

배합사료 및 습사료 공급에 따른 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 성장 및 어체성분 비교

김강웅 · 이진혁 · 배기민 · 김경덕 · 이봉주 · 한현섭 · 김성삼*

국립수산과학원 사료연구센터

Comparison of Extruded and Moist Pellets for Whole-body Proximate Composition and Growth Performance of Olive Flounder *Paralichthys olivaceus*

Kang-Woong Kim, Jin-Hyuck Lee, Ki-Min Bae, Kyoung-Duck Kim, Bong-Joo Lee, Hyon-Sob Han
and Sung-Sam Kim*

Aquafeed Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Pohang 791-923, Korea

Two consecutive feeding trials were conducted to evaluate the effects of extruded pellet (EP) and raw fish-based moist pellet (MP) in the juvenile (experiment I) and sub-adult (experiment II) stages of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. The fish were distributed randomly to three aquarium tanks, as a group of 1,200 fish (initial mean weight 13.5±1.76 g) in experiment I, and as a group of 390 fish (initial mean weight 385±15.3 g) in experiment II. In experiment I, the weight gain, specific growth rate, feed efficiency, protein efficiency ratio, and survival of fish fed EP were all significantly higher than those of fish fed MP. In experiment II, no significant differences were observed in weight gain, specific growth rate and survival between the EP and MP groups. However, the feed efficiency and protein efficiency ratios of fish fed EP were significantly higher than those of fish fed MP. The results of this study indicate that EP could be developed to replace MP for market size production of olive flounder without any adverse effects on the growth performance. The dietary formulation used in this study could be used as an appropriate feed for olive flounder.

Key words: Olive flounder, Moist pellet, Extruded pellet, Formulation, Feed

서 론

우리나라 넙치 양식에는 배합사료(extruded pellet, EP)와 습사료(moist pellet, MP)가 혼용되어 사용되고 있으며, 2013년 전체 넙치 사료 사용량인 225,331톤에서 91% 이상을 습사료가 차지하고 있는 실정이다(Statistics Korea, 2014). 주로 치어 기에는 배합사료를 사용하고 100-300 g 크기에서 습사료로 전환을 하기 때문이다. 이렇게 습사료로 전환하는 것은 여러 이유가 있지만, 가장 큰 원인은 습사료가 배합사료 보다 성장이 빠르다고 인식하기 때문이다. 따라서 성장이 습사료에 뒤지지 않는 고효율 배합사료의 개발 및 현장 비교 실험이 수행되어야 한다. 넙치의 적합한 배합사료 설계 및 개발에 기초가 되는 필수 영

양소 요구량 및 대사 연구는 단백질 요구량 연구(Kim et al., 2002), 단백질/에너지 비율 연구(Kim et al., 2004) 및 필수아미노산 요구량 및 대사 연구(Alam et al., 2002; Kim et al., 2013) 등이 수행되었고, 기호성 및 면역력 증강을 위한 다양한 사료 첨가제 평가에 관한 연구(Kim et al., 2006c; Kim et al., 2009; Kim et al., 2010; Kim et al., 2011a; Kim et al., 2012; Kim et al., 2013) 및 다양한 원료의 이용성 및 소화율 평가에 관한 연구들이 수행되었다(Choi et al., 2004; Pham et al., 2007; Ye et al., 2011). 이러한 연구를 바탕으로 고효율 배합사료 개발을 위해 다양한 실험용 배합사료를 제조하여 실제 양식현장에서 사용하고 있는 습사료 및 상업용 배합사료와 비교 실험이 수행되었다(Kim et al., 2005; Cho et al., 2005; Lee et al., 2005; Kim

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0810>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Kor J Fish Aquat Sci 47(6) 810-817, December 2014

Received 10 November 2014; Revised 27 November 2014; Accepted 9 December 2014

*Corresponding author: Tel: +82. 54. 230. 3631 Fax: +82. 54. 232. 3697

E-mail address: sungsamkim@korea.kr

et al., 2006a, 2006b; Kim et al., 2008; An et al., 2011). 이러한 연구는 배합사료의 품질을 향상시킬 수 있는 기초연구로 활용될 수 있으며, 양식현장에서 어업인이 직접 배합사료와 습사료를 비교함으로써 배합사료의 품질수준을 파악할 수 있다. 본 연구는 습사료를 대체할 수 있는 고효율 실용 배합사료 개발을 위해 영양소 요구량 및 사료원료이용성 연구결과를 바탕으로 실험사료를 설계 및 제조하여 넙치 평균체중 13.5 g의 치어에서 상품크기인 1 kg 이상까지 장기간에 걸쳐 배합사료와 습사료의 성장을 비교하였다.

