

넙치 실용배합사료 동해안 현장적용시험

김강웅[†] · 허셋별 · 김경덕 · 손맹현 · 박민우 · 배승철*
(국립수산과학원 · *부경대학교)

A commercial farm feeding trial to evaluate the laboratory formulated extruded pellet for olive flounder in the East Sea

Kang-Woong KIM[†] · Saet-Byeol HEO · Kyoung-Duck KIM · Maeng-Hyun SON · Min-Woo PARK · Sungchul C. BAI*

(National Fisheries Research & Development Institute, *Pukyong National University)

Abstract

This study was conducted to evaluate the laboratory formulated extruded pellet (EP) for olive flounder *Paralichthys olivaceus* in the East Sea. Three replicate groups of 3,200 fish per each tank (initial weight of 28.1 ± 0.2 g) were fed one of the two EPs (EP and CEP) and Moist pellet (MP) for 16 months in a commercial farm (Pohang, Korea). Survival was not significantly affected by experimental diets ($P > 0.05$). Weight gain and specific growth rate of fish fed the EP were not significantly different from those of fish fed the MP, but that of fish fed CEP was significantly lower than that of fish fed EP and MP ($P < 0.05$). Feed efficiency and protein efficiency ratio of fish fed the EP was significantly higher than those of fish fed MP ($P < 0.05$), but not significantly different from those of fish fed CEP ($P > 0.05$). The Contents of moisture, crude protein and crude lipid in the dorsal muscle were not significantly different among all groups ($P > 0.05$). These results clearly indicated that the laboratory formulated extruded pellet used in this study can be developed to replace the moist pellet without affecting any growth performance of olive flounder in the commercial farm feeding trail.

Key words : Olive flounder, Extruded pellet, Moist pellet, Farm feeding, Practical feed

I. 서론

우리나라의 넙치 양식장의 분포는 제주도, 전라도 및 완도 남해안 지역이 대부분을 차지하고 있으며 그에 비하면 다소 적은 양지만 동해안 지역도 상당량을 차지하고 있다. 동해안 지역의 연중수온은 제주도나 타 지역에 비해 낮아 넙치의

성장도가 저조한 편이다. 제주지역이 1년 만에 적정상품사이즈인 1kg를 생산해 출하하는 반면, 동해안 지역은 그보다 늦은 1년 2개월에서 1년 6개월까지 걸려 출하하는 실정이다. 이로 인해 타 지역에 비해 양식 경쟁력이 떨어진다. 이런 실정의 동해안 양식 환경에 있어 사료의 중요성은 무한하다고 할 수 있다. 어류 양식에 있어 사료는

[†] Corresponding author : 054-232-5433, kwkim@nfrdi.go.kr

* 본 연구는 국립수산과학원(고효율 배합사료 개발 및 실용화 연구, RP-2008-AQ-167)의 지원에 의해 운영되었음.

어류의 성장과 체내대사에 영향을 미치는 주요한 요인(Smith, 1935; Brown, 1957)이다. 사료비가 어종별로 차이는 있지만 양식 생산단가의 30~60%를 차지하는 것을 보아서도 사료 영양의 중요성을 알 수 있다(NRC, 1993). 우리나라 연간 배합사료 생산량은 담수어가 약 2만 6천톤, 해산어가 약 7만 4천톤에 이른다. 이중 넙치 배합사료의 생산량은 연간 1만5천 톤으로 국내 양어사료 생산량의 약 15%를 차지하고 있다. 국내 상업용 넙치 배합사료를 생산하는 회사는 90년대 중반부터 생겨나기 시작하여 현재 7~8개 정도의 회사에서 치어기 부터 성어기 까지 전 단계의 배합사료를 생산하여 판매하고 있다. 하지만, 약 90% 이상의 넙치양식장에서는 고등어, 까나리, 전갱이, 곤쟁이 등 냉동형태의 잡어를 3~5% 분말사료와 첨가제를 혼합하여 습사료 형태로 제조해 넙치에 공급하여 사육하고 있는 실정이다. 습사료는 수급불균형, 시설유지비 등의 부담과 수질오염의 가중, 영양불균형 및 장기간 냉동보관에 따른 영양소 파괴와 산패증가로 인한 질병발생의 문제점을 가지고 있다. 이에 비해 배합사료는 습사료에 비해 절반도 안 되는 작업량과 인건비 절약 및 각종 시설경비 절약, 영양학적으로 균형 잡힌 사료로 만들 수 있고, 보관과 취급이 용이하고, 공급과 가격이 안정적이다. 이와 같이 배합사료는 많은 장점이 있음에도 불구하고 양식장에서 습사료를 계속 사용하는 이유는 배합사료로 사육된 넙치는 출하시 상품성이 떨어지고(비만도), 성장 저하로 출하시기가 1~3개월 늦어지고, 생산원가가 습사료에 비해 높기 때문이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 양식 현장에서 신뢰할 수 있는 고품질배합사료 개발과 더불어 실제양식현장에서 습사료와의 비교 사육실험을 통해 그 효과를 증명하고 평가하는 것이 중요하다고 볼 수 있다.

