

## 육성기 조피볼락 성장을 위한 부상배합사료의 효능 평가

김경덕\*, 강용진, 이종윤, 김강웅, 이해영, 김경민<sup>1</sup>, 이상민<sup>2</sup>  
국립수산과학원 양식사료연구센터, <sup>1</sup>제주수산연구소, <sup>2</sup>강릉대학교 해양생명공학부

### Evaluation of Extruded Pellets for Grower Korean Rockfish *Sebastes schlegeli*

Kyoung-Duck Kim\*, Yong Jin Kang, Jong Yun Lee, Kang-Woong Kim, Haeyoung Moon Lee,  
Kyong-Min Kim<sup>1</sup> and Sang-Min Lee<sup>2</sup>

*Aquafeed Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Pohang 791-923, Korea*  
<sup>1</sup>*Jeju Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Jeju 690-192, Korea*  
<sup>2</sup>*Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea*

This study was conducted to evaluate extruded pellet for the growth of grower Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. Two replicate groups of 150 fish per each tank (initial mean weight 112 g) were fed one of four experimental extruded pellets for 8 months. Survival was 100% in all groups. Final mean weight, feed efficiency and protein efficiency ratio, feed intake and hepatosomatic index were not significantly different among all groups. Proximate compositions of the whole body and liver were not significantly different among all groups. It can be concluded that the dietary formulation used in four extruded pellets could be applied in the practical extruded pellet for grower Korean rockfish.

**Keywords:** Extruded pellet, Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*, Growth

### 서 론

우리 나라의 해산어류 양식 총생산량은 최근 연간 10만 톤에 달하고 있으며, 주로 넙치 및 조피볼락 위주로 이루어지고 있다. 해산어 양식에 사용되고 있는 배합사료 및 생사료의 총 사용량은 47만톤이며, 이중 생사료가 80% 내외를 차지하는 실정이다(Kim, 2005).

배합사료는 생사료와 비교하여 양식대상종의 영양소 요구를 충족시킬 수 있는 영양학적으로 균형있는 사료로 만들 수 있으며, 보관, 취급 및 수송이 용이할 뿐만 아니라 인건비를 절감할 수 있다. 또한 생산량을 쉽게 조정하여 기간별 계획생산이 가능하므로 공급과 가격이 안정적이다. 반면, 양어가들이 조피볼락과 같은 해산어 양식을 위하여 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. 그러나 생사료는 배합사료와 비교하여 상품 출하시기를 1-3개월 정도 앞당길 수 있으며, 생산원가가 낮기 때문에 양식현장에서는 여전히 생사료를 선호하고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 양식 현장에서 신뢰할 수 있는 고품질 실용배합사료를 개발하여 양식 생산성을 높이는 반면, 어분 대체 사료원료 개발 등을 통해 사료가격을 지속적으로 낮출 수 있도록 해야 한다.

그 동안 조피볼락 배합사료 개발에 필요한 자료를 축적하기 위하여 단백질, 지질 및 필수지방산과 같은 영양소 요구량과 사료원료 이용성에 관한 연구들이 활발하게 수행되어 왔으며(Lee et al. 1993, 2002; Lee, 2001; Lee and Lee, 2005), 또한, 조피볼락 양식 현장에서 주로 사용되고 있는 생사료와 배합사료의 사육효과 비교 연구를 통하여 배합사료로의 생사료 대체 가능성이 보고되어 왔다(Lee et al., 1995; Lee and Jeon, 1996a, 1996b). 그래서 본 연구는 기존에 수행된 조피볼락에 관한 사료 연구 결과들을 토대로 하여(Lee et al., 1993, 2002; Lee, 2001; Lee and Lee, 2005), 육성기 조피볼락 사육용으로 부상배합사료를 제조하여 사육효과를 조사함으로써 조피볼락 실용배합사료 설계를 위한 자료를 제공하고자 수행되었다.