재료 및 방법

실험사료

본 실험에 사용된 실험사료의 조성은 Table 1 에 나타내었다. 본 실험에 사용된 배합사료는 넙치의 영양요구량 및 실용배합사료 효과시험 연구결과를 참고하여 설계하였다. 단백질원으로 북양어분, 대두박, 콘글루텐밀 및 크릴밀을 사용하였고, 지질원료로 어유, 탄수화물원료로 소맥분을 사용하였다. 이 외에 사

Table 1. Ingredients and nutrient contents of the experimental diets

	Diets	
	EP	MP
Ingredients (%) ¹		
Fish meal	68.0	
Soybean meal	3.0	
Corn gluten meal	3.0	
Wheat flour	13.1	
Squid liver oil	6.1	
Krill meal	2.0	
Kelp meal	1.0	
Vitamin premix ²	1.0	
Mineral premix ²	1.0	
Others ³	1.8	
Raw fish		80
Binder meal		20
Proximate analyses (% dry matter basis)		
Moisture	8.5	68.2
Crude protein	54.5	61.8
Crude lipid	10.1	12.1
Crude ash	10.9	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, lecthin and enzyme.

료첨가제인 켈프밀, 효모, 향산화제, 콜린, 효소 및 레시틴 등을 사용하였다. 배합사료는 원료를 혼합한 후 익스트루더(Bühler, Swiss)를 이용하여 압출성형 하였으며 사료크기는 직경 3-15 mm로 사료회사에서 제조하였다. 습사료는 냉동고등어, 메가리, 곤쟁이 및 잡어 등과 분말사료를 8:2의 비율로 혼합하여 제조하였다.

실험어 및 사육관리

두 실험에 사용된 넙치는 경남 거제에 위치한 육종연구센터에서 경북 포항시 양식 사료연구센터로 운반하여 예비 사육하였으며, 실험사료에 적응시키기 위해 실험시작 전 넙치용 상품사료를 2주간 공급하였다. 예비사육 후, 넙치가 성장함에 따라 배치 및 선별을 고려하여 실험 I 과 실험 II 의 사육시험을 실시하였다. 실험 I 은 평균무게 13.5 ± 1.76 g (mean ± SD)인 넙치 치어 2,400마리(배합사료 실험구 1,200마리, 습사료 실험구 1,200마리)를 FRP 원형수조(10톤, 지름 3.5 m, 면적 9.6 m²)에 각 배합사료 및 습사료 실험구로 나누어 실험구당 3반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 우수식 사육장치로 우수량은 시간당 15회전 되도록 하였으며, 성장함에 따라 시간당 18회전으로 조절하였다. 실험기간 동안 수온은 9.4-25.0℃ 범위였으며, 평균수온은 15.9 ± 5.12℃로 자연수온에 의존하였고, 월별 수온결과는 Fig. 1에 나타내었다. 사료공급량은 어체중의 0.1-3.5%를 1일 2-3회 공급하였으며, 사육기간은 8개월(2007년 8월 13일-2008년 3월 10일)이었다.

실험 II 는 평균무게 385 ± 15.3 g (mean ± SD)인 미성기 넙치 780마리(배합사료 실험구 390마리, 습사료 실험구 390마리)를 FRP 원형수조(10톤, 지름 3.5 m, 면적 9.6 m²)에 각 습사료 및 배합사료 실험구로 나누어 수조당 암수성비를 7:3 비율(암컷넙치 91 마리, 수컷넙치 39마리)로 동일하게 조절하여 실험구당 3반복으로 배치하였다. 각 실험수조는 우수식 사육장치로 우수량은 시간당 18-24회전으로 조절하였다. 실험기간 동안 수온은 12-26℃ 범위였으며, 평균수온은 18.7 ± 4.0℃로 자연수온에

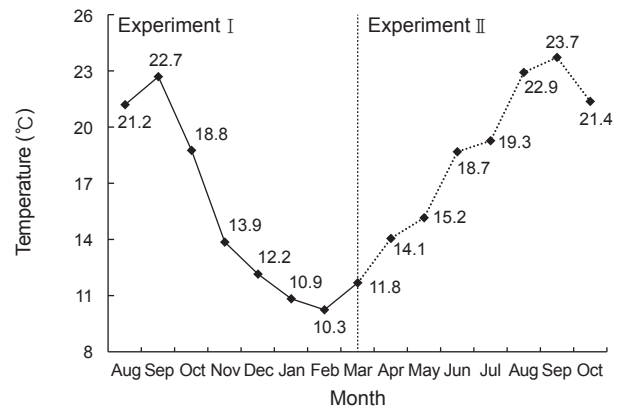


Fig. 1. Monthly changes of the water temperature for the experiment I and II.

의존하였고, 월별 수온결과는 Fig. 1에 나타내었다. 사료공급량은 어체중의 0.1-2.5%를 1일 1-2회 공급하였으며, 사육기간은 7개월(2008년 3월 13일-2008년 10월 20일)이었다.

