

제주도 양식현장 내 배합사료와 생사료의 급여가 넙치의 성장, 사육수질 및 조직성상에 미치는 영향 비교

김성삼 · 김강웅 · 김경덕 · 이봉주 · 이진혁 · 한현섭 · 김재원* · 이경준†
(국립수산과학원 · *강원도립대학교 · †제주대학교)

Comparison of Extruded and Moist Pellets for Growth Performance, Water Quality and Histology of Olive Flounder *Paralichthys olivaceus* in Jeju Fish Farm

Sung-Sam KIM · Kang-Woong KIM · Kyoung-Duck KIM · Bong-Joo LEE · Jin-Hyeok LEE ·
Hyon-Sob HAN · Jae-Won KIM* · Kyeong-Jun LEE†

(National Fisheries Research & Development Institute · *Gangwon Provincial College · †Jeju National University)

Abstract

Two types of diets, extruded pellet (EP) and raw-fish-based moist pellet (MP) were fed to compare growth, water quality and histology of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* in Jeju fish farm. Two groups of 7000 fish per each tank (initial mean weight 51 g) were fed one of two diets for 7 months. At the end of the feeding trial, significant differences were found in weight gain and feed utilization. Dissolved oxygen (DO) level of the MP tank was decreased from 7.98 to 6.89 after feeding. There were no significant differences in hematocrit, hemoglobin, alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase of fish fed the two diets. Whole body protein content of fish fed the EP was significantly higher than that of fish fed the MP. While the feeding rate by month indicated numerically decreased, fish fed the MP had higher feed intake than that of fish fed the EP. Histological examination of hepatopancreas, kidney, and anterior intestine of fish fed the EP did not show any negative effects compared to those of fish fed the MP. This study revealed that EP could substitute for MP in terms of growth performance, blood parameters, water quality and histology of olive flounder.

Key words : Olive flounder, Extruded pellet, Moist pellet, Dissolved oxygen, Histology

I. 서론

우리나라 주요 해산어 양식어종 중 하나인 넙치는 2013년 전체 해산어 총생산량 73,108톤 중 36,944톤이 생산되어 51%를 차지하는 중요한 어종이다. 이중 제주도에서 23,002톤이 생산되어 전

체 넙치양식 생산량의 62%를 차지한다. 제주도의 높은 생산량은 지하해수가 풍부하여 연중 15℃ 이상 수온을 유지시킬 수 있기 때문이다. 넙치양식에서 사용되고 있는 사료량을 보면 전체 225,332톤에서 습사료(Moist pellet, MP)가 204,775톤, 배합사료(Extruded pellet, EP) 및 분말사료가

† Corresponding author : 064-754-3423, kjlee@jejunu.ac.kr

* 이 논문은 2014년도 제주대학교 학술진흥연구비 지원사업에 의하여 연구되었음.

20,556톤이 사용되어, 습사료 사용비율이 90% 이상을 차지하고 있는 실정이다(Kostat, 2014). 어민들이 배합사료 보다 생사료를 선호하는 이유는 생사료 공급이 배합사료에 비해 성장이 뛰어나며 가격이 저렴하다고 인식하기 때문이다.

어류의 성장은 사료가 가장 큰 영향을 미치지 만 종묘, 사육수온, 밀도, 용존산소량, 환수량, 조도, 사료급이량, 사료 크기, 공급횟수, 공급시간 등 다양한 물리적, 화학적, 환경적 변화의 영향을 받는다(Kim et al., 2009; Min et al., 2010; Kim et al., 2011a; Kim et al., 2012; Oh et al., 2013). 따라서 사육환경 및 사양관리 등을 표준화하고 개선해 준다면 양식어류를 보다 더 과학적이고 체계적으로 양식할 수 있을 것이다. 양식선진국에서는 많은 어종을 배합사료로만 사육하고 있으며, 배합사료의 장점을 살려 자동공급기와 같은 기계 및 설비를 도입하여 양식방법을 자동화하는 등 지속가능한 양식산업을 위해 노력하고 있다.

