

여름철 넙치치어 배합사료의 적정지질함량 및 공급량

최세민*, 김강웅, 강용진, 박홍식¹, 배승철²
국립수산과학원 양식사료연구센터, ¹(주)수협사료, ²부경대학교 양식학과

Optimum Dietary Lipid Level and Feeding Rates of Extruded Pellets in Juvenile Flounder *Paralichthys olivaceus* during the Summer Season

Se-Min Choi*, Kang-Woong Kim, Yong Jin Kang, Hung-Sik Park¹ and Sungchul C. Bai²

Aquafeed Research Center, NFRDI, Pohang, 791-923, Korea

¹Fisheries Co-op Feeds Co. Ltd., Uiryeong 636-801, Korea

²Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

We evaluated the optimum dietary lipid level and feeding rates of extruded pellets (EP) in juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* during the summer season. The first experiment was conducted to determine the optimum dietary lipid level in juvenile flounder. Five isonitrogenous EP (52% crude protein) with increasing dietary lipids (6, 8, 10, 12 and 14%) were fed to satiety to triplicate groups of the juveniles (18.4±0.11g) twice a day for 6 weeks. Weight gain (WG) of fish fed EP with 10% lipid was significantly higher than those of fish fed EP with 6 and 14% lipid ($P<0.05$). Broken line model analysis suggested that the optimum dietary lipid level could be 9.08±0.37% for the maximum WG in juvenile flounder. The second experiment was conducted to determine the optimum feeding rate using experimental diet contained 10% lipid level that had the highest WG in first experiment. The feed intake of triplicate groups of the juveniles (13.4±0.15g) was restricted to four different feeding rates of 2.0, 2.5, 3.0 and 3.5% of their body weight day⁻¹ and to satiation using experimental diets. WG and feed efficiency (FE) of fish was affected by feeding rates. WG and specific growth rate of fish fed the diets increased with increasing feeding rate, however no significant differences ($P>0.05$) in WG and specific growth rate were observed between the fish fed 3.5% of their body weight day⁻¹ and to satiation. FE of fish fed 3.5% of their body weight day⁻¹ was significantly higher than those of fish fed 2.0% of their body weight day⁻¹ and to satiation ($P<0.05$). Broken line model analysis suggested that the optimum dietary feeding rate could be 3.56±0.06 % for the maximum WG in juvenile flounder. These results indicated that the optimum lipid level and feeding rate could be 9~10% (Energy: 4,774kcal and P/E ratio: 108mg protein/kcal in diet) and 3.5% of their body weight day⁻¹ in juvenile flounder, respectively.

Keywords: *Paralichthys olivaceus*, Flounder, Extruded pellet, Lipid level, Feeding rates

서 론

에너지는 영양소는 아니지만 단백질, 지질, 탄수화물의 이화 작용으로 생성되는 산물로 생명체의 생존에 가장 기본적으로 요구된다. 일반적으로 육상동물은 에너지원으로 탄수화물을 주로 이용하지만, 이와 달리 어류는 탄수화물에 대한 이용성이 낮아 단백질과 지질을 많이 이용하고 있다(NRC, 1993). 특히, 해산 어류는 단백질에 대한 에너지 이용성이 높아 단백질 요구량 외에 에너지 요구량을 충족시키기 위해 값비싼 단백질이 과잉 사용될 수 있다(Wilson and Halver, 1986; Wilson, 1989). 또한,

단백질의 최종산물은 대부분 암모니아(NH₃)로 과잉의 단백

질은 수질오염을 초래 할 수 있기 때문에(Brett & Groves, 1979) 보다 환경친화적인 관점에서 에너지에 대한 단백질, 지질, 탄수화물에 대한 연구가 필요하다. 이러한 연구는 연어 및 유럽산 농어에서 수행되어져 왔는데, 사료내 단백질은 단백질요구량에 맞추고 사료내 지질함량을 최대한으로 첨가하여 소화 가능한 에너지의 함량을 높이면 단백질을 절약하고 질소의 배출을 감소시킬 수 있다고 하였다(Cho and Kaushik, 1990; Peres and Oliveira-Teles, 1999a). 이와 관련하여 넙치에서도 사료내 단백질과 에너지의 비율에 대한 연구가 많이 수행되어 왔지만(Kim et al., 2002; Kim and Lee 2004; Lee et al., 2000, 2002), 아직 사료내 지질요구량을 규명하여 적정에너지 함량에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

