

단백질 및 지질함량이 다른 부상배합사료와 생사료의 낚치 사육효과 비교

김경덕*·강용진¹·이해영·김강웅·장미순²·김신권·손맹현
국립수산과학원 양식관리과, ¹중앙내수면연구소, ²식품안전연구단

Evaluation of Extruded Pellets Containing Different Protein and Lipid Levels, and Raw Fish-Based Moist Pellet for Growth of Flounder (*Paralichthys olivaceus*)

Kyoung-Duck Kim, Yong Jin Kang¹, Haeyoung Moon Lee,
Kang-Woong Kim, Mi-Soon Jang², Shin-Kwon Kim
and Maeng Hyun Son

Aquaculture Management Division, National Fisheries Research
and Development Institute (NFRDI), Pohang 791-923, Korea

¹Inland Fisheries Research Institute, NFRDI, Gapyung 477-815, Korea

²Food and Safety Research Center, NFRDI, Busan 619-705, Korea

This study was conducted to evaluate the effect of extruded pellets (EP) containing different levels of protein (51%-55%) and lipid (9%-15%) for growth of flounder (*Paralichthys olivaceus*) comparing with raw fish-based moist pellet (MP). Two replicate groups of 40 fish per each tank (initial mean weight 106 g) were fed one of three experimental EP (EP1, EP2 and EP3) containing different protein and lipid levels, a commercial EP (EP4) and MP for 16 weeks. Survival was not significantly different among all groups. Final mean weight of fish fed MP was significantly lower than that of fish fed EP1, EP2 and EP4 ($P<0.05$), but not significantly different from fish fed EP3. Feed efficiency of MP-fed fish was significantly lower than fish fed all EP formulations ($P<0.05$), but no significant difference was observed among the EP groups. Daily feed intake of MP-fed fish was significantly higher than fish fed all EP formulations ($P<0.05$). Condition factor was not significantly different among all groups. Whole body moisture and crude lipid contents were significantly affected by diet ($P<0.05$). Growth and feed efficiency of flounder was not affected by EP protein and lipid levels. Dietary formulation used in EP1, EP2 and EP3 can be applied to the practical feeding of flounder.

Key words: Flounder, Extruded pellet, Raw fish-based moist pellet, Growth

서 론

배합사료는 생사료와 비교하여 영양학적으로 균형있는 사료를 만들 수 있고, 보관 및 취급이 용이하며, 사료 공급량 조절이 쉬워 양식어를 건강하게 키울 수 있다. 또한 생산량을 쉽게 조정하여 기간별 계획생산이 가능하므로 공급과 가격이 안정적이다. 반면, 해산어 양어기들이 주로 사용하고 있는 전갱이, 청어 및 까나리 등의 생사료는 어획되는 어종이나 어획 시기에 따라 차이가 있지만, 수급의 불안정에 의한 가격 변동, 냉동보관에 따른 과다 경비 소요 및 부적절한 냉동 보관에 따른 생사료 산패 등 여러 문제점들을 가지고 있다. 이와 같이 생사료에 비해 배합사료의 장점이 많음에도 불구하고 낚치를 양식하는 우리나라 양어기들의 대부분이 치어기를 제외한 육성기 및 성어기 육성용 먹이로 생사료를 계속 사용하는 이유는 성어기의 성장둔화로 배합사료가 생사료에 비해 1~2개월 출하 시기가 늦어지거나, 생사료로 사육한 낚치에

비하여 상품성이 떨어지고, 생사료에 비해 생산원가가 높기 때문이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 양식 현장에서 신뢰할 수 있는 고품질 실용배합사료를 개발하여 양식 생산성을 높이는 것이 필수적이다.