양식선진국과 달리 우리나라 대부분의 넙치 양식어업인들은 초기 치어기에 배합사료를 사용하

다가 50~100g 크기에서 생사료로 전환하고 있다. 배합사료에 대한 불신으로 넙치 출하크기까지 배합사료로 키우는 어업인은 전무한 실정이다. 따라서 배합사료와 생사료의 문제점 및 차이를 양식어업인과 함께 검증하고자 본 연구를 수행하였다.

이 연구는 제주도의 양식현장에서 배합사료와 생사료를 넙치에 급여하여 성장차이, 사료섭취율, 수질변화 및 조직학적 변화를 조사하고자 수행되었다.

II. 연구내용 및 방법

1. 실험사료

본 실험에 사용된 실험사료는 태창수산에서 자체 제작한 MP사료와 상업용 시판 넙치용 배합사료로서 실험어가 성장함에 따라 사료크기를 변경하였으며, 실험사료의 일반성분은 <Table 1>에 나타내었다.

<Table 1> Proximate composition of the extruded and moist pellets (% of DM basis)

	MP		EP				
	7~30mm	6mm	7.5mm	9mm	11mm	13mm	15mm
Moisture (%)	67.5	8.51	7.96	8.49	8.51	4.50	7.04
Crude protein (%)	54.8	54.4	52.7	53.6	51.7	55.5	52.0
Crude lipid (%)	9.2	11.6	12.0	13.3	13.4	12.6	13.3
Crude ash (%)	1.9	10.3	10.8	11.6	12.1	12.0	10.6
Gross energy (MJ/kg)	18.3	17.4	17.4	17.6	17.5	17.4	17.8

2. 실험어 및 사육관리

제주도 서귀포시 남원읍 태흥리에 위치한 태창수산에서 입식된 넙치 종묘를 대상으로 실험시작 전에 실험구를 실험사료에 적응시키기 위해 MP와 EP를 각각 2주간 건물 함량으로 동량이 되도록 급여하였다. 예비사육 후, 평균무게 51±0.42 g (mean±SD)인 넙치 치어를 사각 콘크리트 수조 (10×10 m)에 각각 7,000 마리씩 수용하였으며 반

복구는 두지 않았다. 각 실험수조에 해수는 지하해수와 자연해수가 혼합되어 유수식으로 공급되었다. 실험기간 동안 사육수의 수온은 15.8~20.5℃, 염분은 22.7 ~ 25.7 ppt의 범위였다. 사료공급량은 전 실험기간 동안 만복으로 1일 3회 (06:30, 12:00, 17:00) 공급하다가 어체가 커감에 따라 1일 2회로 조정하였으며, 실험은 2009년 4월~11월 까지 약 8개월간 진행되었다.

3. 어체측정 및 샘플수집

어체 측정 및 조직샘플은 매달 1회 실시하였으며, EP와 MP의 소화시간이 상이하므로 장내에 모든 사료들이 소화될수 있도록 24시간 절식시킨 후 전체무게를 측정하였다. 실험종료 후, 어류의 최종 평균무게를 측정하여 증체율(percent weight gain, %), 일간특이성장률(specific growth rate, %/day), 단백질이용효율(protein efficiency ratio), 사료효율(feed efficiency, %) 및 생존율(survival rate, %)을 조사하였다. 최종무게 측정 후, 전어체의 일반성분 분석을 위해 각 수조별로 10마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 사용하였으며, 전어체 및 실험사료의 일반성분분석은 AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2000) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(135 °C, 2시간), 조단백질은 kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조회분은 직접회화법으로 분석하였다. 조지방은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, soxtec system 1046(Tacator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다.