그래서 본 연구에서는 습사료를 대체하여 사용할 수 있는 고품질의 실용배합사료를 개발하기 위하여 넙치의 영양요구 및 사료원료 이용성에

관한 기존의 연구결과들을 토대로 배합사료를 설계, 제조하여 동해안 지역의 양식장 현장에서 치어부터 상품크기까지 약 16개월간의 현장적용 실험을 실시하였다.

II. 연구내용 및 방법

1. 실험사료 및 실험설계

실험사료는 기존의 넙치의 영양요구량 연구결과(Kim et al., 2002; Kim et al., 2004; Lee et al., 2000, 2002, 2003)를 고려하여 설계한 부상배합사료(EP), 상품배합사료(CEP) 및 습사료(MP) 총 3 종류의 실험사료를 설정하였으며(Table 1), 단백질원으로는 어분, 대두박, 콘글루텐밀, 오징어간분을 사용하였고, 지질원으로는 어유, 탄수화물원으로는 소맥분을 사용하였다. 이 외에 사료첨가제로서 해조분말, 효모, 항산화제, 콜린, 효소 및 레시틴 등을 사용하였다. 넙치의 성장단계별로 단백질과 지질 함량을 달리하여 영양기준에 맞게 설계하였다. 조단백질 함량은 넙치가 성장함에 따라 조금씩 낮추었으며, 조지질 함량은 넙치가 성장함에 따라 점차적으로 증가시켰다. 실험배합사료(EP)는 사료회사에 의뢰하여 제작(5~15mm)하였고, 실험EP사료 외에 대조 사료로서 S사료부터 구매한 4~15mm 크기별 시판 상품사료(CEP)와 습사료(MP)를 사용하였다. 습사료는 냉동고등어 및 잡어 등의 생사료와 분말사료를 9:1의 비율로 혼합하여 제조(6~15mm)하였다.

2. 실험어 및 사육관리

실험어는 경북 포항소재의 청양수산에서 사육 중인 약 22g의 넙치를 6×6m 콘크리트 수조(30톤)에서 실험 환경에 적응 할 수 있도록 배합사료로 약 2주간 예비사육 하였다. 사육 후 실험어는 평균무게 28.1 ± 0.2g (mean ± SD)인 치어기 넙치를 3200미씩(90 kg) 실험구당 2반복으로 무

작위로 배치하였다. 에어스톤으로 산소를 공급하였으며, 사육수의 유수량은 1일 45회전, 분당 0.5톤이었고, 수량은 14.7ton 내외였다. 용존산소량의 측정은 급이전 8ppm, 급이 후 7.5ppm이었고, 유입수는 8.5ppm, 배출수는 7ppm이었다. 사육기간 동안의 수온은 7.0 ~ 27.4°C였으며, 평균 수온은 18.7±3.5°C 였다. 배합사료는 사료 1kg 당 물 150g을 흡착 시킨 후 공급하였다. 실험사료는 1일 2회 반복 공급하였으며, 사육수온 24.5°C 이상에서는 제한 공급 하였고, 25.5°C 이상에서는 사료를 공급하지 않았다. 사육수온 10°C 이하에서는 오후 1회 사료를 공급하였다. 사육실험은 약 16개월(2005년 8월 1일 ~ 2006년 11월 24일)간 수행하였다.