그 동안 낚치 배합사료 개발에 필요한 자료를 위하여 단백질, 지질 및 필수지방산과 같은 영양소 요구량과 사료원료 이용성에 관한 연구들이 활발하게 수행되어 왔다(Lee et al., 2000; Kim et al., 2002; Lee and Kim 2005; Lee et al., 2008). 기존 연구에서 지질 16% 사료를 섭취한 낚치 치어는 지질 7% 사료에 비하여 성장율이 저하되는 것으로 보고되었으나(Lee et al., 2000), Kim et al.(2008)은 성어기 낚치를 고지질(14%) 및 저지질(9%) 사료로 사육한 결과, 사료의 지질 함량이 증가함에 따라 성장 및 사료효율이 증가하였다고 보고하여 어체 크기에 따라 적정 사료 지질함량에 차이를 보였다. 또한, 최근에 판매되고 있는 낚치용 시판 배합사료는 일반적으로 단백질 함량은 50-55%, 지질 함량은 8-14%로 다소 차이를 보이고 있다. 그래서 본 연구에서는 기존에 수행된 낚치에

*Corresponding author: kdkim@nfrdi.go.kr

관한 사료 연구 결과들을 토대로 하여, 단백질 및 지질 함량을 달리한 넙치 사육용 실험 배합사료를 제조하여 시판사료 및 생사료와 사육 효과를 비교하였다.

재료 및 방법

실험사료

실험사료는 넙치의 영양소 요구를 고려하여 설계한 3종류의 실험 배합사료(EP1, EP2, EP3), 수입산 상품사료 1종류(EP4, 일본)와 생사료(MP)로 총 5종류를 설정하였으며, 사료 조성 및 영양성분 분석 결과를 Table 1에 나타내었다. 실험 배합사료의 원료들은 시판사료에 주로 사용되고 있는 원료들로 선정하였다. 단백질원으로 갈색어분, 대두박, 크릴밀을 사용하였으며, 지질원과 탄수화물원으로는 오징어간유와 소맥분을 각각 사용하였다. EP1은 조단백질과 조지질 함량이 55% 및 9%가 되도록 하였으며, EP2, EP3은 어분 함량을 감소하는

Table 1. Ingredients and nutrient contents of the experimental diets

	Diets				
	EP1	EP2	EP3	EP4	MP
Ingredients (%)					
Brown fish meal ¹	60.6	56.6	51.4	Closed	
Krill meal	3.0	3.0	3.0		
Soybean meal	4.0	4.0	4.0		
Wheat gluten	3.0	3.0	3.0		
Wheat flour	26.5	27.7	28.7		
Squid liver oil	0.5	3.3	7.5		
Others	2.4	2.4	2.4		
Sand lance (raw fish)					95
Binder meal ²					5
Proximate composition (dry matter basis)					
Moisture (%)	2.7	6.2	7.8	6.7	78.0
Crude protein (%)	55.1	53.0	50.5	55.4	64.5
Crude lipid (%)	8.8	11.7	15.2	8.5	11.7
Ash (%)	9.0	8.4	7.5	15.3	10.2
Gross energy (cal/g)	5095	5201	5405	4637	5051
P/E ratio (mg/kcal)	108	102	93	119	128
Essential amino acid composition (% in protein)					
Arg	6.1	6.7	10.3	5.9	7.1
His	3.0	4.5	4.5	4.3	4.1
Ile	5.1	4.5	4.6	4.9	5.2
Leu	8.6	8.0	7.8	8.4	7.2
Lys	5.7	7.6	6.8	6.8	4.7
Met+Cys	4.2	4.0	3.8	4.3	5.0
Phe+Tyr	8.4	8.0	8.4	8.2	9.7
Thr	4.4	3.9	3.8	4.4	5.0
Val	4.9	4.9	4.5	5.1	3.9

¹Imported from Denmark.

²Purchased from Suhyup Feed Co. LTD.

EP1, EP2, EP3 : experimental extruded pellets.

EP4 : commercial extruded pellet.

MP : raw fish-based moist pellet.