4. 혈액분석

실험어류의 건강도를 비교 평가하기 위해 각 실험구 당 10마리씩 무작위로 선별하여 마취용액(MS-222, 100 mg/L)으로 마취시켜 헤파린 처리가 된 주사기를 사용하여 미부동맥에서 채혈한 후, Hematocrit 및 Hemoglobin 함량을 측정하였다. 분석 후, 남은 혈액은 ALT (alanine aminotransferase), AST (aspartate aminotransferase), Total protein 및 Glucose 분석을 위해 원심분리기(Micro 17TR, Hanil Science, Korea)를 이용하여 5,000 rpm으로 10분간 원심분리하여 혈장을 분리하였다. Hematocrit 은 헤파린이 처리된 모세혈관채혈튜브(Micro Hematocrit Capillary Tubes)에 혈액을 채운 다음 고무판(Wax plates)에 세운 후, 혈액진단원심분리기(Micro Hematocrit VS-12000, Vision Scientific, Korea)에서 10분간 원심분리하여 값을 측정하였다. Hemoglobin, ALT,

AST, Total protein 및 Glucose 함량은 각각의 시약과 반응시킨 후 혈액생화학분석기(Express plus system, Bayer, USA)를 이용하여 분석하였다. ALT와 AST는 kinetic, Hemoglobin, Total protein 및 Glucose 함량은 end point방법으로 분석하였다 (Kim & Lee, 2009).

5. 조직학적 변화

넙치 해부를 통하여 간췌장, 신장 및 전장의 조직학적 변화를 확인하기 위해 각 실험구당 4미씩을 무작위로 매달 추출하였다. 해부한 조직을 Bouin's solution에 24시간동안 고정 후 고정된 샘플을 수세와 탈수를 거쳐 paraffin에 포매하여 4-6µm 두께로 연속절편하여 조직표본을 만들었다. 제작된 조직표본은 Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin (H-E)의 비교염색, Mallory 삼중염색과 AB-PAS (alcian blue and periodic acid Schiff's solution, pH 2.5) 반응을 실시한 후 광학현미경으로 관찰하였다. 조직학적 변화양상의 기재는 조사된 개체 가운데 50% 이상의 개체에서 나타나는 조직상을 기준으로 하였다.

6. 수질측정

수질측정은 매달 사료공급 전과 후에 MP와 EP그룹에서 각각 측정하였다. 자동수질분석기(556MPS, YSI Inc., USA)를 이용하여 용존산소, 수온, 염분, 유속 및 pH를 측정하였다. 수질분석 결과는 <Table 5>에 나타내었다.

7. 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.

Ⅲ. 결과 및 고찰

제주도 양식장에서 최초 평균체중 51 g의 넙치

를 대상으로 EP 사료 및 MP 사료를 8개월 동안 공급한 성장결과는 [Fig. 1]과 <Table 2>에 나타내었다.

<Table 2> Growth performance of olive flounder fed the extruded and moist pellets for 8 months¹

	Diet		Pooled SEM ⁹
	MP	EP	
IW (g) ²	51	51	0.21
FW (g) ⁴	736	655	16.40
WG (%) ⁴	1343 ^a	1184 ^b	32.53
SGR ⁵	1.28 ^a	1.22 ^b	0.01
FE (%) ⁶	77.7 ^b	87.5 ^a	1.96
PER ⁷	1.72 ^b	1.88 ^a	0.04
Survival (%) ⁸	90.2	89.5	0.48

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

²IW: Initial weight (g/fish)

³FW: Final weight (g/fish)

⁴WG: Weight gain (%) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

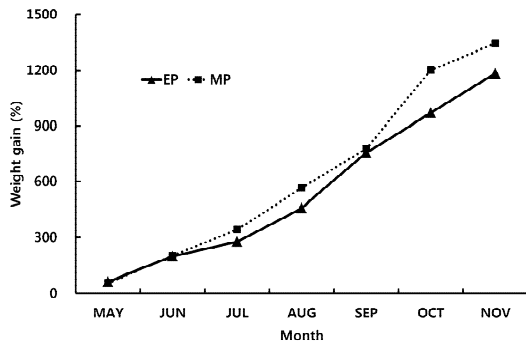
⁵SGR: Specific growth rate (%/day) = (loge final weight-loge initial weight)×100/days

