

## 미성어기 넙치 사육을 위한 배합사료 및 습사료의 효과 비교

김경덕\*, 강용진, 이종윤, 남명모, 김강웅, 장미순, 이상민<sup>1</sup>  
국립수산과학원 양식사료연구센터, <sup>1</sup>강릉대학교 해양생명공학부

### Evaluation of Extruded Pellets and Raw Fish-Based Moist Pellet for Growth of Sub-Adult Flounder *Paralichthys olivaceus*

Kyoung-Duck Kim\*, Yong Jin Kang, Jong Yun Lee, Myong-Mo Nam, Kang-Woong Kim, Mi-Soon Jang and Sang-Min Lee<sup>1</sup>

Aquafeed Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Pohang 791-923, Korea  
<sup>1</sup>Faculty of Marine Bioscience and Technology, Gangneung National University, Gangneung 210-702, Korea

This study was conducted to evaluate extruded pellets (EP) for the growth of sub-adult flounder *Paralichthys olivaceus* by comparing with raw fish-based moist pellet (MP). Two replicate groups of 150 fish per each tank (initial mean weight 594±6.5 g) were fed one of two EPs (EP1 and EP2) and a MP for 32 weeks. Survival was not significantly affected by experimental diets. Final mean weight of fish fed the EP1 was not significantly different from that of fish fed the MP, but that of fish fed EP2 was significantly lower than that of fish fed EP1 and MP ( $P<0.05$ ). Feed efficiency and protein efficiency ratio of fish fed the EP1 and EP2 were significantly higher than those of fish fed MP ( $P<0.05$ ). Daily feed intake of fish fed the EPs was significantly lower than that of fish fed MP ( $P<0.05$ ). Condition factor was not significantly different among all groups. The contents of moisture, crude protein and lipid in dorsal muscle were significantly affected by experimental diets ( $P<0.05$ ). Based on the results of this study, the dietary formulations used in EP1 and EP2 could be applied in the practical extruded pellet feeds for sub-adult flounder (594-1,126 g).

**Keywords:** Extruded pellet, Raw fish-based pellet, Sub-adult flounder, *Paralichthys olivaceus*, Growth

### 서 론

배합사료는 생사료와 비교하여 영양학적으로 균형있는 사료로 만들 수 있고, 보관 및 취급이 용이하며, 사료 급여량 조절이 쉬워 양식어를 건강하게 키울 수 있다. 또한 생산량을 쉽게 조정하여 기간별 계획생산이 가능하므로 공급과 가격이 안정적이다. 반면, 양어기들이 주로 사용하고 있는 전갱이, 청어 및 양미리 등의 생사료는 어획되는 어종이나 어획 시기에 따라 다르긴 하지만, 수급의 불안정에 따른 가격변동, 냉동보관에 따른 경비의 과다 소요, 부적절한 냉동 보관에 따른 생사료의 산패 및 사료 제조시 해동에 따른 수질 오염 등 여러 가지 문제점들을 가지고 있다. 이와 같이 생사료에 비해 배합사료의 장점이 많음에도 불구하고 넙치를 양식하는 우리나라 양어기들의 대부분이 치어기를 제외한 육성기 및 미성어기 육성

용 먹이로 생사료를 계속 사용하는 이유는 성어기의 성장둔화로 배합사료가 생사료에 비해 1~2개월 출하시기가 늦어지거나, 생사료로 사육한 넙치에 비하여 상품성이 떨어지고, 생사료에 비해 생산원가가 높기 때문이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 양식 현장에서 신뢰할 수 있는 고품질 실용 배합사료를 개발하여 양식 생산성을 높이는 반면, 어분 대체 사료원료 개발 등을 통해 사료가격을 지속적으로 낮출 수 있도록 해야 한다.