<Table 1> Ingredients and nutrient contents of experimental diets

Ingredients (%) ¹	Diets				
	EP (juvenile)	EP (grower)	EP (adult)	CEP ⁴ MP	
White fish meal	64.0	59.0	54.0		
Corn gluten meal	8.0	7.5	7.5		
Wheat flour	11.1	17.6	22.8		
Squid liver oil	6.1	7.0	8.0		
Krill meal	4.0	3.0	2.3		
Kelp meal	3.0	2.5	2.0		
Vitamin premix ²	1.0	1.0	1.0		
Mineral premix ²	1.0	1.0	1.0		
Others ³	1.8	1.4	1.4		
Raw fish				90	
Binder meal				10	
Proximate analyses (% dry matter basis)					
Moisture	8.5	8.7	8.5	7.9	68.2
Crude protein	54.5	52.3	50.2	52.1	61.8
Crude lipid	10.1	12.2	14.1	11.6	12.1
Crude ash	10.9	10.8	10.9	10.3	8.9

¹ Provided by Suhyup Feed Co., Kyong-Nam, Korea.

² Premix (mg/kg) : KI 250, MnSO₄·H₂O 2800, ZnSO₄·H₂O 2350, vitamin K 225, biotin (2%) 3500, niacin 4850, calcium pantothenate 11000, folic acid 2000, vitamin B₁ 1500, vitamin B₂ 2000, vitamin B₆ 2000 and vitamin C 50000.

³ Anti-oxidant, glucan, gelatin, betaine, choline, wheat flour, lecithin and enzyme.

⁴ Purchased from S Co. Ltd.

3. 어체측정

성장도 조사를 위해 2개월 간격으로 어체측정을 실시하였으며, 측정 하루전 24시간 절식시킨 후 각 수조 당 100마리씩 무작위로 측정하였다. 실험어는 성장에 따라 무게측정 후 선별, 이동하였다. 사육실험 종료 시에는 각 수조에 수용된 실험어 전체무게를 측정하였으며, 증체율, 사료효율, 일간성장률, 단백질전환효율 및 생존율을 조사하였다.

4. 성분분석

분석용 시료로 각 수조에서 실험어를 5마리씩 무작위로 채취하였다. 실험사료와 실험어 등근육의 일반성분 분석은 AOAC(Association of Official Analytical Chemists, 2000) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(105 °C, 6시간), 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조회분은 직접회화법(550°C, 4시간)으로 분석하였다. 조지방은 에테르를 사용하여 조지방 추출장치(Velp, Italy)로 분석하였다.

5. 통계처리

Computer Program Statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul MN, USA)로 분산분석 (ANOVA test)을 실시하여 최소유의차검정 (Least significant difference)으로 평균간의 유의성 (P<0.05)을 검정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

16개월 동안 양식장 현장 적용시험 결과를 Table 2에 나타내었다. 생존율은 모든 사료구에서 유의적인 차이는 보이지 않았으나, 습사료구가 가장 높은 값을 보였다. 최종 체중은 습사료가 1,077g, 실험배합사료 1,047g, 상품사료 1,016g 순으로 각각 30g씩 차이가 났지만 유의적인 차이는