⁶FE: Feed efficiency (%) = (wet weight gain / dry feed intake) × 100

⁷PER: Protein efficiency ratio = wet weight gain / protein intake

⁸Survival (%) = Number of fish at end of experiment / Number of fish stocked × 100

⁹Pooled SEM : Pooled standard error of mean : SD/\sqrt{n}



[Fig. 1] Monthly changes of weight gain (%) in field feeding

사육결과 최초 평균체중이 51 g의 넙치는 각 실험구별로 최고 655 ~ 736 g으로 성장하여 MP 실험구가 EP 실험구 보다 81g 높은 성장을 보였으며, 증체율과 일간특이성장률을 비교한 결과 MP 실험구가 EP 실험구에 비해 유의하게 높게

나타났다($P < 0.05$). 월별로 증체율을 비교해 보면 4월에서 9월까지 EP 실험구 756%, MP 실험구 778%으로 두 실험구 간에 차이를 보이지 않았으나, 10월 이후부터 성장차이가 나타났다. 9월과 10월에 사료급여량을 비교해 보면, EP 실험구에 714kg을 공급하였고 MP 실험구에 931kg을 공급하였다. 이러한 성장차이는 사료공급량과 어류의 섭취량에 의한 차이로 판단된다. 사료효율과 단백질이용효율에서는 EP 실험구가 MP 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 생사료의 경우 사료를 보다 더 많이 섭취하였으나, 실제 성장에서는 큰 차이를 보이지 않아 사료효율과 단백질이용효율에서 EP 실험구 보다 낮게 나타났다. 생존율의 경우 EP 실험구 89.5%, MP 실험구 90.2%로 두 실험구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).

제주도 넙치양어장에서 배합사료와 생사료를

비교한 연구결과들을 보면, 사료공급량과 섭취율이 비슷한 실험들은 성장, 사료효율, 단백질이용 효율에서 차이를 보이지 않았다(Kim et al., 2006a; Kim et al., 2006b; Kim et al., 2008;). 하지만 성장률에서 차이를 보인 실험들을 보면 본 연구결과와 비슷하게 사료효율과 단백질이용환효율에서 EP 실험구가 MP 실험구 보다 높았다(Kim et al., 2006a; Seo et al., 2007; Kim et al., 2009). 본 실험

결과를 보면 사료효율과 단백질이용효율 경우 증체율, 일간특이성장률 결과와 반대로 EP 실험구가 87.5%로 MP 실험구 77.7% 보다 높게 나타났으며, 단백질이용효율 또한 EP 실험구가 1.88%로 MP 실험구 1.72% 보다 높았다.

EP 사료 및 MP 사료를 공급한 넙치의 혈액성상의 변화에 대한 분석결과는 <Table 3>에 나타났다.

<Table 3> Serological characteristics of olive flounder fed the extruded and moist pellets for 8 months¹

	Diet		Pooled SEM ⁸
	MP	EP	
HCT ¹	29.8	31.0	1.35
Hb ²	5.7	6.2	0.27
AST ³	12.7	15.5	1.48
ALT ⁴	4.7	8.2	0.95
Glucose ⁵	16.2	18.2	1.13
Total protein ⁶	5.5 ^b	6.0 ^a	0.13

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

²HCT (%): Hematocrit

³Hb (g/dL): Hemoglobin

⁴AST (U/L): Glutamic oxaloacetic transaminase(Aspartate transaminase)

⁵ALT (U/L): Glutamic pyruvic transaminase (Alanine transaminase)

⁶Glucose (mg/dL)

⁷Total protein (mg/dL)