*Corresponding author: neptune928@naver.com

적정 사료 공급량은 성장의 저하없이 경제적이고 효율적인 사양관리를 위한 방법의 하나로 경제적 및 환경적인 측면에서 매우 중요하다. 만약 사료가 과잉 공급되었을 경우 사료비용의 증가와 사료의 유실로 인해 수질오염이 발생할 우려가 있으며, 반대로 사료공급이 부족할 경우에는 양식어의 성장저하를 초래할 수 있다(Tsvis et al., 1992; Azzaydi et al., 2000). 사료공급량은 사육시기, 수온, 사료의 영양조성, 사료의 형태, 사료의 종류 등 다양한 요인에 따라 달라 질수 있는데(Brett et al., 1969; Brett and Higgs, 1970), 특히 사육시기, 수온 및 사료의 에너지 함량은 가장 영향을 미치는 요인이라고 할 수 있다(Cho, 1992). 일반적으로 어류는 자어기에서 성어기로 성장함에 따라, 적수온기에 비해 저수온기 및 고수온기 어체중 당 사료공급율은 감소하는 경향이 있다(NRC, 1993).

따라서, 본 연구는 고수온기인 여름철에 넙치치어 배합사료의 적정 지질함량 및 적정 사료공급량을 규명하기 위하여 넙치치어의 성장 및 체조성에 미치는 영향에 관하여 조사하였다.

재료 및 방법

실험 1. 여름철 넙치치어 배합사료의 적정지질 함량 설정 실험사료

넙치 실험에 사용된 실험사료의 조성과 일반성분은 Table 1에 나타내었다. 실험사료는 치어기 넙치 단백질요구량(Kim, 2002)을 고려하여 설계하였으며, 단백질원으로는 어분, 콘글루텐, 대두박을 사용하였고, 지질원으로 오징어간유(squid liver oil)를 그리고 탄수화물원으로 밀가루를 사용하였다. 실험사료

는 오징어간유와 밀가루를 제외한 모든 사료원이 동일하게 함유되었으며, 넙치 치어의 적정지질 수준을 평가하기 위해 지질 공급원으로 오징어간유를 사용하여 실험사료내 총지질 함량을 6, 8, 10, 12, 14%가 되도록 설계 하였다(L6, L8, L10, L12, L14). 모든 실험사료는 (주)수협사료에서 익스트루더를 이용하여 압출·성형하였으며 사료크기는 직경 3.5~4.5 mm로 제작되었다. 모든 실험사료는 포장하여 -20°C에 냉동 보관하면서 사용하였다.

실험어 사육관리

넙치치어 실험어는 경상북도 포항지역 양어장에서 국립수산과학원 양식사료 연구센터 사육실로 운반하여 3000 L 수조에서 실험 환경에 적응할 수 있도록 예비사육 하였으며, 실험시작 전에 모든 실험구는 실험사료에 적응시키기 위해 시판용 상업사료를 2주간 동일하게 공급하였다. 예비사육 후, 평균무게 18.4±0.11 g (mean±SD)인 넙치 치어를 300 L 사각수조에 30마리씩 수용하여 각 실험구당 3반복으로 무작위 배치하였다. 실험수조는 유수식으로 유수량은 5 L/min 되도록 조절하였다. 각 수조 당 충분한 산소 공급을 보충하기 위해 에어스톤을 설치하였으며, 실험기간 동안 평균 수온은 21~25°C로 전 실험기간 동안에 자연수온에 의존하였다. 사육수의 염분은 32.5~34.0‰이었고, 용존산소(DO)는 6.3~6.7 mg/L의 범위였다. 일일 사료공급량은 전 실험기간 동안 만복으로 1일 2회(오전 9시, 오후 4시) 공급하였으며, 6주간 실시하였다.