없었다. 증체율 및 일간성장율은 실험배합사료와 습사료 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 상품사료는 낮은 결과를 보였다($P < 0.05$). 사료 효율 및 단백질전환효율은 실험배합사료는 상품사료와 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았으나($P > 0.05$), 습사료 보다는 높았다. 상기 결과는 실험에 사용된 실험사료가 기존에 수행된 넙치의 필수영양소 요구에 관한 결과들을(Lee et al., 2000; Kim and Lee, 2004) 토대로 하여 설계하고, 제조되어 넙치의 성장에 필요한 영양소를 고루 함유하였기 때문으로 판단된다. Cho et al.(2005)은 대형수조에서 넙치를 배합사료와 습사료로 10개월간 사육 실험한 결과, 배합사료와 습사료 간에 성장차이가 없었다고 보고하였다. 또한 Kim et al.(2006)의 연구에서는 양식장 현장에서 넙치 양식을 위하여 배합사료와 습사료의 사육효능을 비교 평가한 결과, 600g 내외의 크기까지 성장에서 차이가 없는 것으로 나타나, 넙치 사육을 위한 배합사료의 습사료 대체 가능성을 보고한 바 있다. 그리고 치어기 부터 넙치를 적정상품크기인 1kg 이상까지 사육한 본 연구에서도 실험배합사료는 습사료와 비교하여 성장 및 생존율에서 유의한 차이를 보이지 않고, 1kg 이상으로 성장하였으며, 현장에서 실제 출하 적정 사이즈인 1kg 사이즈 까지 걸리는 기간은 배합사료로만 키웠을 때 동해안 지역의 경우 15개월만에도 가능할 것으로 나타났다. 이러한 결과들은 현재 배합사료의 장기간 사육시, 혹은 치어기 이후 육성기 및 미성어기의 성장효과가 습사료에 비하여 떨어진다는 양어가 들의 기존 생각을 바꾸는데 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

본 실험 기간 중 동해안 지역의 연중 사육수온 변화범위는 7°C~27.4°C로 조사되었고, 제주 지역의 연중 사육수온 변화범위가 13°C~24°C로 조사되었다. 동해안 지역의 연중 실질적인 성장에 적합한 수온(15°C 이상)의 기간은 5월 중순에서 12월초까지 7개월 정도로 나타났는데, 그에 반해 조사한 바에 의하면 제주지역은 거의 12개월 동

안 넙치의 성장에 적합한 수온이 유지되는 것으로 나타났다. 이로 보아 동해안 지역과의 출하시기가 4개월 정도 차이가 나타남을 확인할 수 있었다.

배합사료구는 600g 이상에서부터 가장 큰 사이즈인 15호(15mm)사료를 공급하기 시작했다. 습사료의 15mm는 배합사료의 같은 사이즈라도 크기에서는 큰 차이가 있다. 배합사료 입자는 둥근 타원형이지만, 습사료는 원기둥형인데, 같은 사이즈를 비교 하였을 때 습사료의 크기는 배합사료를 여러 개 합친 것 보다 더 크다. 넙치가 1kg 가까이 성장했을 때 이미 배합사료 15호 사이즈는 넙치가 섭취하기에 작은 크기였다. 현장에서는 2kg~3kg 사이즈까지 사육해서 출하하는 양식장도 많이 있기 때문에 앞으로 배합사료의 완전전환을 대비하여 미성어기 이후의 사료입자를 15mm 뿐만 아니라 20mm 이상의 입자도 개발해야 한다고 판단된다.

실험 초기 에드워드 질병의 발생으로 한 달 정도 제한 급이를 하였다. 병의 발생으로 최초 3일간 절식시켰으며, 에드워드 질병에 감수성이 있는 약제를 투여 하였다. 약제 투여 기간 중에는 약제 용법에 따라 제한 급이를 하였는데, 초기 폐사가 수조당 5~10마리씩 발생하다 가장 많은 폐사가 일어나던 때의 양은 수조당 15~30마리까지 발생하였다. 약제 투여 후 습사료구의 폐사량은 절반 정도 줄었으나 배합사료구들의 폐사량은 거의 변동이 없었다. 이 후, 수온이 20°C 이하로 저하됨에 따라 폐사량은 감소하였으며, 이 기간 동안 폐사량이 전체 폐사량의 40%를 차지했다. 급후 에드워드 질병 발생시 폐사량 감소를 위한 사료물성 및 사료급이 방법 등의 사육관리 방안에 대한 연구들이 수행되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구에서 사료효율은 배합사료실험구가 습사료구에 비하여 높은 경향을 보였다. 넙치를 대상으로 기존에 수행된 배합사료 및 습사료 비교 연구들(Kim et al., 2005; Lee et al., 2005)에서도