그래서 본 연구는 기존에 수행된 넙치의 영양요구에 관한 연구 결과들(Lee et al., 2000; Lee et al., 2003; Kim and Lee, 2004; Lee and Kim 2005; Kim et al., 2006)을 토대로 하여, 미성어기 넙치 사육용으로 부상배합사료를 제조하여 습사료와 사육 효과를 비교함으로써 넙치 미성어기 배합사료 개발을 위한 자료를 제공하고자 수행되었다.

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

## 재료 및 방법

### 실험사료

실험사료는 넙치의 영양소 요구를 고려하여 설계한 2종류의 부상 배합사료(EP1, EP2)와 습사료(MP)의 3종류를 설정하였으며, 사료조성 및 영양성분 분석 결과를 Table 1에 나타내었다. 실험사료의 원료들은 시판사료에 주로 사용되고 있는 원료들로 선정하였다. 단백질원으로 어분, 대두박, 밀글루텐, 오징어간분 및 크릴밀을 사용하였으며, 지질원과 탄수화물원으로는 어유와 소맥분을 각각 사용하였다. EP1은 조단백질과 조지질 함량이 55% 및 10%가 되도록 하였으며, EP2는 어분 및 크릴분의 함량을 감소하는 대신 어유 함량을 증가시켜, 조단백질 50%에 조지질이 13%가 되도록 설계하였다. 부상배합사료의 형태로 실험사료를 제조하기 위하여 사료회사에 의뢰하여 직경 15 mm 크기로 제조하였다. 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). 습사료(MP)는 냉동 잡어와 분말사료를 95:5의 무게비율로 혼합하여

성형, 제조한 후 -30°C에 보관하면서 사용하였다.

### 실험어 및 사육관리

상업용 넙치 부상배합사료를 공급하며 3주간 실험어를 예비 사육 후, 평균 594±6.5g의 넙치를 직경 3.5m 원형수조 6개에 150마리씩 실험구별 2반복으로 수용하였다. 사육실험은 실험사료를 1주일에 6일 동안 매일 2회 (09:00, 17:00) 반복 공급하며 2005년 9월에서 2006년 5월까지 32주간 실시하였다. 여체측정을 위해 실험 개시시와 종료시 측정 전일 실험어를 절식시킨 후, 각 실험수조에 수용된 실험어의 전체무게를 계측하였다. 사육수는 수조의 환수율이 1일 24회전 정도가 되도록 조절하여 주수하였고, 사육기간 동안의 수온은 8~23°C 범위였으며, 평균 수온은 13.2±4.0°C였다.

### 성분분석

어체 성분분석 및 비만도 측정을 위하여 실험종료시 각 실험수조에서 10마리를 시료로 취하여 냉동보관(-25°C)하였다. 실험사료 및 등근육의 수분은 105°C에서 6시간 건조하여 측정하였으며, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Gerhardt

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

	Diets		
	EP1	EP2	MP
Ingredients (%)			
Anchovy meal	61.0	57.0	
Soybean meal	3.0	5.0	
Wheat gluten	2.0	1.8	
Squid liver powder	2.0	2.0	
Krill meal	4.0	2.3	
Wheat flour	12.5	17.7	
Fish oil	6.1	8.0	
Others	9.4	6.2	
Raw fish			95
Binder meal			5
Proximate composition (dry matter basis)			
Moisture (%)	8.1	7.8	73.6
Crude protein (%)	54.8	49.8	63.1
Crude lipid (%)	10.6	12.9	18.0
Ash (%)	11.0	10.9	11.8
Gross energy (cal/g)	4912	4960	
Essential amino acid composition (% in protein)			
Arg	5.9	5.6	5.8
His	3.7	3.7	2.7
Ile	4.1	3.8	4.6
Leu	7.8	7.5	9.7
Lys	6.8	6.7	6.9
Met + Cys	5.1	5.2	3.9
Phe + Tyr	6.1	7.4	6.1
Thr	4.4	4.3	4.5
Val	5.4	5.5	4.8

EP1, EP2 : the experimental extruded pellets.  
MP : raw fish-based moist pellet.