어체 측정 및 성분분석

어체 측정 항목과 분석방법은 실험 I 과 실험 II 의 사육실험이 동일하며, 한달에 한번씩 각 수조별 수용된 실험어의 30-50마리를 수조당 3회씩 평균무게로 측정하였다. 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후 MS-222 (100 ppm)로 마취시켜 전체무게를 측정하였다. 실험 종료 후 성장률(weight gain), 사료효율(feed efficiency), 일간성장률(specific growth rate), 단백질이용효율(protein efficiency ratio), 일간사료섭취율(daily feed intake) 및 생존율(survival)을 측정 하였다. 최종무게 측정 후, 실험사료와 실험어의 등근육 및 전어체의 일반성분 분석을 위해 각 수조에서 5마리씩 무작위로 채취하였다. 일반성분 분석은 AOAC (AOAC, 2000) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(135℃, 2시간), 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조회분은 직접회화법(550℃, 4시간)으로 분석하였다. 조지분은 Soxhlet 추출법으로 분석하였다(Soxtec system 1046, Taca-tor AB, Sweden).

통계처리

모든 자료의 통계처리는 J.M.P program version 9.1.3 statistical software (SAS Institute, 2004)를 이용하여 One-way ANOVA test를 실시한 후, 최소 유의차 검정(LSD, Least Significant Difference)을 실시하여 평균간의 유의성($P<0.05$)을 평가하였다.

결과 및 고찰

여름철부터 겨울철까지(2007년 8월 13일-2008년 3월 10일) 치어기 넙치(13.5 g)를 대상으로 배합사료(extruded pellet, EP) 및 습사료(moist pellet, MP)를 공급하여 7개월 동안 사육한 실험 I 과 겨울철부터 여름철까지(2008년 3월 13일-2008년 10월 20일) 미성어기 넙치(385 g)를 대상으로 7개월 동안 사육한 실험 II 의 성장결과는 Table 2에 나타내었다. 실험 I 의 치어기 넙치는 배합사료 실험구가 초기무게 13.5 g에서 357.8 g으로 성장하였으나, 습사료 실험구는 초기무게 13.5 g에서 179 g으로 성장하였다. 성장률과 일간성장률, 사료효율, 단백질이용효율 및 생존율에서 배합사료 실험구가 습사료 실험구보다 유의적으로 높은 성장을 보였으며($P<0.05$), 최종 측정된 치어기 넙치의 성장률은 배합사료 실험구가 2550.4%, 습사료 실험구가 1225.9%로 배합사료를 공급한 넙치가 습사료를 공급한 넙치 보다 유의적으로 높았다. 본 실험결과와 유사하게 다른 연구에서도 치어기 넙치에게 배합사료를 공급할 경우 습사료 보다 높은 성장결과를 보였었다(Lee et al., 1999). 반대로 Kim et al. (2014a)의 연구에서는 제주도 넙치 양식장에서 51 g 넙치를

약 7개월 간 상업용 시판 배합사료와 습사료를 공급하여 비교한 결과, 습사료와 배합사료 실험구의 최종무게가 각각 736 g 및 655 g으로 습사료가 배합사료 보다 높은 성장률을 보였다. Cho et al. (2005)의 연구에서는 치어기 넙치를 배합사료와 습사료로 장기간 사육한 결과, 성장에서 유의적인 차이를 보이지 않았으며, Lee et al. (2005)의 연구에서도 치어기 넙치를 대상으로 배합사료와 습사료를 비교한 결과 배합사료와 습사료가 대등한 성장결과를 보였다. 이처럼 여러 연구에서 서로 다른 결과를 보인 것은 실험어류의 종묘, 실험환경(수온, 밀도, 용존산소 등), 사료의 성분 및 조성 등의 차이와 사료공급량, 공급방법, 공급횟수 및 사육관리 방법 등 여러 가지 요인이 복합적으로 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 본 연구에서 배합사료가 습사료 보다 유의적으로 높은 성장률을 보인 것은 위에서 언급한 여러 가지 복합적인 영향과 더불어 실험 기간 중 습사료 실험구

Table 2. Growth performance of olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed extruded pellet (EP) and moist pellet (MP)¹

	Diets	
	EP	MP
Experiment I		
Initial weight (g/fish)	13.5±0.01	13.5±0.01
Final weight (g/fish)	357.8±9.3	179.0±16.5
Weight gain ²	2550.4±66.6 ^b	1225.9±123.2 ^a
Specific growth rate ³	1.79±0.01 ^b	1.32±0.05 ^a
Feed efficiency ⁴	121.4±3.9 ^b	89.1±7.1 ^a
Protein efficiency ratio ⁵	2.21±0.02 ^b	1.44±0.04 ^a
Daily feed intake ⁶	0.77±0.03 ^a	0.95±0.08 ^b
Survival (%) ⁷	97.3±0.53 ^b	73.8±17.3 ^a
Experiment II		
Initial weight (g/fish)	384.9±5.20	385.0±5.11
Final weight (g/fish)	1154.2±12.5	1144.9±43.4
Weight gain ²	199.9±3.97	197.5±14.7
Specific growth rate ³	0.49±0.01	0.48±0.02
Feed efficiency ⁴	94.1±1.00 ^b	77.4±3.56 ^a
Protein efficiency ratio ⁵	1.41±0.11 ^b	1.17±0.05 ^a
Daily feed intake ⁶	0.48±0.01 ^a	0.58±0.01 ^b
Survival (%) ⁷	93.8±1.33	94.6±2.04

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$). ²Weight gain (%) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight. ³Specific growth rate (%) = (log_e final wt. - log_e initial wt.) / days. ⁴Feed efficiency (%) = wet weight gain (g) × 100 / dry feed intake (g). ⁵Protein efficiency ratio = wet weight gain / protein intake. ⁶Daily feed intake (%) = Total dry feed intake × 100 / {(initial total wt. + final total wt. + dead fish wt.) / 2} × days fed. ⁷Survival (%) = Number of fish at end of experiment / Number of fish stocked × 100.