⁸Pooled SEM : Pooled standard error of mean : SD/\sqrt{n}

혈액 성분분석은 어류의 건강상태, 생리적 활성 및 체내 대사장애를 진단하는 수단으로 활용되고 있으며(Nakagawa et al., 1977), 양식 어류의 전신상태 및 영양상태의 지표로 총 단백질과 글루코스 항목이 사용되고 있으며, 간 기능 지표로 AST와 ALT 항목이 많이 사용되고 있다(Kim et al., 2011a). 본 실험의 혈액 성분분석결과 헤마토크릿, 헤모글로빈, AST, ALT, 글루코스, 항목에서 두 실험구간에 유의적인 차이를 보이지 않았고($P > 0.05$), 총 단백질에서는 EP 실험구가 MP 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$). 아직까지 양식어종들의 정상범위에 해당하는 혈액성상 결과에 대해 명확하게 밝혀지지 않았지

만, 넙치에 대한 혈액성상들을 분석한 실험들을 보면 헤마토크릿은 19.4~36.6 (%), 헤모글로빈 5.3~18.4 (g/dL), AST 9.3~21.8 (U/L), ALT 4~11 (U/L), 글루코스 14.8~31.1 (mg/dL), 총 단백질 4.1~8.8 (mg/dL)로 보고되고 있다(Kang et al., 2001; Hur et al., 2002; Chang et al., 2002; Kang and Min 2010; Kim et al., 2010; Kim et al., 2011b). 본 연구에서도 MP 및 EP 실험구 모두 혈액분석 결과 값이 지금까지 보고된 넙치의 혈액분석 수치 범위에 해당되었다. 이러한 결과로 볼 때 MP 사료와 EP 사료를 넙치에 공급하였을 때 혈액성상에는 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

실험어의 전어체의 일반성분 분석결과는 <Table 4>에 나타내었다. MP 실험구와 EP 실험구의 전어체 분석결과 수분, 조회분, 조지방에서는 두 실험구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 조단백질함량에서는 EP 실험구가 MP 실험구 보다 유의적으로 높은 값을 보였다($P < 0.05$). 이것은 성장결과에서 알 수 있듯이 EP 사료를 공급한 넙치가 MP 사료를 공급한 넙치에 비해 사료효율과 단백질이용효율이 높아 어체의 조단백질 함량에 영향을 미친 것으로 판단된다. Kim et al., (2013) 연구에서도 본 연구와 비슷한 결과를 보였다.

<Table 4> Whole-body proximate composition of olive flounder fed the extruded and moist pellets for 8 months¹

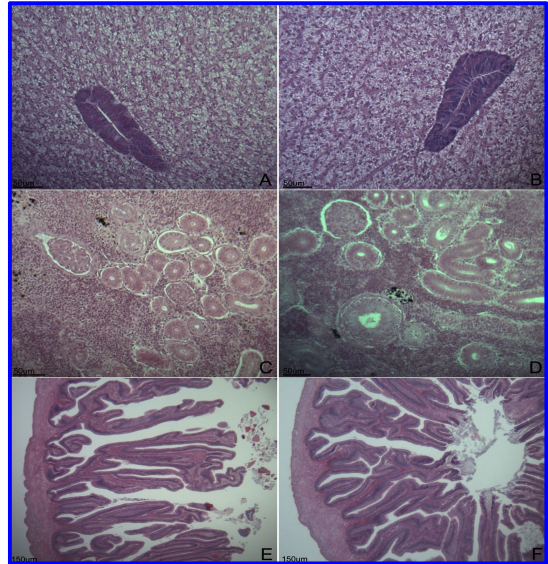
	Diet		Pooled SEM ²
	MP	EP	
Moisture	68.4	69.3	0.38
Crude protein	60.1 ^b	68.5 ^a	1.94
Crude lipid	16.8	18.5	1.23
Crude ash	2.97	3.11	0.05