대신 어유 함량을 증가시켜, 조단백질을 53% 및 51%로 감소시키며, 조지질이 12%와 15%가 되도록 설계하였다. 부상배합사료의 형태로 실험사료를 제조하기 위하여 사료회사에 의뢰하여 제조하였다(Buhler, Swiss). 제조된 실험사료의 아미노산 분석결과 arginine, lysine 및 methionine과 같은 필수 아미노산 함량은 넙치의 요구량을 모두 충족시키는 것으로 나타났다(Forster and Ogata, 1998; Alam et al., 2001; Alam et al., 2002). MP는 양식현장에서 사용하는 냉동 까나리와 분말사료를 95:5의 무게비율로 혼합하여 성형, 제조한 후 -30℃에 보관하면서 사용하였다.

실험어 및 사육관리

사육실험을 위하여 평균체중 106±1.7 g의 넙치를 1.8톤 원형수조에 40마리씩 실험구별 2반복으로 수용하였다. 실험사료를 1주일에 6일 동안 매일 2회 (09:00, 17:00) 반복 공급하며 16주간 사육하였다. 어체 측정을 위해 실험 개시와 종료시, 측정 전일 실험어를 절식시킨 후, 각 실험수조에 수용된 실험어의 전체 체중을 측정하였다. 사육수는 분당 20L 정도가 되도록 조절하여 주수하였고, 사육기간 동안의 평균수온은 22±2.4℃였다.

성분분석

어체의 성분분석을 위하여 사육실험 종료시 각 실험수조에서 10마리를 시료로 취하여 냉동보관 (-25℃)하였다. 실험사료 및 실험어의 수분은 105℃에서 6시간 건조하여 측정하였으며, 조단백질 (N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Gerhardt VAP500T/TT125, Germany)을 사용하여 분석하였다. 조지방은 조지방추출기(Velp SER148, Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후 측정하였으며, 조회분은 550℃에서 4시간 동안 회화 후 측정하였다. 사료의 총에너지량은 열량분석기 (Parr-6200, USA)를 사용하여 분석하였다. 사료원료의 아미노산 분석은 6N-HCl 용액으로 분해하여 전처리한 시료액을 아미노산자동분석기 (Biochrom, Netherlands)를 사용하여 분석하였다.

통계처리

결과의 통계처리는 SPSS program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

최초 106 g의 넙치를 16주 동안 사육 실험한 결과를 Table 2에 나타내었다. 사육기간 동안의 생존율은 모든 실험구간에 통계적인 차이는 없었다. 최종체중은 EP1, EP2 및 EP4 실험구가 385-414 g으로 가장 높았으며, EP3 실험구(371 g)와는 통계적인 차이가 없었으나, MP 실험구(318 g) 보다는 유의하게 높았다(P<0.05). 이미 Lee et al. (2005)의 연구에서 44-107 g의 치어기 넙치를 대상으로 실험적으로 제조한 EP들이 MP와 유사한 성장을 보였으며, 100-400 g의 육성기 넙치를 대상으로 한 본 연구에서도 실험사료들이 MP에 비하여 좋은 성장을 나타내었는데, 이는 본 실험에 사용된 EP들이 기존에 수행된

Table 2. Growth performance of flounder fed the experimental diets

Diets	Initial mean weight (g/fish)	Final mean weight (g/fish)	Survival (%)	Feed efficiency (%) ¹	Protein efficiency ratio ²	Daily feed intake ³	Condition factor ⁴
EP1	107±2.0 ^{ns}	388±10.5 ^a	98±2.5 ^{ns}	115±1.2 ^a	2.08±0.02 ^{ab}	0.89±0.01 ^{ab}	1.10±0.01 ^{ns}
EP2	106±1.0	385±30.0 ^a	71±26.3	114±5.4 ^a	2.17±0.10 ^{ab}	0.80±0.10 ^b	1.09±0.03
EP3	106±0.5	371±6.5 ^{ab}	74±28.8	115±2.3 ^a	2.29±0.04 ^a	0.81±0.04 ^b	1.11±0.03
EP4	104±1.0	414±17.5 ^a	95±0.0	114±3.0 ^a	2.06±0.06 ^b	0.92±0.01 ^{ab}	1.13±0.02
MP	106±1.5	318±12.0 ^b	92±3.8	85±1.7 ^b	1.31±0.03 ^c	1.03±0.02 ^a	1.07±0.03

Values (mean±SE of three replications) in each column with the different superscript are significantly different ($P<0.05$).
^{ns}, not significant ($P>0.05$).