에서 수온이 가장 높은 9월에 질병이 발생하여 10월까지 꾸준히 폐사가 발생하여 생존율이 유의적으로 감소하였기 때문에 판단된다. 실험 I 과 II 의 전체 실험기간 동안의 월별 수온변화는 Fig. 1에서 보여주고 있다. Cho et al. (2009)의 실험에 따르면 치어기 넙치를 사육하는데 수온이 높은 시기인 7월에서 10월 사이에 배합사료를 공급한 실험구보다 습사료를 공급한 실험구에서 병원체 검출이 높게 나타났다고 보고하였으며, 본 실험에서 넙치의 폐사가 발생했던 기간과 유사한 것을 알 수 있었다. 여름철부터 겨울철까지 배합사료와 습사료를 공급한 치어기 넙치의 월별 성장결과는 Fig. 2에 나타내었다. 치어기 넙치의 월별 성장은 8월에서 11월 사이에 치어기 넙치가 성장하기 좋은 적정수온(19.1°C ± 3.86)으로 먹이섭취가 원활하여 배합사료를 공급한 실험구는 실험이 시작된 8월부터 11월까지 13.5 g에서 236.9 g으로 성장하였으며, 습사료를 공급한 실험구는 13.5 g에서 174.6 g으로 성장하였다. 하지만 12월에 들어서면서 수온이 급감하여 3월까지 낮은 수온(11.4°C ± 0.79)을 유지하여 월별 성장률이 감소하는 것을 볼 수 있었다. 12월에서 3월까지 배합사료를 공급한 넙치의 월별 성장은 291.6 g, 342.0 g, 364.7 g, 371.1 g으로 서서히 성장하는 것을 볼 수 있었으며, 습사료를 공급한 실험구의 월별 성장은 12월에서 1월까지 191.6 g, 211.7 g으로 서서히 성장을 하다가 2월에서 3월부터는 197.0 g, 192.6 g으로 오히려 어체중이 감소하는 것을 볼 수 있었다.

실험 II 의 미성어기 넙치는 초기무게 385 g에 실험을 시작하여 최종무게는 각각 EP 실험구가 1154 g, MP 실험구가 1145 g으로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 성장률, 일간성장률 및 생존율에서 유의적인 차이가 없었으며(P>0.05), 최종 측정된 미성어기 넙치의 성장률은 배합사료 실험구가 199.9%, 습사료 실험구가 197.5%로 배합사료 실험구와 습사료 실험구 모두 유사한 성장결과를 보였다. Kim et al. (2006a)의 연구에서는 평균 체중 329 g의 넙치를 8개월간 배합사료와 습사료를 공급하여 비교한 결과 배합사료가 습사료에 비해 높은 성장결과를 보였

다. 하지만 Kim et al (2008)의 연구에서는 미성어기 넙치를 배합사료와 습사료로 32주간 사육하여 1 kg 이상 사육하였을 때, 성장 및 비만도에서 유의적인 차이가 없고 본 연구결과와 비슷하게 두 실험구 간에 차이를 보이지 않았다. 겨울철부터 여름철까지 배합사료와 습사료를 공급한 미성어기 넙치의 월별 성장결과를 Fig. 3에 나타내었다. 실험이 시작된 3월(11.8°C)부터 9월(23.7°C)까지 수온이 상승하면서 월별 성장이 점점 증가하는 경향을 보였다. 배합 사료를 공급한 넙치 실험구의 월별 성장은 3월부터 측정하여 9월까지 385.0 g, 406.3 g, 478.7 g, 580.3 g, 694.3 g, 822.0 g, 1001.3 g 순으로 큰 폭으로 성장하였다. 습사료를 공급한 미성어기 넙치 역시 월별 성장은 3월부터 측정하여 9월까지 384.9 g, 391.3 g, 450.7 g, 555.3 g, 687.0 g, 829.9 g, 1010.2 g 순으로 큰 폭으로 성장하였다. 하지만 10월경에 수온(21.4°C)이 9월에 비해 2.3°C 하락하면서 성장 폭이 작아지게 되는데 배합사료를 공급한 넙치 실험구가 1154.2 g, 습사료를 공급한 넙치 실험구가 1144.9 g으로 8월에서 9월 사이에 월별로 성장한 것에 비해 작은 폭으로 성장하였다.