**Table 2.** Growth performance of sub-adult flounder fed the extruded pellets and moist pellet for 32 weeks

	Diets		
	EP1	EP2	MP
Initial mean weight (g/fish)	596±2.0	593±6.0	596±2.0
Final mean weight (g/fish)	1106±22.5 <sup>a</sup>	1023±5.0 <sup>b</sup>	1126±10.0 <sup>a</sup>
Weight gain (%) <sup>1</sup>	85±4.5 <sup>ab</sup>	73±2.5 <sup>b</sup>	89±1.1 <sup>a</sup>
Feed efficiency (%) <sup>2</sup>	81±0.8 <sup>a</sup>	82±0.7 <sup>a</sup>	68±0.7 <sup>b</sup>
Daily feed intake (%) <sup>3</sup>	0.25±0.003 <sup>b</sup>	0.22±0.006 <sup>c</sup>	0.33±0.007 <sup>a</sup>
Protein efficiency ratio <sup>4</sup>	1.48±0.014 <sup>b</sup>	1.65±0.014 <sup>a</sup>	1.08±0.011 <sup>c</sup>
Condition factor <sup>5</sup>	1.15±0.035	1.17±0.005	1.17±0.025
Survival (%)	70±3.6	65±0.0	75±2.7

Values (mean±SEM of two replications) in each row with a different superscript are significantly different ( $P<0.05$ ).

<sup>1</sup>Final body weight - initial body weight) × 100/initial body weight.

<sup>2</sup>Fish wet weight gain × 100 / feed intake (dry matter).

<sup>3</sup>Feed intake (dry matter) × 100 / [(initial fish weight + final fish weight + dead fish weight) × days fed/2].

<sup>4</sup>Fish wet weight gain × 100 / protein intake.

<sup>5</sup>Fish weight × 100 / total length<sup>3</sup>.

VAP500T/ TT125, Germany)을 사용하여 분석하였다. 조지방은 조지방추출기(Velp SER148, Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후 측정하였으며, 조회분은 550°C에서 4시간 동안 회화 후 측정하였다. 사료의 총에너지량은 열량분석기(Parr-6200, USA)를 사용하여 분석하였다. 아미노산은 amino acid analyser(Biochrom 30, England)을 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

부상배합사료 및 습사료로 최초 평균체중 594g의 넙치를 32주 동안 사육한 결과를 Table 3에 나타내었다. 사육기간 동안의 생존율은 65~75% 범위였으며, 실험구 간에 통계적인 차이는 없었다. 최종체중은 EP1과 MP 실험구 간에는 차이가 없었으나, EP2는 EP1 및 MP보다 낮은 결과를 보였다( $P<0.05$ ). 우리나라의 주요 해수 양식어종인 넙치 사육에 적합한 배합사료 개발을 위하여 영양소 요구량(Lee et al., 2000; Lee et al., 2003; Kim and Lee, 2004; Kim et al., 2006) 및 사료원료 이용성(Kim et al., 2000; Park et al., 2003; Jang et al., 2005)에 관한 연구들이 꾸준히 수행되어왔다. Cho et al. (2005) 및 Kim et al. (2006a)의 연구에서 넙치를 대형수조에서 EP와 MP로 10개월 및 8개월간 사육 실험한 결과, EP와 MP간에 성장차이를 보이지 않았으며, Kim et al. (2006b)은 양식장 현장에서 EP와 MP의 사육효능을 비교 평가한 결과, 600g 내외의 크기까지 성장에서 차이가 없는 것으로 나타나서 넙치 사육을 위한 EP의 MP 대체 가능성을 보고한 바 있다. 그리고 최초 체중 600g 전후의 미성어기 넙치를 상품크기인 1kg 이상까지 사육한 본 연구에서도 EP1은 습사료와 비교하여 성장 및 생존율에서 유의한 차이