습사료구가 배합사료구에 비하여 사료효율은 낮았으나, 사료섭취율은 습사료구가 오히려 높았다는 결과들이 보고되어 본 연구결과와 일치하였으며, 이는 Lee et al.(2005)이 언급한 바와 같이 점결력이 낮고 수분 함량이 높은 습사료 급이시 수증으로 허실되는 양이 배합사료에 비해서 많았기 때문인 것으로 판단된다. 그리고 본 연구에서 사료를 반복으로 공급하는데 소요되는 시간은 수온별로 차이는 있었지만, 습사료구가 보통 40~50분 소요되었고, 배합사료구가 20~30분 걸렸다. 또 사육수조 환경에 있어서도 사료 찌꺼기가 발생하지 않는 배합사료구의 사육수조는 습사료구의 사육수조에 비해 청결함을 확인 할 수 있었다. 이것으로 볼 때 배합사료로 넙치를 사육할 경우, 사육수조 청소 횟수 감소, 급이시간 단축 및 급이 준비에 소요되는 작업량 감소 등은 배합사료의 장점이 될 것이다. 본 연구에서 양어장에서 생사료와 첨가제를 구입한 가격에 제조 및 냉동보관 비용을 합하여 계산된 MP의 사료비는 600원/kg 이었으며, 사료회사에 의뢰하여 제조한 시험사료 및 시판되는 상품사료의 사료비는 각각 2,200원, 2,100원이었다(Table 3). MP 공급구의 어체 kg 생산비용이 EP 공급구보다 100~150원 높아 EP 공급이 경제적으로 나타났으며, 사육시기, 생산지, 사료종류 및 사료가공방법 및 사육환경 등의 요인에 따라 차이가 있으므로 정확한 자료를 위하여 더 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

현장 사육실험 종료 시, 실험어 등근육의 일반성분을 분석한 결과(Table 4), 조단백질 및 조지질 함량은 모든 실험구간에 차이가 없었다. Kim et al.(2006)의 연구에서도 배합사료 및 습사료로 사육된 600g 전후 넙치의 등근육 일반성분은 차이를 보이지 않아 본 연구결과와 유사하였다.

이상의 결과로부터 넙치를 배합사료만으로 치어에서 상품크기까지 동해안 양식현장에서 사육하는데 문제가 없었으며, 생사료와 비교하여 성장에 차이가 없었고 사료효율도 우수하여 본 실용배합사료의 산업화 보급이 충분히 가능 할 것

으로 판단된다. 최근 정부의 환경친화형 배합사료에 대한 지원정책 및 상품사료의 품질향상 등으로 배합사료 사용량은 점차적으로 늘어나고 있으며, 앞으로 배합사료 직불제 정책의 확대시행으로 양식현장에서 그 사용량이 확연하게 늘어날 것으로 생각된다. 이를 위해 양식 현장에서 신뢰할 수 있는 고품질 실용배합사료 개발 연구를 계속해서 수행하고, 고가의 어분 및 어유 대체를 위한 경제적인 대체사료원료 개발에 관한 연구들이 지속적으로 수행된다면 양식현장에서 배합사료로 완전 사육하는데 문제가 없음을 물론이고, 양식업의 경쟁력 측면에서도 획기적인 전환을 가져올 것으로 판단된다.

<Table 2> Growth performance of olive flounder fed the experimental diets for 16 months

	Diets		
	EP	CEP	MP
Initial weight (g/fish)	28.1	28.2	28.1
Survival (%)	69.2 ^a	68.8 ^a	74.5 ^a
Final weight (g/fish)	1,047	1,016	1,077
Weight gain (%) ¹	3,623 ^a	3,513 ^b	3,729 ^a
Specific growth rate (%) ²	2.11 ^a	1.98 ^b	2.13 ^a
Feed efficiency (%) ³	81.7 ^a	74.0 ^{ab}	70.4 ^b
Protein efficiency ratio (%) ⁴	1.68 ^a	1.57 ^{ab}	0.99 ^b

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

¹ (Final body weight - initial body weight) × 100 / initial body weight.