넙치양식의 경우, 치어기에는 배합사료를 사용하지만 100-300 g 크기에서 대부분 사양가들이 습사료로 전환을 한다. 그 이유로 미성어기부터는 배합사료가 습사료에 비해 성장률 및 비만도가 떨어지기 때문이라고 한다. 하지만 본 연구에서 영양소 요구량을 고려하여 제작한 배합사료 실험구의 성장률은 습사료 실험구와 차이를 보이지 않았다. 이와 비슷하게 미성어기 넙치를 대상으로 배합사료를 공급할 경우 습사료를 대체 할 수 있다는 연구결과가 보고되었다(Kim et al., 2009). 사료효율과 단백질이용효율 결과, 치어기 넙치에서는 배합사료 실험구가 습사료 실험구 보다 유의적으로 높게 나타났으며(P<0.05), 미성어기 넙치 역시 배합사료 실험구가 습사료 실험구 보다 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05). 반대로 일간사료섭취율에서는 치어기 및 미성어기에 습사료 실험구가 배합사료 실험구와 비교하여 유의적으로 높은 결과를 보였다(P<0.05). 본 실험결과

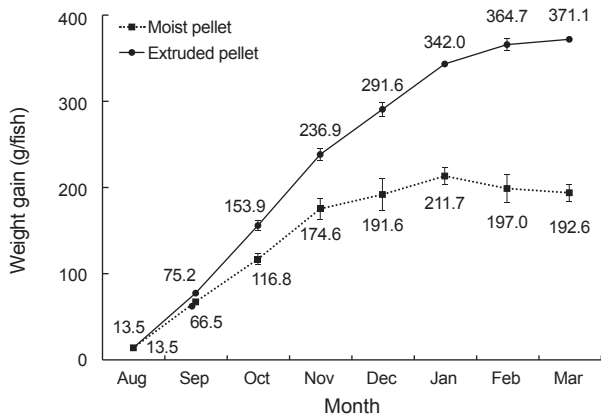


Fig. 2. Monthly changes of the weight gain for juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed the experimental diets in experiment I.

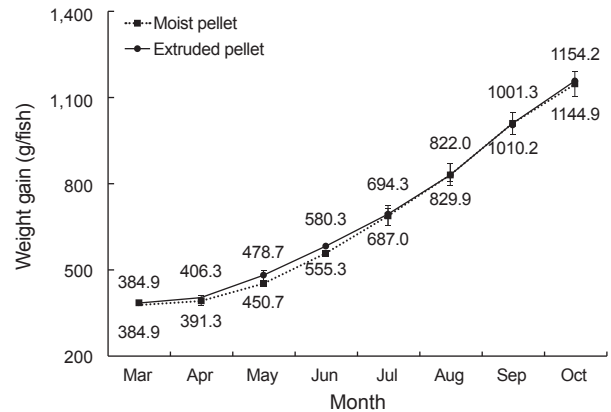


Fig. 3. Monthly changes of the weight gain for sub-adult olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed the experimental diets in experiment II.

사료효율과 단백질이용효율이 배합사료 실험구에서 높게 나타난 것은 습사료가 수분함량이 높고 점결력이 떨어져 배합사료에 비해 사료가 수중으로 유실되는 양이 높기 때문에 사료효율과 단백질이용효율이 낮아진 것이라고 생각되며, 이러한 결과는 많은 연구들에서 보고되었다(Kim et al., 2006a, 2006b; Kim et al., 2008; Kim et al., 2014a). 따라서 습사료의 사용은 사료의 유실로 인한 수질오염을 일으킬 뿐만이 아니라 넙치의 사료효율과 단백질이용효율을 감소시킬 수 있기 때문에 배합사료의 전환은 양식장의 환경과 넙치의 성장에 도움이 될 것으로 사료된다. 또한 수분이 많은 습사료의 특성상 만복으로 공급한다 하더라도 실제 섭취된 영양소 함량이 배합사료에 비해 낮아 사료효율과 단백질이용효율이 낮아질 수 있다고 판단되며, 이것은 대상어류가 먹이섭취 후 포만감을 가진다 하더라도 사료 내 수분의 함량에 따라 영양소 섭취량이 줄어들어 사료효율과 단백질이용효율이 낮아진다는 연구들과 일치한다(Lee et al., 1999; Kim et al., 2006; Kim et al., 2011b). 일간사료섭취율에서 습사료를 공급한 실험구가 배합사료를 공급한 실험구에 비해 유의하게 높은 값을 보이는 것은 수분이 많은 습사료 내 에너지 함량이 배합사료에 비해 낮기 때문이라 판단되며, 어류를 대상으로 연구한 결과 사료 내 에너지 함량이 감소할수록 사료섭취량이 증가하는 것을 알 수 있다(Lee et al., 1999). 치어기 및 미성어기 넙치의 월별 성장은 배합사료 및 습사료 실험구 모두 사육수온에 많은 영향을 받는 것을 관찰할 수 있었으며, 사육수온의 저하에 따라 습사료를 공급한 넙치가 배합사료를 공급한 넙치보다 성장이 더 떨어지게 되는 것을 관찰할 수 있었다. 특히 겨울철에 치어기 넙치에게 습사료를 공급한 실험구에서 큰 성장저하를 관찰할 수 있었고, 이러한 결과는 수온변화에 따른 넙치의 먹이섭취량의 변화 때문인 것으로 판단된다. 이전 실험결과 수온이 낮아지게 되면 소화효소의 활성 및 대사가 감소하여 사료섭취량이 적어지고, 수온이 상승하면 대사활동의 증가로 사료섭취량이 증가한다고 보고 되었다(Kim et al., 2005; Kim et al., 2010). 위와 같은 결과를 통해 수온이 낮아지는 겨울철에 넙치의 사료섭취량이 적어지게 되면 수분의 함량이 높아 섭취한 사료량에 비해 영양소와 에너지 함량이 낮은 습사료를 섭취한 넙치의 성장이 배합사료를 공급한 넙치에 비해 떨어진다고 판단된다. 수온의 변화에 따른 넙치의 사료섭취량 및 사료공급량의 차이는 많은 연구를 통해 밝혀졌다(Kim et al., 2007; Choi et al., 2008; Kim et al., 2014b; Kim et al., 2014c; Lee et al., 2014; Oh et al., 2014). Kim et al. (2011b)의 연구에서 치어기 넙치의 겨울철 배합사료 공급량은 어체중의 1.97%, 여름철에는 어체중의 4.83%라고 보고되었으며, 미성어기 넙치 역시 수온변화에 따라 공급량이 달라진다고 보고되었다(Kim et al., 2010). 따라서 치어기 및 미성어기 넙치에 대한 월별 성장결과는 수온의 변화에 따라 성장이 달라지는 것을 확인하였으며, 특히 고수온기의 여름철과 저수온기의 겨울철에는 습사료를 공급하는 것보다 배합사료를 공급하는 것이 성장과 어병보호 차원에서 효과