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

## 재료 및 방법

### 실험사료

실험사료는 기존에 수행된 조피볼락의 영양소 요구를 토대로 하여 4종류의 부상배합사료(EP1-EP4)를 설정하였다(Table 1). 실험사료의 원료들은 시판 상품사료에 주로 사용되고 있는 원료로 선정하였다. 단백질원으로 고등어어분, 참치어분, 멸치어분, 밀글루텐, 대두박, 콘글루텐밀, 크릴밀 및 오징어간분을 사용하여 단백질 함량이 50% 전후가 되도록 하였으며, 지질원으로는 어유를, 탄수화물원으로 소맥분을 각각 사용하였고, 사료회사에 의뢰하여 부상배합사료의 형태로 제조하였다. 고등어 어분만을 어분원으로 사용하여 조단백질이 50%가 되도록하고 어유를 첨가하여 조지질 함량이 9%가 되도록 한 EP1을 대조사료로 하였으며, EP2는 어분 종류별 이용성을 조사하기 위하여 고등어어분, 참치어분 및 멸치어분을 혼합하여 사용하였다. EP3은 어분함량을 감소시키는 대신 어유 함량을 증가하여 지질 함량이 13%가 되도록 하였으며, EP4는 대두박과 크릴밀의 함량을 증가시켰다.

### 실험어 및 사육관리

실험어는 경북 포항소재 가두리 양식장에서 운반하여 국립수산물과학원 양식사료연구센터의 8톤 콘크리트 수조에 수용한 후 2달 동안 실험환경에 적응을 시켰다. 적응기간 동안 실험어에는 상업용 사료를 1일 1회 공급하였다. 사육실험은 총 8개의 8톤 콘크리트 수조에서 실시하였다. 예비 사육하던 실험어 중 외형적으로 건강한 실험어(평균체중: 112 g)를 무작위로 추출하여 각 수조에 150마리씩 사료별 2반복으로 재수용한 후, 1주

일에 6일 동안 매일 1회 (16:00) 사료를 만복 공급하며 2005년 1월에서 8월까지 8개월간 사육하였다. 실험 개시시와 종료시 측정 전일 실험어를 절식시킨 후, 각 실험수조에 수용된 실험어의 전체무게를 측정하였다. 각 수조의 사육수는 환수율이 1일 16회전 정도가 되도록 조절하여 주수하였다. 매일 오후 1시에 사육수의 60~70% 정도를 환수하여 청소하였고, 사육기간 동안의 수온은 9~26°C 범위였으며, 평균수온은 15.0±4.3°C였다.

### 성분분석

어체 성분분석을 위하여 실험종료시 각 실험수조에서 10마리를 시료로 취하여 냉동보관(-25°C)하였다. 실험사료 및 어체의 수분은 105°C에서 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°C의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정하였다. 사료의 총에너지량은 열량분석기(Parr-6200, USA)를 사용하여 분석하였다.

### 통계처리

결과의 통계처리는 SPSS program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시하여 평균간의 유의성( $P < 0.05$ )을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

사육기간 동안 EP2와 EP4의 실험구에서 1마리씩의 폐사어

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

	Diets			
	EP1	EP2	EP3	EP4
<b>Ingredients (%)</b>				
Mackerel fish meal	57.0	24.0	46.2	52.0
Tuna fish meal		10.0		
Anchovy fish meal		24.0		
Wheat gluten	4.0	4.0	2.5	2.0
Soybean meal	4.0	4.0	5.0	7.0
Corn gluten meal	3.0	2.0	3.0	2.0
Krill meal	2.5	2.9	5.0	5.0
Squid liver powder	3.0	4.0	3.0	2.5
Fish oil	5.0	4.0	10.0	5.0
Wheat flour	14.0	14.0	16.0	14.6
Others	7.5	7.1	8.8	8.9
<b>Nutrient contents</b>				
Dry matter (%)	90.7	93.8	93.9	95.4
Crude protein (%)	49.5	51.2	51.0	51.6
Crude lipid (%)	9.2	10.0	13.2	10.3
Ash (%)	11.2	12.3	10.5	10.7
Gross energy (cal/g)	4737	4901	5178	5020

