

넙치 치어의 품질향상된 배합사료 개발을 위한 효과시험

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

Evaluation of the improving extruded pellet for juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus*

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

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

Abstract

This study was conducted to evaluate of improving extruded pellet (EP) for growth of juvenile flounder by comparing with raw fish-based moist pellet (MP) diet. Two replicate groups of 80 fish per each tank (initial weight of 36.0 ± 1.2 g) were fed one of the three EPs (EP1, EP2 and CEP) and (MP for 16 weeks. Survival was not significantly affected by experimental diets ($P > 0.05$). Weight gain of fish fed the MP was not significantly different from that of fish fed the EP1 & EP2 ($P > 0.05$), but that of fish fed CEP was significantly lower than that of fish fed MP ($P < 0.05$). Specific growth rate of fish fed the CEP was significantly lower than those of fish fed EP1, EP2 and MP ($P < 0.05$). Feed efficiency of fish fed the EP1 was significantly higher than those of fish fed CEP and MP ($P < 0.05$), but not significantly different from those of fish fed EP2 ($P > 0.05$). The Contents of crude protein and crude lipid in whole body were significantly different among all groups ($P < 0.05$). Therefore, these results strongly suggest that EP1 & EP2 diets could be developed to replace MP diet for flounder without adverse effects on growth performance.

Key words : Olive flounder, Extruded pellet, Moist pellet, Feeding, Focus of integration

I. 서론

생사료 위주의 양식은 연안자원 남획과 사료허실로 인한 환경오염을 초래하고 있는 실정으로, 연안어장을 보호하고 양식경영비를 절감하기 위해서는 양식사료를 완전배합사료로 대체하여 보급하여야 한다.

배합사료는 생사료와 비교하여 영양학적으로 균형잡힌 사료로 만들 수 있고, 보관 및 취급이 용이하며, 사료 급이량 조절이 쉬워 양식어를 건강하게 키울 수 있다. 또한 생산량을 쉽게 조정하여 기간별 계획생산이 가능하므로 공급과 가격이 안정적이다. 이와 같이 배합사료의 장점이 많음에도 불구하고 생사료를 계속 사용하는 이유는

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

* 본 연구는 국립수산과학원(고효율 배합사료 개발 및 실용화 연구, RP-2008-AQ-168)의 지원에 의해 운영되었음.

사료회사간의 가격경쟁 및 어분의 가격 폭등으로 인해 배합사료의 품질이 저하되거나 성어기의 성장둔화로 배합사료가 생사료에 비해 1~3개월 출하시기가 늦어지기 때문이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 양식 현장에서 신뢰할 수 있는 고품질 실용배합사료를 개발하여 양식 생산성을 높이는 반면, 어분대체 사료원료 개발 등을 통해 사료가격을 지속적으로 낮출 수 있도록 해야 한다.

넙치 영양연구는 많은 영양학자들에 의해 사료원료 이용성, 단백질요구량, 단백질/에너지 비, 아미노산 요구량, 지질 및 지방산 요구량, 탄수화물 영양연구, 미량 영양소 요구량 등 많은 양어사료의 영양학적 기초연구들이 수행되어져 왔으며 (Kikuchi et al., 1997; Kim et al., 2002; Alam et al., 2002; Kim et al., 2004; Kim and Lee, 2004; Kim et al., 2005a), 아울러 완전배합사료 (Extruded floating pellet, EP)에 대한 연구도 활발히 수행되어지고 있다 (Cho et al., 2005; Kim et al., 2005b; Seo et al., 2005; Kim et al., 2006a; Kim et al., 2006b; Kim et al., 2008). 그러나, 이러한 실험들이 모두 펠렛형태(Moist pellet, MP)의 실험사료를 이용하였기 때문에 사료회사에서 생산되는 건조부상사료(Extruded pellet, EP)를 제작시에 이전 연구결과를 직접 적용하기에는 많은 제한이 있었다. 특히, 익스투루전을 이용한 사료가공시에 물성, 영양소 소화율 등의 변화는 큰 요인이라고 할 수 있다. 또한, 사료내 단백질함량, 지질함량, 에너지함량과 이러한 요소들의 연관성은 사료경비와 직결되는 부분이므로 매우 중요하다.

따라서, 본 연구는 넙치에 있어서 기존의 연구결과들을 토대로 실용 배합사료(EP)를 자체 제작하여 기존의 상품사료 및 생사료와 영양학적 효과의 비교·평가를 통해 경제적이고 환경친화적인 넙치 치어용 실용 배합사료를 개발하는 데 그 목적이 있다.