¹ Fish wet weight gain \times 100 / feed intake.

² Fish wet weight gain / protein intake

³ Feed intake \times 100 / [(initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.) \times days reared/2].

⁴ Fish weight \times 100/total length³.

넙치의 필수영양소 요구량 추정 연구 (Lee et al., 2000; Kim and Lee, 2004), 사료원료 이용성 연구 (Kim et al., 2000; Park et al., 2003) 및 실용배합사료 사육효과 연구 (Kim et al., 2008)의 결과들을 토대로 하여 사료조성 및 제조되어 넙치의 최대 성장에 필요한 영양소를 고루 함유하고 있기 때문으로 판단된다. 그리고 Kim et al. (2006)의 연구에서도 EP와 MP로 넙치 (330~680 g)를 8개월간 사육한 결과, 배합사료 실험구가 우수한 성장결과를 보였으며, 최초 체중 600 g의 성어기 넙치를 상품크기인 1 kg 이상까지 사육한 Kim et al. (2008)의 연구에서도 실험용 EP는 습사료와 비교하여 성장 및 생존율에서 유의한 차이를 보이지 않았는데, 이는 성어기 넙치의 육성용 먹이로 배합사료의 생사료 대체 가능성을 보여주고 있으며, 이러한 결과들은 현재 EP의 장기간 사육시, 혹은 치어기 이후 육성기 및 성어기의 성장 효과가 MP에 비하여 떨어진다는 양어가들의 기존의 생각을 바꾸는데 많은 도움이 될 것으로 판단된다. 또한 본 연구의 사육실험 종료시, 어체의 비만도는 모든 EP 실험구가 MP 실험구와 유의한 차이가 없었다. 일반적으로 양어가들은 EP로 사육한 경우 MP로 사육한 어체에 비하여 비만도가 떨어진다고 생각하고 있으나, 본 연구 결과는 EP와 MP로 사육한 어체에서 비만도에 차이가 없음을 보여주고 있다.

사료의 단백질과 지질 함량을 다르게 설계한 EP1, EP2, EP3(조단백질 55-51%, 조지질 9-15%) 실험구간에 최종체중은 실험구간에 통계적인 차이는 없었으나, 단백질 함량을 감소시키고 지질함량을 증가시킨 EP3 실험구에서 다소 감소하는 경향을 보였다. 기존의 연구에서도 사료 지질 16% 실험구는 지질 7% 실험구에 비하여 여름철에 사육된 넙치 치어의 성장을 감소시키는 것으로 보고되어 (Lee et al., 2000), 본 연구 결과와 유사하였다. 하지만, Kim et al. (2006a)은 저수온 (12 및 17°C)에서 고지질 (14%) 및 저지질 (7%) 사료로 넙치 치어를 사육한 결과, 증체량에는 차이가 없었으나 고지질 실험구에서 사료효율이 증가하였다고 보고한 바 있어, 사육수온

및 어체 크기 등에 따라 사료 지질 이용성에 차이를 보이는 것으로 판단된다. 그러나 사료의 지질 (에너지) 함량을 증가시킨 EP2와 EP3 실험구의 경우 사료섭취량이 감소하는 경향을 보였으며, 넙치의 체내 대사율 및 사료섭취율이 증가하여 성장율이 높은 여름철 적수온기의 경우 사료섭취량 감소에 따른 성장저하를 초래할 가능성이 있으므로 넙치 배합사료의 지질 함량 증가는 신중히 고려하여야 할 것이다.

