하였고, Lee et al. (1996)은 조피볼락의 실험에서 여러 가지 식물성 및 동물성 단백질원으로 어분을 동일한 비율로 대체하더라도 사용되는 대체단백질원의 혼합비에 따라 조피볼락의 성장이 달라진다고 보고하였다. 그리고, extruder를 이용하여 사료 제조시, 가공조건(온도, 스팀량 및 회전률) 및 사료내 영양소 조성비에 따라서도 EP의 품질이 달라질 수 있는데, extruder 내부에서 발생되는 고열로 인해 열에 약한 비타민 및 영양소가 파괴될 수 있다(Slinger et al., 1979; Kiang, 1989; Springate, 1991). 예를 들어, 사료 성형중 스팀 첨가와 같은 열처리 기간동안 ascorbic acid가 불안정하여 파괴되거나(Slinger et al., 1979), lysine과 cystine과 같은 필수아미노산의 함량이 감소(Evans and Butts, 1951; Carpenter and Booth, 1973; Viola et al., 1983)되는 등의 결과가 이미 여러 연구에서 보고되었다. 따라서, 사료 성형시에는 영양소의 배합비율 및 가공조건 등을 종합적으로 고려하여야 하며, 차후 extruder 가공 조건에 관련하여 구체적인 실험이 요구된다.

사료효율은 MP 실험구에서 가장 낮은 결과를 보였으며($P<0.05$), EP2-EP5와 EP7-EP8 실험구내에서는 90~106%로 유의차 없이 양호한 값을 보였다($P>0.05$). 단백질효율은 EP 실험구간들 내에서는 유의한 차이는 없었지만($P>0.05$), 사료효율과 유사하게 MP 실험구에서 수치상으로 가장 낮은 결과를 보였다($P<0.05$). 일일사료섭취율은 MP 실험구가 가장 높았고, EP4 및 EP6-EP8 실험구가 가장 낮은 값을 나타내었다($P<0.05$). 일일단백질섭취율도 일일사료섭취율과 유사하게 MP 실험구가 가장 높은 값을 보였으며, EP6 실험구가 가장 낮았다($P<0.05$). MP 실험구에서 일일사료섭취율과 일일단백질섭취율이 높은 값을 보였음에도 불구하고, MP 실험구의 사료효율은 EP 실험구에 비해 저조한 결과를 보여 Seo et al. (2005)의 실험결과와 유사하였다. 이것은 MP의 특성상 Table 1에 표시한 것처럼 사료 중에 50% 정도가 수분이기 때문에 사료가 수중에 공급되면서 유실되었음을 의미하며, 결국 수질오염 발생빈도가 높아질 것으로 판단된다. 하지만, Lee et al. (1997)은 조피볼락의 경우 사료물성(부상, 반부상 및 습사료)에 대한 성장, 영양소 이용효율, 사료 섭취율 및 체성분 등에 있어 차이가 인정되지 않아 사료형태에 관계없이 사용하여도 좋을 것이라고 판단하였다. 이처럼 어종의 먹이섭취 특성에 따라 적절한 사료의 물성이나 형태가 달라질 수 있으므로 이에 대한 고려도 중요하다.

사육 실험 종료후, 전어체의 일반성분 분석 결과를 Table 4에

Table 4. Proximate analysis (%) of the whole body of growing flounder fed various practical diets for 8 weeks[1]

Diets	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash
EP1	74.2±0.18^{ab}	19.2±0.61^{ns}	2.7±0.19^{c}	3.4±0.09^{bc}
EP2	74.2±0.23^{ab}	19.5±0.46	1.9±0.40^{abc}	3.3±0.03^{b}
EP3	72.9±0.06^{a}	18.9±0.35	3.9±0.38^{d}	3.7±0.29^{bc}
EP4	74.1±0.15^{ab}	18.7±0.75	2.7±0.15^{bc}	3.3±0.06^{b}
MP	75.8±0.45^{c}	19.4±0.38	1.3±0.09^{a}	3.4±0.07^{bc}
EP5	75.8±0.98^{c}	18.3±0.95	1.9±0.53^{abc}	2.8±0.10^{a}
EP6	74.7±0.35^{bc}	18.4±0.32	2.7±0.18^{bc}	3.5±0.09^{bc}
EP7	75.8±0.19^{c}	18.6±0.09	1.7±0.46^{ab}	3.2±0.26^{b}
EP8	73.8±0.43^{ab}	19.6±0.44	2.5±0.09^{bc}	3.8±0.03^{c}

[1]Values (mean±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).
[ns]Not significant (P>0.05).

Table 5. Blood chemistry of growing flounder fed various practical diets for 8 weeks[1]

Diets	Total protein (g/100 ml)	Triglyceride (mg/100 ml)
EP1	4.5±0.44^{ns}	586±55.7^{ab}
EP2	4.1±0.24	568±50.5^{ab}
EP3	4.9±0.19	649±33.3^{b}
EP4	4.6±0.13	514±33.6^{ab}
MP	4.4±0.10	553±51.4^{ab}
EP5	4.5±0.51	529±17.5^{ab}
EP6	4.1±0.58	532±25.2^{ab}
EP7	4.3±0.47	466±48.3^{a}
EP8	4.3±0.30	571±64.4^{ab}

[1]Values (mean±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).
[ns]Not significant (P>0.05).