II. 연구내용 및 방법

1. 실험사료 및 실험설계

실험사료는 넙치의 영양요구량 연구결과(Kim et al., 2002; Kim et al., 2004; Lee et al., 2000, 2002, 2003)를 고려하여 설계한 2종류의 부상 배합사료(EP1, EP2), 상품배합사료(CEP) 및 습사료(MP)로 총 4종류의 실험사료를 설정하였으며, 실험사료의 조성은 표 1과 같다. 단백질원으로는 어분, 대두박, 콘글루텐밀, 오징어간분을 사용하였고, 지질원으로는 어유, 탄수화물원으로는 소맥분을 사용하였다. 이 외에 사료첨가제로서 해조분말, 효모, 향산화제, 콜린, 효소 및 레시틴 등을 사용하였다. 실험배합사료(EP)는 사료회사에 의뢰하여 직경 7~9mm로 제작하였다. 실험EP사료 외에 7~9호(7~9mm) 시판 상품사료(CEP; S회사) 및 습사료(MP)를 사용하였으며, 습사료는 냉동고등어 및 잡어 등의 생사료와 분말사료를 8:2의 비율로 혼합하여 제조하였다.

2. 실험어 및 사육관리

실험어는 3톤 수조에 수용하여 2주 동안 예비사육 하였으며, 넙치 상품사료를 1주간 공급하였다. 예비사육 후, 평균체중 36 ± 1.2 g (mean \pm SD)인 넙치 치어를 1.5톤(용수량) 원형수조에 80마리씩 수용하여 실험당 2반복으로 무작위 배치하였다. 실험수조에는 자연해수를 유수식으로 일일 24회전 공급하였으며, 충분한 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치하였다. 사육기간 동안 실험사료를 1일 2회(오전 9시, 오후 5시) 반복 공급하였으며, 16주간 사육하였다. 실험기간 동안 평균 수온은 $19.2 \pm 0.7^\circ\text{C}$ ($16 \sim 24^\circ\text{C}$)였다.

3. 어체측정 및 성분분석

어체 측정은 4주 간격으로 실시하였으며, 측정일 전부터 24시간 절식시킨 후 MS-222 (100ppm)

로 마취시켜 전체무게를 측정하였다. 실험종료 후, 증체율, 사료효율, 일간성장률, 단백질전환효율 및 생존율을 조사하였다.

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.

4. 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

배합사료 및 습사료로 낚치 치어를 16주간 사육한 결과를 표 2에 나타내었다. 생존율은 모든 실험구에서 94%이상 이었으며 실험구간에 통계적인 차이가 없었다. 증체율은 MP가 가장 높게 나타났으나 실험 배합사료구들과는 유의적인 차이는 보이지 않았으며, 상품사료 보다는 유의하게 높았다(<0.05). 일간성장율은 MP와 EP구가 유의적인 차이를 보이지 않았으며, CEP가 가장 낮았다. 상기 결과에서 상업용 배합사료(CEP)에 있어서 낮은 성장을 보인 것은 단백질 및 지질수준의 요구와 사료원료의 품질에 의한 차이 때문으로 생각된다. 기존 낚치의 최대 성장을 위한 사료내 적정 단백질 수준은 46.4~51.2%로 평가되었으며(Kim et al., 2002), 낚치 사료내 적정 단백질/에너지 비는 에너지 16.7kJ/g의 단백질 함량

<Table 1> Ingredients and nutrient contents of experimental diets

	Diets			
	EP1	EP2	CEP	MP
Ingredients (%)¹				
White Fish meal	62	65		
Dehulled soybean meal	5	3		
Corn gluten meal	3	3		
Squid liver powder	2	2		
Wheat flour	15	16		
Fish oil, Soyben oil	6	4		
Vitamin premix ²	1	1		
Mineral premix ²	1	1		
Others ³	5	5		
Raw fish				80
Binder meal				20
Proximate analyses (% , dry matter basis)				
Moisture	8.7	8.5	8.3	60.2
Crude protein	52.3	54.0	49.5	61.8
Crude lipid	12.0	10.8	8.9	12.1
Crude ash	11.6	10.9	10.6	8.9

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

²Premix (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.

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

45% 사료구가 가장 좋은 성장률과 사료효율을 나타내었다(Kim et al., 2004).