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

²Pooled SEM : Pooled standard error of mean : SD/\sqrt{n}

배합사료와 생사료를 섭취한 실험어의 간췌장, 신장, 전장에 대한 조직학적 변화를 관찰한 결과는 [Fig 2]에 나타내었다. EP 실험구와 MP 실험구의 간췌장에서는 간세포 내 핵이 응축 되어 있고 모세혈관의 팽창 및 췌장 효소원 과립들의 감소 상태를 보였다[Fig. 2. A,B]. 신장에서는 사구체 내 혈구세포 팽창, 흑색 대식세포(macrophage), 신관 상피층 상피세포가 팽창된 조직상을 보였다 [Fig. 2. C,D]. 전장에서는 점막상피층 핵의 응축 등을 볼 수 있었으며, 점막주름 길이의 차이는 관찰할 수 없었다[Fig. 2. E,F]. 두 시험구의 간췌

장, 신장, 전장에서 아무런 조직상의 차이를 관찰할 수 없었다.



[Fig. 2] Histological changes of the hepatopancreas, kidney and anterior intestine of olive flounder fed the extruded and moist pellets for 8 months. A,C and E: EP group (Hepatopancreas, Kidney and Anterior intestine), B,D and F: MP group (Hepatopancreas, Kidney and Anterior intestine)

EP 실험구와 MP 실험구에 대한 사육수조의 수질을 분석한 결과는 <Table 5>에 나타내었다. 분석결과 수온, 염분, pH에서는 두 실험구 간에 차이를 보이지 않았으나, 용존산소에서 EP 실험구와 MP 실험구 에서 사료 공급 후 용존산소 수치가 떨어진 것을 관찰 할 수 있었다. 하지만 EP 실험구에 비해 MP 실험구에서 보다 더 낮은 수치가 관찰되었으며, 이것은 결착력이 약한 MP사료가 수중에 유실되었기 때문으로 판단된다.

실제 사료공급 후 사육수의 사진은 [Fig 3]에 나타내었다. 섭취된 사료, 어류의 배설물 그리고 어류의 대사작용으로 인해 발생하는 암모니아 및 유기물의 영향으로 용존산소가 감소하며, 부유물

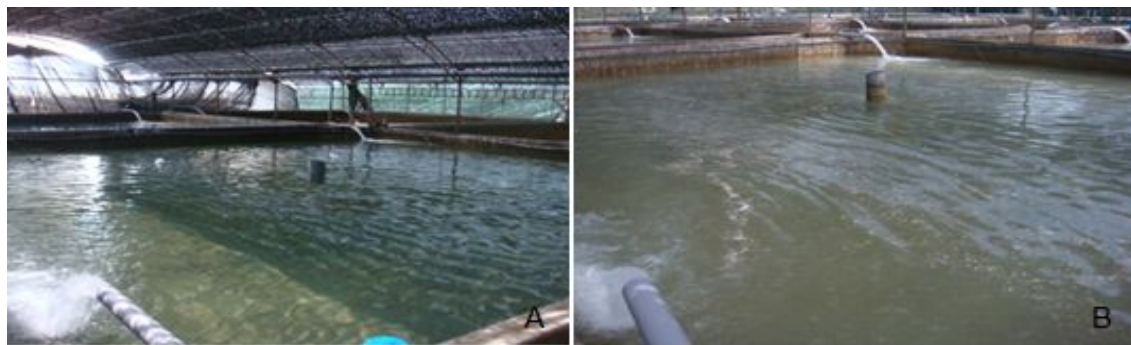
제주도 양식현장 내 배합사료와 생사료의 급여가 넙치의 성장, 사육수질 및 조직성상에 미치는 영향 비교

질, 총질소 및 총인이 MP 사료를 공급한 수조에서 1~5배 정도 높게 나타나는 것이 관찰되었다 (Kim et al., 2012). 이러한 유기물 발생은 사료의 유실로 인해 많이 발생하는데, 사료의 유실은 수

질오염 뿐만 아니라 사료비용 증가와 사료효율의 감소로 이어지며, 연어과 어류에서 실험한 결과 MP 사료의 허실량이 EP 사료에 비해 3배가 된다고 보고하였다(Hardy et al., 1993).