를 보이지 않았으며, 이러한 결과들은 현재 EP의 장기간 사육시, 혹은 치어기 이후 육성기 및 미성어기의 성장효과가 MP에 비하여 떨어진다는 양어가들의 기존의 생각을 바꾸는데 많은 도움이 될 것으로 판단된다. 또한 본 연구의 사육실험 종료시, 어체의 비만도에서도 EP 실험구와 MP 실험구간에 차이가 없어 양식현장에서 배합사료 사용시 제기되어온 비만도 저하의 문제점을 해소할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서 사육기간 동안의 사료효율은 EP 실험구가 MP 실험구 비하여 높았으나, 일일사료섭취율은 MP가 EP 실험구에 비하여 높게 나타났다. 기존의 연구들에서도 MP 공급구가 EP 공급구에 비하여 사료효율은 낮았으나, 사료섭취율은 오히려 높았다는 결과들이 보고되어 본 연구의 결과와 일치하였으며, 이는 점결력이 낮고 수분 함량이 높은 MP 사료 급이시 수중으로 허실되는 양이 EP에 비해서 많았기 때문인 것으로 추측된다(Cho et al., 2005; Lee et al., 2005). 이와 같이 MP 사료의 급이시 허실로 인한 수질오염 문제뿐만 아니라, 생사료원으로 사용되고 있는 연안자원들의 보호를 위해서도 양식장에서 사용되고 있는 생사료는 배합사료로 전환되어야 할 것이다.

어류의 사료섭취량은 사료내 에너지 함량에 따라 달라질 수 있으며, 일반적으로 사료내 에너지 함량이 증가함에 따라서 사료섭취율은 감소하는 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2000; Lee and Kim, 2005). 본 연구에서 EP2 실험구는 EP1에 비해 일일 사료섭취율이 낮았는데, EP2 사료의 에너지 함량이 EP1 보다 조금 높기는 하지만 이러한 차이에 의해서 사료섭취율이 감소한 것으로 판단하기는 어려우며, 사료 및 각 원료에 대한 소화율 등을 감안하여 상세한 연구가 요망된다.

사료 중에 함유된 비단백질 에너지원인 지질이나 탄수화물의 양이 적합하지 않을 경우, 어류는 정상적인 체내대사 유지에 필요한 에너지를 위하여 사용되는 사료내 단백질량이 증가하게 되지만, 비단백질 에너지원이 적당할 경우 섭취된 단백질 중 성장을 위해 사용되는 부분이 커져 사료효율이나 단백질효

**Table 3.** Proximate composition of dorsal muscle in sub-adult flounder at the end of the feeding trial

	Diets		
	EP1	EP2	MP
Moisture (%)	74.4±0.10 <sup>b</sup>	74.5±0.10 <sup>b</sup>	75.3±0.05 <sup>a</sup>
Crude protein (%)	23.6±0.50 <sup>a</sup>	22.7±0.00 <sup>b</sup>	22.3±0.20 <sup>b</sup>
Crude lipid (%)	0.5±0.00 <sup>b</sup>	1.8±0.00 <sup>a</sup>	0.6±0.05 <sup>b</sup>

Values (mean±SEM of two replications) in each row with a different superscript are significantly different ( $P<0.05$ ).

율이 향상되는 단백질 절약효과가 나타난다(Lee et al. 2002; Kim et al., 2006). 본 연구에서도 EP2는 EP1에 비하여 사료내 단백질 함량은 낮으나 지질 함량을 높인 결과, 사료효율에서는 두 EP 실험구 간에 차이가 없었으며 단백질효율은 오히려 증가하여 단백질 절약효과를 보였다. 이와 같이 EP2의 경우 성장에서는 다소 낮은 값을 보였으나 수질오염 경감 및 사료단가 등을 감안하여 실용 배합사료 제조에 충분히 적용이 가능할 것으로 판단된다.