이미 최근에 대형수조 및 양식장 현장에서 배합사료(EP)와 습사료(MP)의 사육효능을 비교 평가한 연구 결과, EP의 성장이 MP보다 우수하거나 차이가 없는 것으로 나타나서 낚치 사육을 위한 EP의 MP 대체 가능성을 보고한 바와 비슷한 경향을 보였다(Cho et al., 2005; Lee et al., 2005; Seo et al., 2005; Kim et al., 2006a; Kim et al., 2008). Lee et al. (2005)의 연구에서 44~107g의 치어기 낚치를 대상으로 실험사료인 EP가 MP와 유사한 성장을 보였으며, Kim et al. (2006)의 연구에서도 EP와 MP로 낚치 330 ~ 680g을 8개월간 사육한 결과 배합사료 실험구가 우수한 성장결과를 보였다. 또한, 어체 비만도에서도 EP 실험구와 MP 실험구간에 차이가 없었다. 이러한 결과

들은 넙치 배합사료 공급 시 문제점으로 제기되어 온 성장둔화로 인한 출하시기 지연, 복수증, 비만도 및 육질저하 등 해소할 수 있을 것으로 기대되며, EP의 MP 대체 가능성을 증명한 연구결과를 바탕으로 양어가들의 배합사료에 대한 불신감을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

사료효율은 EP1이 가장 높았으며, EP2와는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, CEP 및 MP보다 유의하게 높았다(<0.05). 본 연구에서 사료효율은 배합사료구가 습사료구에 비하여 높은 경향을 보였다. 넙치를 대상으로 기존에 수행된 배합사료 및 습사료 비교한 연구에서도 습사료구가 배합사료구에 비하여 사료효율은 낮은 결과와 일치하였으며(Cho et al., 2005; Kim et al., 2005; Lee et al., 2005), 이는 MP의 경우 사육수조에서 사료를 섭취하는 동안 수중으로 유실되는 양이 EP사료에 비하여 많기 때문이며, 아울러 수질오염 발생빈도가 높아진 것으로 판단된다(Doughty

and Mcphall, 1995). Lee et al. (1997)은 조피볼락의 경우 사료물성(부상, 반부상 및 습사료)에 대한 성장, 영양소 이용효율, 사료 섭취율 및 체 성분 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 매우 중요한 변수가 될 것으로 판단된다.

전어체의 일반성분 분석결과(표 3), 조단백질 함량은 상품사료 실험구가 타 실험구에 비해 낮았으며, 조지질 함량은 습사료 실험구가 가장 높았다(<0.05). 수분 및 회분함량은 실험구간에 차이가 없었다. 이와 같이 넙치의 어체 조성이 사료내 영양소 함량에 따라 차이가 나타나며, 사료내 지질 함량 증가는 어체의 지질 함량을 증가시키는 것으로 나타났다(Lee and Kim, 2005).

Extruder를 이용하여 사료 제조시, 가공조건(온도, 스팀량 및 회전률) 및 사료내 영양소 조성비에 따라서도 EP의 품질이 달라질 수 있는데, extruder 내부에서 발생하는 고열로 인해 열에 약한 비타민 및 영양소가 파괴될 수 있다(Springate, 1991). 따라서, 사료 성형시에는 영양소의 배합 비율 및 가공조건 등을 종합적으로 고려하여야 하며, 차후 extruder 가공 조건에 관련하여 구체적인 실험이 요구된다.

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

	Diets				Pooled SEM
	EP1	EP2	CEP	MP	
Initial weight (g/fish)	36.2	36.5	36.3	36.3	0.14
Survival (%)	96.9	95.5	95.1	94.0	1.53
Final weight (g/fish)	176 ^{ab}	174 ^{ab}	155 ^b	181 ^a	6.14
Weight gain (%) ¹	387 ^{ab}	376 ^{ab}	329 ^b	401 ^a	4.29
Specific growth rate (%) ²	1.61 ^a	1.59 ^a	1.49 ^b	1.64 ^a	0.02
Feed efficiency (%) ³	103 ^a	101 ^{ab}	88.8 ^c	97.6 ^b	1.68
Protein efficiency ratio (%) ⁴	2.29 ^a	2.24 ^a	1.97 ^b	1.39 ^c	0.02
Condition factor (%) ⁵	1.18 ^a	1.17 ^a	1.08 ^b	1.18 ^a	0.01

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 final weight - log_e initial weight)/days] ×100.