<Table 5> Water quality parameters of the fish rearing system

	MP		EP	
	Before feeding	After feeding	Before feeding	After feeding
O ₂ (mg L ⁻¹)	7.98	6.89	8.14	8.02
Temperature	15.8-20.5	15.8-20.5	15.8-20.5	15.8-20.5
Salinity (‰)	22.7-25.7	22.7-25.7	23.3-25.4	23.3-25.4
Water flow (ms/cm)	30.8	30.9	30.9	30.8
pH	8.01	7.98	8.24	8.16



[Fig. 3] Water quality of the olive flounder fed the extruded and moist pellets in fish farm. A: EP group, B: MP group

이상의 실험결과들을 종합하여 보면, EP 사료와 MP 사료로 약 8개월 간 성장 비교시험을 수행한 결과 MP 사료가 유의적으로 높은 성장률을 보였으며, 최종적으로 약80g의 성장차이를 보였다. 혈액분석과 조직성상 변화에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 수질을 평가한 결과 MP 사료 공급 시 사료 유실로 인한 오염이 발생하는 것을 관찰 할 수 있었으며, 이에 따라 용존산소량이 EP 실험구에 비해 낮아지는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 EP 사료의 기호성을 증진시켜 사료 섭취율을 향상시킨다면 MP 사료 보다 성장이 우수한 EP 사료가 충분히 개발될 수 있을 것으로 판단된다. 향후 지속가능한 양식산업을 위해서는 MP 사료는 지양하고 배합사료를 사용하는 것이

넙치양식의 발전에 도움이 될 것으로 사료된다. 정부에서 추진하는 배합사료 의무화 정책에 맞춰 양식어업인들이 배합사료를 사용하는데 있어 기초자료로 활용되어지길 바란다.

Reference

- 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.
- Chang, Y. J. · Hur, J. W. & Chin, P.(2002). Hematological characteristics of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) in culture farm influenced