본 연구에서 사료조성을 설계하여 제조한 3종류의 실험EP (EP1, EP2, EP3)는 수입 상품사료인 EP4와 비교하여 성장 및 사료효율에서 유의한 차이가 없었다. EP4의 사료비는 kg 당 3200원 전후였으며, 사료공장에 의뢰하여 계산된 EP1, EP2, EP3의 시판출하 가격은 kg 당 2100~2150원 이었다. 이러한 계산 값들은 원료가격 및 판매 이익률 등의 요인들에 따라 다소 차이가 있겠지만, 본 연구에 사용된 EP1, EP2, EP3가 EP4(수입사료)에 비하여 경제적임을 나타내고 있다.

사료효율은 모든 EP 실험구가 114-115%로 MP의 85%에 비하여 높았으며 ($P<0.05$), 모든 EP 실험구간에는 차이가 없었다. 또한 사육실험 기간 동안의 각 실험구별 일일사료섭취율은 MP 실험구가 모든 EP 실험구들에 비해서 유의하게 높았으며 ($P<0.05$), EP 실험구간에는 차이가 없었다. 이미 기존의 연구들에서도 본 연구와 유사하게 MP 공급구가 EP 공급구에 비해 사료효율이 낮았으며, 사료섭취율이 증가하는 결과들이 보고되었는데, 이는 점결력이 낮고 수분함량이 높은 MP가 넙치에게 공급될 때 수중으로 유실되는 양이 EP에 비해서 많았거나, 섭취된 MP 사료의 영양소 소화율이 낮았을 가능성 때문으로 추측된다 (Cho et al., 2005; Lee et al., 2005). 이와 같이 MP 사료의 공급시 유실로 인한 수질오염 문제 뿐만 아니라, 생사료 원료로 사용되고 있는 연안 자원들의 보호를 위해서도 양식장에서 사용되고 있는 생사료를 배합사료로 전환하는 것이 시급한 실정이다.

어류의 사료섭취량은 사료내 에너지 함량에 따라 달라질 수 있으며, 일반적으로 사료내 에너지 함량이 증가함에 따라

서 사료섭취율은 감소하는 것으로 알려져 있다 (Lee et al., 2000; Lee and Kim, 2005). 본 연구에서 일일사료섭취율은 EP 실험구간에는 통계적인 차이는 없었으나, 사료의 에너지 함량 증가 및 P/E 비가 감소함에 따라서 증가하는 경향을 보였는데, 이는 넙치 치어를 대상으로 한 Lee and Kim(2005)의 연구와 유사한 결과를 보였다.

사육실험 종료 후, 실험어 전어체의 일반성분 분석 결과를 Table 3에 나타내었다. 전어체의 수분과 지질 함량은 실험구간에 유의한 차이를 보였는데, EP3 실험구는 조지질 함량은 가장 높은 반면, 수분 함량은 가장 낮은 값을 보였다. Lee and Kim (2005)은 치어기 넙치의 어체 조성이 사료의 영양소 함량에 따라서 차이를 나타내는 것으로 보고하였으며, 사료내 지질 함량 증가는 어체의 지질 함량을 증가시키는 반면, 수분 함량을 감소시켜 본 연구 결과와 일치하였다.

이상의 결과로 볼 때, 본 연구에 사용된 실험 EP의 단백질 및 지질함량은 넙치 육성어의 성장 및 사료효율에 영향을 미치지 않았으며, 실험 EP 3종의 사료조성은 넙치 사육을 위한 MP를 대체할 수 있는 사료조성으로 사용하여도 좋을 것으로 판단된다.

Table 3. Proximate composition (%) of whole body of flounder fed the experimental diets

Diet	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
EP1	72.9±0.19 ^{ab}	19.1±0.30 ^{ns}	3.4±1.26 ^{ab}	3.6±0.16 ^{ns}
EP2	72.3±0.22 ^{ab}	19.4±0.22	3.9±0.05 ^{ab}	3.2±0.18
EP3	70.6±1.04 ^b	18.6±0.63	5.9±0.73 ^a	3.6±0.09
EP4	71.7±0.68 ^{ab}	19.0±0.72	3.4±0.28 ^{ab}	3.5±0.32
MP	73.9±0.58 ^a	18.3±0.56	2.3±0.37 ^b	3.6±0.25

Values (mean±SE of three replications) in each column with the different superscript are significantly different ($P<0.05$). ns, not significant ($P>0.05$).