가 발생하였을 뿐, 모든 실험구에서 100%의 생존율을 보였다. 최초 평균체중 112 g 이었던 실험어는 8개월 후인 실험 종료시에는 210 g 전후였으며, 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었다(Table 2). 사료효율, 단백질효율, 사료섭취율 및 간중량지수 모두 실험구간에 통계적인 차이가 없었다. 조피볼락은 적정 사육수온의 범위가 타 어종에 비하여 넓고, 연간 수온 11~25°C 범위에서는 체중 200 g 까지는 직선적으로 체중이 증가하는 것으로 알려져 있으며(Lee et al., 1995), 또한, 딱딱한 형태의 건조사료도 잘 받아먹는 것으로 보고되었다(Lee et al., 1996). Lee and Jeon (1996a)의 연구에서 최초체중 125 g 전후의 조피볼락을 실험 배합사료로 15주간 사육한 결과, 증체량은 53~63 g의 범위였으며, 본 연구는 이에 비하여 다소 낮은 성장결과를 보였다. 이러한 결과는 본 연구의 사육기간 동안 수온 11°C 이하의 저수온이 상당기간(45일)을 차지하여 성장이 다소 둔화되었기 때문인 것으로 추측된다. 그러나 본 연구의 모든 실험구에서 높은 생존율을 보였으며, 기존의 연구와 비교하여 성장결과가 다소 낮기는 하였으나 그 차이가 작은 것으로 볼 때, 본 연구에 사용된 실험사료 조성은 육성기 조피볼락 사육을 위한 실용사료의 조성으로 사용하여도 적합할 것으로 판단된다.

어류는 사료 중에 함유된 비단백질 에너지원인 지질이나 탄

수화물의 양이 충분하지 않을 때 체내대사 및 유지에 필요한 에너지를 충당하기 위하여 단백질을 분해하지만, 비단백질 에너지원이 적당할 경우 섭취된 단백질 중 성장을 위해 사용되는 부분이 커지므로 사료효율이나 단백질효율이 향상되어 단백질 절약효과가 나타난다(Stickney and Andrews, 1972; Lee et al. 2002). 지질 함량을 7%와 14%로 달리한 사료로 치어기 조피볼락을 사육한 결과, 14% 지질 실험구가 7% 지질 실험구에 비해 성장과 사료효율이 증가하였다고 Lee et al.(2002)은 보고하였으나, 육성어를 대상으로 한 본 연구에서는 지질증가에 따른 개선효과는 나타나지 않았다. 이러한 차이는 어체 크기나 사육 환경에 의한 것으로 생각되나, 상세한 연구가 요망된다.

본 연구에서 실험사료의 주단백질원으로 고등어어분을 사용한 EP1은 고등어어분, 참치어분 및 청어어분을 혼합하여 사용한 EP2 실험구와 성장 및 사료효율에서 차이를 보이지 않았다. 조피볼락의 어분 이용성에 관한 기존의 연구(Lee et al., 1996)에서 사료의 단백질원으로 북양어분과 갈색어분의 비율을 달리한 사료로 어체중 87 g의 조피볼락을 사육한 결과, 성장 및 영양소 이용률에 차이가 없었다고 보고하여 본 연구결과와 유사하였으나, 치어기 조피볼락(5.7 g)의 경우 북양어분 실험구가 갈색어분 실험구에 비해 높은 성장 및 사료효율을 보여, 어체 크

**Table 2.** Growth performance of grower rockfish fed the extruded pellets 8 months

	Diets			
	EP1	EP2	EP3	EP4
Initial mean weight (g/fish)	112±1.0	115±2.5	111±0.0	110±1.5
Final mean weight (g/fish)	218±6.5	216±3.0	210±3.5	210±1.5
Feed efficiency (%) <sup>1</sup>	61±1.1	59±2.8	60±2.1	60±2.4
Protein efficiency ratio <sup>2</sup>	1.11±0.02	1.08±0.05	1.10±0.04	1.11±0.04
Feed supply (kg/tank)	24.7±0.2	24.2±0.8	23.9±0.6	23.8±0.2
Daily feed intake <sup>3</sup>	0.43±0.001	0.42±0.010	0.43±0.004	0.42±0.002
Hepatosomatic index <sup>4</sup>	2.55±0.195	2.31±0.255	2.75±0.265	2.33±0.030
Survival (%)	100±0.0	100±0.4	100±0.0	100±0.4

Values are mean±SEM of two replications.

<sup>1</sup>Fish wet weight gain × 100 / feed intake (dry matter).

<sup>2</sup>Fish wet weight gain/protein intake.

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

<sup>4</sup>(Liver weight × 100) / body weight.