² $[(\log_e \text{ final weight} - \log_e \text{ initial weight}) / \text{days}] \times 100$.

³ Fish wet weight gain × 100 / feed intake (dry matter).

⁴ Fish wet weight gain × 100 / protein intake.

<Table 3> Production cost by feed efficiency of the experimental diets

Diets	Feed price(won/kg feed, DM)	Feed efficiency	production cost/kg fish
EP	2,013	81.7	2,464
CEP	1,934	74.0	2,614
MP	1,908	70.4	2,710

<Table 4> Proximate composition of dorsal muscle in flounder at the end of the feeding trial

Diets	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)
EP	73.8±1.31	23.9±0.39	0.43±0.05
CEP	73.8±0.19	23.5±0.85	0.41±0.17
MP	75.4±0.74	22.6±0.62	0.52±0.05

Value (mean±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

참고 문헌

- AOAC(Association of Official Analytical Chemists)(1984). Official Methods of Analysis, 16th edition. AOAC International, Arlington, Virginia.
- Brown, M.E.(1995). "Experimental studies on growth", (in) M.E. Brown (ed), "The Physiology of Fishes". Vol. I. Academic Press. New York, 361~400.
- Cho, S.H. · S.M. Lee · J.H. Lee(2005). "Effects of the extruded pellets and raw fish-based moist pellet on growth and body composition of flounder, Parlichthys olivaceus for 10 months" J. Aquacult. 18, 60~65.
- Kim, K.D. · Lee, S.M.(2004). "Requirement of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids for juvenile flounder Paralichthys olivaceus" Aquaculture 229, 315~323.
- Kim, K.W. · Wang, X.J. · Bai, S.C.(2002). "Reevaluation of the dietary protein requirement of Japanese flounder Paralichthys olivaceus" Aquacult. Res. 33, 673~679.
- Kim, K.W. · Wang, X.J. · Choi, S.M. · Park, G. J. · Bai, S.C.(2005). "Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive flounder, Paralichthys olivaceus" Aquacult. Res. 35, 250~255.
- Kim, K.W. · Kang, Y.J. · Lee, H.Y. · Kim, K.D. · Choi, S.M. · Bai, S.C. · Park, H.S.(2006). "Commercial scale evaluation of practical extruded pellet feed for the olive flounder (Paralichthys olivaceus)" J. Kor. Fish. Soc. 39, 100~105.
- Kim, K.W. · Kang, Y.J. · Kim, K.M. · Lee, H.Y. · Kim, K.D. · Bai, S.C.(2005). "Long-term evaluation of extruded pellet diets compared to raw fish moist pellet diet for growing flounder, Paralichthys olivaceus" J. Aquacul. 18, 225~230.
- Lee, S.M. · Park, C.S. · Bang, I.C.(2000). "Dietary protein requirement of young Japanese flounder Paralichthys olivaceus fed isocaloric diets" Fish. Sci., 68, 158~164.
- Lee, S.M. · Seo, J.Y. · Lee, Y.W. · Kim, K.D. · Lee, J.H. · Jang, H.S.(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, S.M. · Cho, S.H. · Kim, K.D.(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. · Kim, K.D. · Lall, S.P.(2003). Lall "Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (Paralichthys olivaceus)" Aquaculture 221, 427~438.
- NRC(National Research Council)(1993). "Nutrient Requirements of Fish" National Acad. Press, Washington, DC. 114.
- 해양수산통계연보(2008). 국내 어류 총생산량.

-
- 논문접수일 : 2009년 09월 05일
 - 심사완료일 : 1차 - 2009년 10월 30일
 - 게재확정일 : 2009년 11월 06일