- by heated effluent water from a power plant in summer, *J. Aquaculture*, 15(4), 267~273.
- Hardy, R. W. · Fairgrieve, W. T. & Scott, T. W.(1993). Periodic feeding of low-phosphorus diet and phosphorus retention in rainbow trout, In: *Fish Nutrition in Practice*, Kaushik, S. J. & Luquet, P (eds), INRA, Press, 403~412.
- Hur, J. W. · Lee, B. K. · Chang, Y. J. · Lee, J. K. · Lim, J. H. · Park, C. H. & Kim, B. K.(2002). Stress responses of olive flounder *Paralichthys olivaceus* to hyposalinity, *J. Aquaculture*.
- Kang, J. C. · Jee J. H. & Cho, K. S.(2001). Hemochemical changes in olive flounder, *Paralichthys olivaceus* exposed to various iron concentrations, *J. Fish. Pathol*, 14(1), 37~45
- Kang, J. C. · Min, E. Y.(2010). Changes of hematological parameters in olive flounder *Paralichthys olivaceus* exposed to pentachlorophenol, *J. Fish. Pathol*, 23(2), 189~198.
- Kim, K. D. · Kang, Y. J. · Lee, H. Y. · Kim, K. W. Kim, K. M. & Lee, S. M.(2006a). Evaluation of extruded pellets as a growing diet for adult flounder *Paralichthys olivaceus*, *J. Aquaculture*, 19(3), 173~177.
- 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. Aquaculture*, 21(2), 102~106.
- Kim, K. D. · Nam, M. M. · Kim, K. W. · Lee, H. Y. · Hur, S. B. · Kang, Y. J. & Son, M. H.(2009). Effects of feeding rate and feeding frequency on growth and body composition of Sub-adult flounder *Paralichthys olivaceus* in suboptimal water temperature, *J. Aquaculture*, 42(3), 262~267.
- Kim, K. W. · Hwang, N. Y. · Son M. H. · Kim, K. D. · Lee, J. H. · Liu, Y. · Yun, Y. H. · Park, G. H. · Kim, S. S. · Lee, K. J. & Bai, S. C.(2011a). Optimum feeding rates in juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed practical expanded pellet at low and high water temperatures, *J. Aquaculture*, 44(4), 345~351.
- Kim, K. W. · Kang, Y. J. · Kim, K. D. · Son, M. H. · Choi, S. · M. · Bai, S. C. & Lee, K. J.(2009). Evaluation of extruded pellet for growth performance of olive flounder *Paralichthys olivaceus* in Jeju farm field, *J. Aquaculture*, 42(6), 604~608.
- Kim, K. W. · Kang, Y. J. · Lee, H. Y. · Kim, K. D. · Choi, S. M. · Bai, S. C. & Park, H. S.(2006b). Commercial scale evaluation of practical extruded pellet feed for the olive flounder (*Paralichthys olivaceus*), *J. Aquaculture*, 39(2), 100~105.
- Kim, K. W. · Kim, K. D. · An, C. M. · Son, M. H. · Lee, B. J. & Han, H. S.(2012). Effects of a Commercial Extruded Pellet on Growth Performance and Water Quality in Growing Olive Flounder *Paralichthys olivaceus*, *Jour. Fish. Mar. Sci. Edu.* 24(4), 602~608.
- Kim, K. W. · Kim, S. S. · Kim, J. W. · Son, M. H. · Kim, K. D. · Bai, S. C. & Lee, K. J.(2011b). Effects of feeding rate and pellet water soaking on growth, blood components, and histology of olive flounder *Paralichthys olivaceus*, *J. Aquaculture*, 44(5), 490~498.
- Kim, S. S. & Lee, K. J.(2009). Dietary protein requirement of juvenile tiger puffer (*Takifugu rubripes*), *Aquaculture*, 287, 219~222
- Kim, W. J · Kim, Y. S. & Chang, Y. J.(2010). Comparison of hematological properties in cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus* on different growth stages and seasons, *Dev. Reprod*, 14(2), 131~141
- Min, B. H. · Kim, H. C. · Lee, J. H. · Noh, J. G. · An, H. S. · Park, C. J. · Choi, S. J. & Myeong, J. I.(2010). Comparison of Growth Parameters in Selected and Unselected Strains of Olive Flounder *Paralichthys olivaceus*, *J. Aquaculture*, 43(5), 457~461.
- Nakagawa, K. & Ikuta, K.(1977). Electrophoretic evidence of seasonal variation of carp plasma albumin, *J. Fac. Fish. Aim. Husb. Hiroshima, Univ.* 16, 99~106.
- Oh, D. H. · Song, J. W. · Kim, M. G. · Lee, B. J. · Kim, K. W. · Han, H. S. · Lee, K. J.(2013). Effect of food particle size, stocking density and feeding frequency on the growth performance of juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegelii*, *J. Aquaculture*. 46(4), 407~412.
- Seo, J. Y. · Choi, J. · Lee, J. H. & Lee, S. M.(2007). Development of extruded pellet for growth of

제주도 양식현장 내 배합사료와 생사료의 급여가 넙치의 성장, 사육수질 및 조직성상에 미치는 영향 비교

flounder (*Paralichthys olivaceus*) in commercial
Scale feeding trials, J. aquaculture, 20(2), 114~120.
Statistics Korea.(2014). Statistic Database for
Aquaculture production, Retrieved from
<http://kostat.go.kr> on March 20.

-
- 논문접수일 : 2014년 06월 02일
 - 심사완료일 : 1차 - 2014년 06월 24일
 - 게재확정일 : 2014년 06월 25일