**Table 3.** Proximate compositions of the whole body and liver in grower rockfish at the end of the feeding trial

Diets	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)
Whole body			
EP1	64.7±1.23	18.2±0.44	10.5±0.13
EP2	64.4±0.78	18.3±0.09	11.2±0.64
EP3	64.6±0.46	17.8±0.23	11.5±0.79
EP4	64.0±0.47	17.6±0.14	11.8±0.56
Liver			
EP1	49.5±0.01	9.4±0.31	24.2±1.93
EP2	51.0±3.29	8.9±0.38	22.7±1.11
EP3	52.3±0.36	9.2±0.96	20.8±1.91
EP4	51.7±2.15	9.5±0.23	21.5±0.27

Values are mean±SEM of two replications.

기에 따른 어분종류별 이용성에 차이를 보였다. 그러나 넙치의 경우, 치어 및 성어 모두 사료에 사용된 어분 종류에 따라서 성장 및 사료효율에 차이를 나타내었다(Jang et al., 2005; Kim et al., 2006). 일반적으로 어분의 품질은 원료의 신선도, 생산지 및 가공방법 등에 따라서 변동하기 쉽고, 양식어의 성장 및 사료 효율에 많은 영향을 미칠 수 있다. 따라서 양식 사료의 원료로 사용할 경우, 어분의 가격 및 품질 등을 감안하여 사료의 질적 개선과 원가 절감을 신중히 고려하여야 할 것이다.

사육실험 종료 후, 실험어의 등근육, 간 및 전어체의 일반성분 분석 결과를 Table 3에 나타내었다. 전어체와 간의 수분, 단백질 및 지질 함량 모두 실험구간에 차이가 없었다.

조피볼락 실용배합사료 개발을 위하여 수행한 본 실험결과로 볼 때, 본 연구에 사용된 실험사료 조성은 육성기 조피볼락 양식을 위한 실용사료의 조성으로 사용하여도 손색이 없을 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구에서는 육성기 조피볼락 사육용으로 부상배합사료의 효과를 조사하기 위하여 평균 체중 112 g의 조피볼락을 8개월간 사육하였다. 실험사료로 4종류의 부상배합사료를 준비하여 1일 1회 반복으로 공급하였다. 사육실험 결과, 생존율은 모든 실험구에서 100%로 양호하였다. 성장률, 사료효율, 단백질효율, 사료섭취율 및 간중량지수 모두 각 실험구간에 유의한 차이가 없었다. 사육실험 종료시, 전어체와 간의 일반성분도 모든 실험구간에 차이가 없었다. 이상의 결과로 볼 때, 본 연구에 사용된 실험사료 조성은 육성기 조피볼락 양식을 위한 실용사료의 조성으로 사용하여도 좋을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 해양수산부 수산특정연구개발사업의 연구비 지원에 의한 것이며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1-42.
- 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., Y. J. Kang, H.Y. Lee, K.-W. Kim, K.-M. Kim and S.-M. Lee, 2006. Evaluation of extruded pellets as a growing diet for adult flounder *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.*, 19, 173-177.
- 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.
- Lee, S.-M. 2001. Review of the lipid and essential fatty acid requirements of rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aqu. Res.* 32, 8-17
- Lee, Y. and S.-M. Lee, 2005. The use of meat meal as a dietary protein source replacing fish meal in juvenile rockfish *Sebastes schlegeli*. *J. Aquacult.*, 18, 92-97.
- Lee, S.-M. and I.-G. Jeon, 1996a. Evaluation of dry pellet on growth of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) by comparing with moist pellet and raw fish-based moist pellet. *J. Aquacult.*, 9, 247-254.
- Lee, S.-M. and I.-G. Jeon, 1996b. Evaluation of experimental formulated diets and commercial diets for growing Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *J. Aquacult.*, 9, 377-384.
- Lee, J. Y., Y. J. Kang, S.-M. Lee and I.-B. Kim, 1993. Protein requirement of the Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. *J. Aquacult.*, 6, 13-27.
- Lee, J. Y., S.-M. Lee, and I.-G. Jeon, 1995. Effects of a practical Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) diet ; Comparison with raw fish and moist pellet diet. *J. Aquacult.*, 8, 261-269.
- Lee, S.-M., I.-G. Jeon, and J. W. 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., 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., 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.
- Stickney, R. R. and J. W. Andrews, 1972. Effect of dietary lipids on growth, food conversion, lipid and fatty acid composition of channel catfish. *J. Nutr.*, 102, 249-258.

원고접수 : 2008년 2월 27일

심사완료 : 2008년 5월 17일

수정본 수리 : 2008년 5월 18일