나타내었다. 어체의 단백질 함량은 모든 실험구에서 유의한 차이를 보이지 않았으나(P>0.05), 수분, 지질 및 회분 함량은 사료에 따라 유의한 차이를 보였다(P<0.05). 어체의 수분 함량은 MP 및 EP5-EP7 실험구가 높은 경향을 보였으며, EP1-EP4 및 EP8 실험구가 낮은 경향을 보였다. 지질 함량은 EP3 실험구가 가장 높은 값을 보였는데(P<0.05), 이는 사료의 지질 함량의 차이에 의한 것으로 판단된다. 회분 함량은 EP8 실험구가 가장 높았고 EP5 실험구가 가장 낮았으며(P<0.05), 이 두 실험구를 제외한 나머지 실험구간에 유의차는 없었다(P>0.05).

어체의 미부동맥에서 추출한 혈액의 분석 결과를 Table 5에 나타내었다. 총 단백질은 모든 실험구간에 유의차가 없었고(P<0.05), 중성지방은 EP3 실험구가 가장 높은 값을 나타내었다(P<0.05). 이는 어체 지질축적과 마찬가지로 사료의 지질 함량에 영향을 받은 것으로 생각된다.

이상의 결과로부터, 평균체중 42 g~108 g의 넙치에게 생사료를 기초로 제조된 MP를 공급하는 것 보다 영양소 균형이 잘 갖춰진 부상 pellet을 공급하여도 좋을 것으로 판단된다. 또한, 본 실험에서 EP2-EP4 실험구간에 사료조성에 따른 증체율 및 사료효율에서 차이가 인정되지 않은 것으로 보아 이들 사료를 MP 대체 실용사료로 사용하여도 좋을 것으로 기대된다. 금후, 넙치 양식에서 이러한 EP사료 사용으로 인해 경제적이고 환경친화적인 여러 가지 좋은 효과가 나타날 수 있도록 사료 품질개선, 현장사육실험, 사료공급체계에 대한 연구가 요망된다.

요 약

본 연구는 넙치 육성용으로 실험 부상배합사료와 시판사료 및 생사료의 효능을 비교하기 위해 평균 체중 43.5 g의 넙치를 8주 동안 사육하였다. 실험사료로 4종류의 부상배합사료(EP1-EP4), 시판사료 4종류(EP5-EP8) 및 습사료(MP)를 준비하여 1일 3회 만복으로 공급하였다. 사육실험 결과, 생존율은 모든 실험구에서 85% 이상으로 양호하였으며, 증중률은 EP2-EP4 실험구에서 가장 높은 값을 보였으며, EP6 실험구에서 가장 낮았다. 사료효율과 단백질효율은 MP 실험구에서 가장 낮은 값을 보인반면, 일일사료섭취율과 일일단백질섭취율은 MP 실험구에서 가장 높은 값을 보였다. 어체의 단백질 함량은 실험구간에 유의한 차이가 없었으나, 수분, 지질 및 회분 함량은 사료에 따라 유의한 차이를 보였다. 혈액의 총 단백질은 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었으며, 중성지방은 EP3 실험구에서 높은 값을 보이긴 하였지만, EP7 실험구를 제외한 모든 실험구간에 유의한 차이는 없었다. 이상의 결과들로 보아 평균체중 42 g~108 g인 넙치의 성장을 위해 EP2-EP4를 공급하여도 좋을 것으로 판단된다.

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.

Brown, M. E., 1957. Experimental studies on growth, (in) M.E. Brown (ed.), The Physiology of Fishes. Vol. I. Academic Press New York, pp. 361–400.

Carpenter, K. J. and V. H. Booth, 1973. Damage to lysine in food processing: its measurement and its significance. Nutr. Abstr. Rev. 43, 424–451.

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.

Choi, S.-M., K.-M. Han, X. 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.

Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11, 1–42.

Evans, R. J. and H. A. Butts, 1951. Heat inactivation of the basic amino acids and tryptophan. J. food Res., 16, 415–421.

Kiang, M.-J., 1989. Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrand-Reinhold, New York, 260 pp.

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, 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.

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, 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.

Lee, S-M., I.-G. Jeon and K.-S, Kim, 1997. Effects of extruded-floating, slow-sinking, fast-sinking or moist pellet diets on the growth and body composition in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). J. Aquacult., 10, 163–169.

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., I. G. Jeon and J. Y. Lee, 1996. Comparison of various fish meals as dietary protein sources for Korean Rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Kor. Fish. Soc., 29, 135–142.

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, 2000a. 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., S. H. Cho and D. J. Kim, 2000b. Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel). Aquacult. Res., 31, 917–921.

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.

Slinger, S. J., A. Razzaque and C. Y. Cho, 1979. Effects of feed processing and leaching on the losses of certain vitamins in fish diets. (in) Halver, J. E. and K. Tiews. (ed.). Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Vol. 2. Heenemann, Berlin, Germany, pp. 425–434.

Smith, H. W., 1935. Metabolism of the lung fish. II. Effects of feeding on meat on the matabolic rate. J. Cell. Comp. Physiol., 6, 335–349.

Springate, J., 1991. Extruded diets-worth the extra. Fish Farmer (Narch/April 1991). 45 pp.

SPSS Inc., 1997. SPSS Base 10.0 for Window, SPSS Inc., 444 N. Michigan Avenue, Chicago, IL, USA.

Viola, S., S. Mokady and Y. Arieli, 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture, 32, 27–38.

원고접수 : 2005년 9월 10일
수정본 수리 : 2005년 10월 17일