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

⁴ Fish wet weight gain × 100/protein intake.

⁵ Fish weight × 100 / total length³.

<Table 3> Proximate composition of whole body in flounder at the end of the feeding trial

	Diets					Pooled SEM
	Initial	EP1	EP2	CEP	MP	
Moisture	76.2	73.9	74.0	74.9	73.9	1.21
Crude protein	17.4	19.5 ^a	19.3 ^a	18.1 ^b	19.4 ^a	0.34
Crude lipid	2.2	2.6 ^b	2.6 ^b	2.5 ^b	2.8 ^a	0.15
Crude ash	4.2	3.9	4.1	4.1	3.9	0.27

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

이상의 결과와 같이 본 실험에 사용된 실험사료는 MP와 비교하여 성장 및 사료효율에 손색이 없고, 기존의 상품사료에 비해서도 우수한 성적을 나타내었다. 따라서, 금후 양식장 현장실험을 통해 사료의 조성을 보완하면 산업화가 가능할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- Alam, M.S. · Teshima, S.I. · Kosiho, S. · Ishikawa, M.(2002). Arginine requirement of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* estimated by growth and biochemical parameters, *Aquaculture*, 205, 127~140.
- Association of Official Analytical Chemists(1984). Official Methods of Analysis, 16th edition, AOAC International, Arlington, Virginia.
- Cho, S.H. · Lee, S.M. · Lee, J.H.(2005). Effects of the extruded pellets and raw fish-based moist pellet on growth and body composition of flounder, *Paralichthys olivaceus* for 10 months, *J. Aquacult*, 18, 60~65, (in Korean).
- Kikuchi, K. · Furuta, T. · Honda, H.(1997). Use of Meat and Bone Meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder, *Fisheries Science*, 63, 29~32.
- 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.D. · Kang, Y.J. · Lee, H.Y. · Kim, K.W. · Kim, K.M. · Lee, S.M.(2006b). Evaluation of extruded pellets as a growing diet for adult flounder *Paralichthys olivaceus*, *J. Aquacul*, 19, 173~177, (in Korean).
- Kim, K.W. · Wang, X.J. · Choi, S.M. · Park, G. J. · Bai, S.C.(2004). Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, *Aquacult*, Res. 35, 250~255.
- Kim, K.D. · Kang, Y.J. · Lee, J.Y. · Nam, M.M. · Kim, K.W. · Jang, M.S. · Lee, S.M.(2008). Evaluation of extruded pellets and raw fish-based moist pellet for growth of sub-adult flounder *Paralichthys olivaceus*, *J. Aquacul*, 21, 102~106 (in Korean).
- 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. · Kang, Y.J. · Lee, H.Y. · Kim, K.D. · Choi, S.M. · Bai, S.C. · Park, H.S.(2006a). Commercial scale evaluation of practical extruded pellet feed for the olive flounder (*Paralichthys olivaceus*), *J. Kor. Fish. Soc.* 39, 100~105, (in Korean).
- Kim, K.W. · Kang, Y.J. · Kim, K.M. · Lee, H.Y. · Kim, K.D. · Bai, S.C.(2005b). Long-term evaluation of extruded pellet diets compared to raw fish moist pellet diet for growing flounder, *Paralichthys olivaceus*, *J. Aquacul*, 18, 225~230, (in Korean).
- Kim, K.W. · Wang, X.J. · Choi, S.M. · Park, G. J. · Bai, S.C.(2005a). Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, *Aquacult*, Res. 35, 250~255.
- Lee, S.M. · Park, C.S. · Bang, I.C.(2002). 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 (in Korean).
- Lee, S.M. · Jeon, I.G. · Kim, K.S.(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 (in Korean).
- Lee, S.M. · Kim, K.D. · Lall, S.P.(2003). Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*), *Aquaculture* 221, 427~438.
- 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.
Seo, J.Y. · Lee, J.H. · Kim, G.U. · Lee, S.M.(2005).
Effect of extruded and moist pellets at
different feeding rate on growth and body
composition of juvenile flounder, *Paralichthys*
olivaceus, J. Aquaculture, 18, 26~30, (in
Korean).
Springate, J.(1991). Extruded diets-worth the

extra, Fish Farmer (Narch/April 1991), 1~45.

-
- 논문접수일 : 2009년 09월 06일
 - 심사완료일 : 1차 - 2009년 10월 30일
2차 - 2009년 11월 13일
 - 게재확정일 : 2009년 11월 20일