적이라고 판단된다.

실험 I 과 II 의 치어기 및 미성어기 넙치 전어체에 대한 일반성분 분석결과는 Table 3에 나타내었다. 실험 I 의 치어기 넙치에 대한 전어체 일반성분 분석 결과에서는 수분, 조지방 및 조회분에서 두 실험구 간에 유의적인 차이가 없었으나($P>0.05$), 조단백질 함량에서는 배합사료 실험구가 습사료 실험구 보다 유의적으로 높은 값을 보였다($P<0.05$). 실험 II 의 미성어기 넙치에 대한 전어체 일반성분 분석 결과에서는 수분, 조단백질 및 조회분 함량에서 두 실험구 간에 유의적인 차이가 없었으나($P>0.05$), 조지방 함량에서는 배합사료 실험구가 습사료 실험구 보다 유의적으로 높은 값을 보였다($P<0.05$). 실험 I 과 II 의 치어기 및 미성어기 넙치 등근육에 대한 일반성분 분석결과는 Table 4에 나타내었다. 치어기 넙치 등근육에서 일반성분을

Table 3. Proximate composition (%) of whole body for olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed the extruded pellet (EP) and moist pellet (MP)¹

	Diets	
	EP	MP
Experiment I		
Moisture	70.0±2.35	74.8±1.21
Crude protein	19.0±0.05 ^b	17.7±0.15 ^a
Crude lipid	6.5±0.02	6.7±0.05
Crude ash	3.4±0.03	3.7±0.11
Experiment II		
Moisture	69.1±1.21	71.7±1.35
Crude protein	18.4±0.05	18.8±0.03
Crude lipid	7.5±0.02 ^b	5.6±0.08 ^a
Crude ash	3.4±0.08	3.0±0.06

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

Table 4. Proximate composition (%) of dorsal muscle for olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed the extruded pellet (EP) and moist pellet (MP)¹

	Diets	
	EP	MP
Experiment I		
Moisture	75.1±0.19	74.5±0.42
Crude protein	24.2±0.17	24.2±0.15
Crude lipid	0.68±0.04	0.60±0.03
Experiment II		
Moisture	75.1±0.25	76.7±0.45
Crude protein	24.2±0.12 ^b	21.4±0.14 ^a
Crude lipid	0.45±0.06	0.50±0.05

분석한 결과, 수분, 조단백질, 조지방에서 두 실험구 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 미성어기 넙치 등근육에서는 수분과 조지방 함량에서는 두 실험구 간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나($P>0.05$), 조단백질 함량에서는 배합사료 실험구가 습사료 실험구 보다 유의적으로 높은 값을 보였다($P<0.05$).

치어기 및 미성어기 넙치의 전어체 및 등근육에서 배합사료 실험구가 습사료 실험구보다 조단백질 및 조지방함량이 높은 것은 배합사료를 공급한 넙치가 습사료를 공급한 넙치에 비해 사료효율과 단백질이용효율이 높기 때문으로 판단된다. Seo et al. (2005)은 치어기 넙치의 체내 조성은 사료 내 영양소 함량에 따라 차이가 있다고 보고하였으며, Kim et al. (2014a)의 실험 결과 배합사료를 공급한 넙치가 습사료를 공급한 넙치에 비해 전어체의 조단백질 함량이 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 또한 미성어기 넙치의 전어체 조지방 함량이 배합사료 실험구에서 습사료 실험구 보다 높게 나온 것은 배합사료가 습사료에 비해 원물기준으로 더 높은 에너지 함량을 가지고 있고 반복공급 시 사료 내 에너지 함량에 따라 에너지의 섭취량이 달라질 수 있으며, 사료 내 에너지 함량에 따라 체내 축적되는 지방 함량이 달라질 수 있기 때문으로 사료된다(Choi et al., 2008).