사육종료 후 실험어 등근육의 일반성분 분석결과를 Table 3에 나타내었다. 등근육의 수분, 조단백질 및 조지질 함량은 실험구 간에 유의한 차이를 보였다. 수분은 MP 실험구가 EP 실험구에 비하여 높았으며, 조단백질 함량은 EP1 실험구가 EP2 및 MP 실험구에 비하여 높았다. 조지질 함량은 EP2 실험구가 EP1 및 MP 보다 유의하게 높았다. Lee and Kim (2005)은 치어기 넙치의 어체 조성이 사료의 영양소 함량에 따라서 차이를 나타내었다고 보고하였으며, 사료내 지질함량 증가는 어체의 지질 함량을 증가시켰다.

이상의 결과로부터, 본 연구에 사용된 EP의 사료조성은 미성어기에서 상품크기의 넙치 사육을 위한 MP 대체 배합사료 개발에 도움이 될 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구는 미성어기 넙치 사육용으로 부상배합사료를 제조하여 습사료와 그 효능을 비교함으로써 넙치 배합사료 개발을 위한 자료를 제공하고자 수행되었다. 최초 평균체중 594g의 실험어를 6개의 15톤 수조에 150마리씩 사료별 2반복으로 수용하여, 실험 부상배합사료 2종류와 습사료를 1일 2회 반복으로 공급하며 32주간 사육하였다. 사육기간 동안의 평균수온은 13.2±4.0°C였다. 생존율은 실험구 간에 유의한 차이가 없었다. 최종체중은 MP 실험구가 EP1과는 차이가 없었으나, EP2 보다는 높았다. 사료효율은 MP 실험구가 EP 실험구보다 낮았으며, 사료섭취율은 MP가 EP 실험구보다 높았다. 실험어의 비만도는 모든 실험구 간에 차이가 없었다. 사육실험 종료 후, 실험어 등근육의 수분, 조단백질 및 조지질 함량은 실험사료에 유의한 영향을 받았다. 이상의 결과로부터, 본 연구에 사용된 EP의 사료조성은 미성어기에서 상품크기의 넙

치 사육을 위한 MP 대체 배합사료 개발에 도움이 될 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 국립수산물품질관리원(배합사료 표준화 및 품질관리 연구, RP-2007-AQ-039)의 지원에 의해 운영되었습니다.

## 참고문헌

- Alam, M. S., S. Teshima, S. Koshio and M. Ishikawa, 2002. Arginine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* estimated by growth and biochemical parameters. *Aquaculture*, 205, 127–140.
- Alam, M. S., S. Teshima, M. Ishikawa, S. Koshio and D. Yaniharto, 2001. Methionine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* estimated by the oxidation of radioactive methionine. *Aquacult. Nutr.*, 7, 201–209.
- Cho, S. H., S.-M. Lee and J. H. Lee, 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, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1–42.
- 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.
- 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.
- 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, Y.-S., B.-S. Kim, T.-S. Moon and S.-M. Lee, 2000. Utilization of defatted soybean meal as a substitute for fish meal in the diet of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J. Kor. Fish. Soc.*, 33, 469–474.
- Kim, K.-D., K.-M. Kim, K.-W. Kim, Y. J. Kang and S.-M. Lee, 2006. 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, K.-D., Y. J. Kang, H. Y. Lee, K.-W. Kim, K.-M. Kim and S.-M. Lee, 2006a. Evaluation of extruded pellets as a growing diet for adult flounder *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.*, 19, 173–177.
- Kim, K.-W., Y. J. Kang, H. Y. Lee, K.-D. Kim, S.-M. Choi, S. C. Bai and H. S. Park, 2006b. Commercial scale evaluation of practical extruded pellet feed for the olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J. Kor. Fish. Soc.* 39, 100–105.
- Lee, S.-M. and K.-D. Kim., 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, 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., I.-G. Jeon, and J. Y. Lee, 2002. Effects of digestible protein and lipid levels in practical feed on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*). Aquaculture, 211, 227–239.
- 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., 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.
- Park, S.-U., M. G. Kwon, Y.-H. Lee, K.-D. Kim, I.-S. Shin and S.-M. Lee, 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.

---

원고 접수 : 2008년 2월 27일

심사완료 : 2008년 5월 17일

수정본 수리 : 2008년 5월 18일