사 사

본 연구는 국립수산물과학원(고효율 배합사료 개발 및 실용화 연구, RP-2009-AQ-57)의 지원에 의해 운영되었습니다.

참고문헌

Alam MS, Teshima S, Koshio S and Ishikawa M. 2002. Arginine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* estimated by growth and biochemical parameters. *Aquaculture* 205, 127-140.

Alam MS, Teshima S, Ishikawa M, Koshio S and Yaniharto D. 2001. Methionine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* estimated by the oxidation of radioactive methionine. *Aquaculture Nutrition* 7, 201-209.

Cho SH, Lee SM and Lee JH. 2005. Effect of the extruded pellets and raw fish-based moisture pellet

on growth and body composition of flounder, *Paralichthys olivaceus* L. for 10 months. *J Aquacult* 18, 60-65.

Duncan DB. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics* 11, 1-42.

Forster I and Ogata HY. 1998. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major*. *Aquaculture* 161, 131-142.

Kim KD and Lee SM. 2004. Requirement of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids for juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture* 229, 315-323.

Kim KD, Lee SM, Park HK, Bai SC and Lee YH. 2002. Essentiality of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids in juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J World Aquacult Soc* 33, 432-440.

Kim KD, Kang YJ, Lee HY, Kim KW, Kim KM and Lee SM. 2006a. Evaluation of extruded pellets as a growing diet for adult flounder *Paralichthys olivaceus*. *J Aquacult* 19, 173-177.

Kim KD, Kang YJ, Lee JY, Nam MM, Kim KW, Jang MS and Lee SM. 2008. Evaluation of extruded pellets and raw fish-based moist pellet for growth of sub-adult flounder *Paralichthys olivaceus*. *J Aquacult* 21, 102-106.

Kim KD, Kim KM, Kim KW, Kang YJ and Lee SM. 2006b. Influence of lipid level and supplemental lecithin in diet on growth, feed utilization and body composition of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*) in suboptimal water temperatures. *Aquaculture* 251, 484-490.

Kim KD, Kang YJ, Lee HY, Kim KW and Son MH. Effects of dietary protien and lipid levels on growth and body composition of sub-adult flounder *Paralichthys olivaceus* during the summer season. 2008. *J Aquacult* 21, 239-243.

Kim KW, Kang YJ, Lee HY, Kim KD, Choi SM, Bai SC and Park HS. 2006. Commercial scale evaluation of practical extruded pellet feed for the olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J Korean Fish Soc* 39, 100-105.

Kim YS, Kim BS, Moon TS and Lee SM. 2000. Utilization of defatted soybean meal as a substitute for fish meal in the diet of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J Korean Fish Soc* 33, 469-474.

Lee SM and Kim KD. 2005. Effect of various levels of lipid exchanged with dextrin at different protein

- level in diet on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquacult Nutr* 11, 1-8.
- Lee SM, Seo JY, Choi KH and Kim KD. 2008. Apparent amino acid and energy digestibilities of common feed ingredients for flounder *Paralichthys olivaceus*. *J Aquacult* 21, 89-95.
- Lee SM, Seo JY, Lee YW, Kim KD, Lee JH and Jang HS. 2005. Evaluation of experimental extruded pellet, commercial pellet and raw fish-based moist pellet for growing flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J Aquacult* 18, 287--297.
- Lee SM, Cho SH and Kim KD. 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.
- Park SU, Kwon MG, Lee YH, Kim KD, Shin IS and Lee SM. 2003. Effects of supplemental *Undaria*, obosan and wasabi in the experimental diets on growth, body composition, blood chemistry and non-specific immune response of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J Aquacult* 16, 210-215.

2009년 8월 20일 접수

2009년 9월 28일 수정

2009년 10월 19일 수리