본 연구결과를 종합해 보면, 치어기 및 미성어기 넙치에 배합사료와 습사료를 장기간 공급한 결과 배합사료가 습사료와 비교하여 성장이 떨어지는 것을 확인할 수 없었으며, 특히 치어기 넙치의 경우 습사료 보다 성장률과 생존율이 유의적으로 높은 결과를 보였다. 또한 사육수온의 변화에 따라 성장속도가 달라지는 것을 확인할 수 있었고 특히 겨울철에는 습사료를 공급한 넙치가 배합사료를 공급한 넙치에 비해 성장이 떨어지는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 본 실험에 사용된 배합사료의 사료조성은 충분히 습사료를 대체할 수 있을 것으로 판단되며 향후 본 연구결과를 바탕으로 배합사료 산업체에서 넙치용 배합사료를 개발하는데 활용될 수 있을 것으로 보인다.

사 사

본 연구는 국립수산물연구원(친환경 실용배합사료 개발 및 품질 관리연구, RP-2013-AQ-128)의 지원에 의해 운영되었습니다.

References

- Alam MS, Teshima SI, Kosiho S and Ishikawa M. 2002. Arginine requirement of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* estimated by growth and biochemical parameters. *Aquaculture* 205 127-140. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00670-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00670-6).
- An CM, Park HY, Son MH, Kim KD, Kim KW and Jang MS. 2011. Evaluation of muscle quality of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed extruded pellets containing different protein and lipid levels, and raw fish-based moist pellet. *Korean J Food Preserv* 18, 729-738. <http://dx.doi.org/10.11002/kjfp.2011.18.5.729>.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 17th Edition. Cunniff P, ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc, Arlington, VA, U.S.A.
- Cho MJ, Oh YK, Park SH, Lee HY, Kang YJ and Park MA. 2009. Effects of extruded pellet and moist pellet feed on health conditions of olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *J Fish Pathol* 22 283-291.
- Cho SH, Lee SM and Lee JH. 2005. Effects of the extruded pellets and raw fish-based moist pellet on growth and body composition of flounder, *Paralichthys olivaceus* L. for 10 months. *J Aquacult* 18, 60-65.
- Choi SM, Kim KW, Kang YJ, Park HS and Bai SC. 2008. Optimum dietary lipid level and feeding rates of extruded pellets in juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* during the summer season. *J Aquacult* 21, 244-251.
- Choi SM, Wang XJ, Park GJ, Lim SR, Kim KW, Bai SC and Shin IS. 2004. Dietary dehulled soybean meal as a replacement for fish meal in fingerling and growing olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). *Aquac Res* 35, 410-418. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01046>.
- 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. 2006c. Influence of lipid 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.06.020>.
- Kim KD, Nam MM, Kim KW, Kim DG and Son MH. 2010. Effects of feeding rate and frequency on the winter growth and body composition of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Kor J Fish Aquat Sci* 43, 217-222. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2010.43.3.217>.
- Kim KM, Kim KD, Choi SM, Kim KW and Kang YJ. 2005. Optimum feeding frequency of extruded pellet for the growth of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* during the summer season. *Kor J Aquacult* 18 231-235.
- Kim KW, Kang YJ, Kim KD, Son MH, Choi SM, Bai SC and Lee KJ. 2009. Evaluation of extruded pellet for growth performance of olive flounder *Paralichthys olivaceus* in Jeju farm field. *Kor J Fish Aquat Sci* 42, 604-608. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2009.42.6.604>.

- Kim KW, Kang YJ, Kim KM, Lee HY, Kim KD and Bai SC. 2005. Long-term evaluation of extruded pellet diets compared to raw fish moist pellet diet for growing flounder, *Paralichthys olivaceus*. J Aquacult 18, 225-230.
- Kim KW, Kang YJ, Lee HY, Kim KD, Choi SM, Bai SC and Park HS. 2006b. Commercial scale evaluation of practical extruded pellet feed for the olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). Kor J Fish Aquat Sci 39, 100-105. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2006.39.2.100>.
- Kim KW, Kim SS, Jeong JB, Jeon YJ, Kim KD, An CM and Lee KJ. 2011a. Effects of dietary supplementation of fermented garlic powder and fluid on growth performance, immune responses, blood components, and disease resistance against *Edwardsiella tarda* and *Streptococcus iniae* in olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Kor J Fish Aquat Sci 44, 644-652. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2011.0644>.
- Kim KW, Kim SS, Kim JW, Son MH, Kim KD, Bai SC and Lee KJ. 2011b. Effects of feeding rate and pellet water-soaking on growth, blood components, and histology of olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Kor J Fish Aquat Sci 44, 490-498. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2011.0490>.
- Kim KW, Wang XJ and Bai SC. 2002. Optimum dietary protein level for maximum growth of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). Aquac Res 33, 678-679. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2109.2002.00704.x>.
- Kim KW, Wang XJ, Choi SM, Park GJ and Bai SC. 2004. Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). Aquac Res 35, 250-255. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01003.x>.
- Kim SS and Lee KJ. 2013. Comparison of leucine requirement in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) by free or synthetic dipeptide forms of leucine. Anim Feed Sci Technol 18, 3195-3201. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.05.008>.
- Kim SS, Jang JW, Song JW, Lim SJ, Jeong JB, Lee SM, Kim KW, Son MH and Lee KJ. 2009. Effects of dietary supplementation of alga mixtures (*Hizikia fusiformis* and *Ecklonia cava*) on innate immunity and disease resistance against *Edwardsiella tarda* in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). Kor J Fish Aquat Sci 42, 614-620.
- Kim SS, Jang JW, Song JW, Lim SJ, Jeong JB, Lee SM, Kim KW, Son MH and Lee KJ. 2010. Effects of dietary supplementation of fermented garlic powder on immune responses, blood components, and disease resistance against principal fish disease of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* in low temperature season. J Anim Sci Technol 52, 337-346. <http://dx.doi.org/10.5187/JAST.2010.52.4.337>.
- Kim SS, Kim KW, Kim KD, Lee BJ, Han HS, Kim JW, Bai CS and Lee KJ. 2014b. Optimum feeding rate in growing olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed practical extruded pellet at optimum water temperature (21°C). J Fish Mar Sci Edu 26, 789-796. <http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2014.26.4.789>.
- Kim SS, Kim KW, Kim KD, Lee BJ, Han HS, Kim JW, Bai CS and Lee KJ. 2014c. Optimum feeding rate for sub-adult olive flounder (384 g) *Paralichthys olivaceus* fed practical extruded pellets at optimum water temperatures (20-24.5°C). Kor J Fish Aquat Sci 47, 582-587. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0582>.
- Kim SS, Kim KW, Kim KD, Lee BJ, Lee JH, Han SH, Kim JW and Lee KJ. 2014a. Comparison of extruded and moist pellets for growth performance, water quality and histology of olive flounder *Paralichthys olivaceus* in Jeju fish farm. J Fish Mar Sci Edu 26, 667-675. <http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2014.26.3.667>.
- Kim SS, Rahimnejad S, Kim KW, Lee BJ and Lee KJ. 2013. Effects of dietary supplementation of spirulina and quercetin on growth, innate immune responses, disease resistance against *Edwardsiella tarda*, and dietary antioxidant capacity in the juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Fish Aquat Sci 16, 7-14. <http://dx.doi.org/10.5657/FAS.2013.0007>.
- Kim SS, Song JW, Kim KW and Lee KJ. 2012. Effects of dietary astaxanthin on innate immunity and disease resistance against *Edwardsiella tarda* in olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Isr J Aquacult-Bamid 64.2012.740. <http://hdl.handle.net/10524/23182>.
- Lee SM, Seo CH and Cho YS. 1999. Growth of the juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed the diets at different feeding frequencies. Kor J Fish Aquat Sci 32, 18-22.
- Lee JH, Kim SS, Kim KW, Kim KD, Lee BJ, Lee JH, Han HY, Kim JW, Kim SY and Lee KJ. 2014. Optimum feeding rate in growing olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed practical expanded pellet at optimum water temperatures (19-21°C). Kor J Fish Aquat Sci 47, 103-113. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0103>.
- Lee SM, Seo JY, Lee YH, 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, 287-292.
- Oh DH, Kim SS, Kim KW, Kim KD, Lee BJ, Han HY, Kim JW, Okorie OE, Bai SC and Lee KJ. 2014. Optimum feeding rate for growing olive flounder (317 g) *Paralichthys olivaceus* fed practical extruded pellets at optimum water temperature (21-24°C). Kor J Fish Aquat Sci 47, 399-405. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0399>.
- Pham MA, Lee KJ, Lee SJ and Park KH. 2007. Evaluation of cottonseed and soybean meal as partial replacement for fishmeal in diets for juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Fish Sci 73, 760-769. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1444-2906.2007.01394.x>.
- Seo JY, Choi KH, Choi J and Lee SM. 2005. Effect of feeding frequency of extruded diets containing different macro

nutrient levels on apparent nutrient digestibility in grower flounder *Paralichthys olivaceus*. J Aquacult 18 160-166.

Statistics Korea. 2014. Statistic data base of aquaculture production. Retrieved from <http://Kostat.go.kr> on March 20.

Ye J, Liu X, Wang Z and Wang K. 2011. Effect of partial fish meal replacement by soybean meal on the growth performance and biochemical indices of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Aquacult Int 19, 143-153. <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-010-9348-1>.