어체 측정

어체 측정은 3주 간격으로 실시하였으며, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후 MS-222 (100 ppm)로 마취시켜 전 체무게를 측정하였다. 실험종료 후, 증중율(percent weight gain,

Table 1. Composition, proximate analysis, energy and protein to energy ratio of the experimental diets for olive flounder

Ingredients	Diets (%) ¹				
	L6	L8	L10	L12	L14
White fish meal ²	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0
Corn gluten meal ²	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Soybean meal ²	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Wheat flour ²	23.2	21.0	19.0	16.9	14.9
Squid liver oil ²	-	2.20	4.20	6.30	8.30
Vitamin mixture ²	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Mineral mixture ²	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Lecithin ²	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Attractant ²	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Proximate analysis (% dry matter basis)					
Moisture	7.82	7.74	7.70	7.63	7.61
Crude protein	52.3	51.9	51.7	51.3	51.1
Crude fat	5.93	8.02	10.1	12.2	14.3
Crude ash	12.0	12.0	11.8	11.9	11.8
Energy & Protein to Energy ratio					
Energy (kcal)	4,517	4,622	4,774	4,921	5,064
Protein/Energy(mg protein/kcal)	116	112	108	104	101

¹L6, Dietary lipid level 6%; L8, Dietary lipid level 8%; L10, Dietary lipid level 10%; L12, Dietary lipid level 12%; L6, Dietary lipid level 14%.

²Suhyup feeds Co., Ltd., Uiryeong, Korea.

WG), 일간성장률(specific growth rate, SGR), 사료효율(feed efficiency, FE), 단백질전환효율(protein efficiency ratio, PER), 간중량지수(hepatosomatic index, HSI), 비만도(condition factor, CF) 및 생존율(survival rate, %)을 조사하였다. 간중량지수를 위해 각 수조별로 3마리씩 총 45마리의 간 무게를 측정하였다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

Weight gain (%) = (final weight – initial weight) × 100 / initial weight

Specific growth rate (%/day) = (log_e final weight – log_e initial weight) / days

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

Protein efficiency ratio = (wet weight gain / protein intake)

Hepatosomatic index = (liver weight / body weight) × 100

Condition factor = [fish weight (g) / fish length (cm)³] × 100

성분분석

일반성분은 실험사료와 각 수조별로 5마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 분석하였으며, AOAC(Association of Official Analytical Chemists, 2000)방법에 따라 수분은 강제 순환식 건조기(CeraX, Korea)를 이용하여 상압가열건조법(135°C, 2시간), 조단백질은 단백질분석기(Tecator kjeltec 1030 analyzer, Sweden)를 이용하여 kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조회분은 회화로(Yj-8500D, Korea)를 이용하여 직접회화법으로 분석하였다. 조지질은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, soxtec system 1046(Tecator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다. 등근육 아미노산은 아미노산 전용 분석기(The Biochrom 30 series, England)를 이용하여 Ninhydrin방법으로 분석하였다.

실험종료 후, 증중율 조사와 함께 혈액성분 분석을 위하여 실험어를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식시켰다. 실험어를 각 수조당 3마리씩 무작위로 추출한 후 일회용 주사기를 이용하여 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채혈하여 micro-hematocrit 방법(Brown, 1980)에 의해 헤마토크리트(hematocrit, PCV)를 측정하였으며, 동시에 Drabkin's 용액을 사용하여 cyan-methemoglobin 방법(Sigma Chemical, St. Louis MO; total hemoglobin procedure No. 525)으로 헤모글로빈(hemoglobin, Hb)을 측정하였다. 혈청성분의 분석을 위하여 채혈한 혈액을 항응고제가 처리되지 않은 원심분리관에 넣고 실온에 30분간 방치한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장보관하면서 16시간 이내에 분석하였다. 혈청성분은 혈액분석기 CH 100(대광메디텍, 한국)을 이용하여 GOT (glutamate oxaloacetate transaminase), GPT (glutamate pyruvate transaminase)는 Kinetic 방법으로, T-P (total protein), Glucose, T-G (triglyceride), Calcium, Phosphorus는 End-Point 방법을 이용하여 분석하였다.

통계처리

결과자료의 통계처리는 SPSS program을 사용하여 분산분석(ANOVA test)을 실시한 후, Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성을 검정하였다. 그리고, 적정지질 함량의 설정은 증체량을 지표로 broken-line model(Robbins et al., 1979)을 이용하여 측정하였다(SAS procedure NLIN, 2002).

실험 2. 여름철 넙치치어 배합사료의 적정지질 함량에 대한 적정 공급량 설정

실험사료

넙치 실험에 사용된 실험사료는 실험 1에서 성장결과가 가

Table 2. Growth performance of juvenile olive flounder fed dietary five lipid levels for 6 weeks¹

	Diets ²					Pooled SEM ³
	L6	L8	L10	L12	L14	
Initial weight (g/fish)	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	0.03
Final weight (g/fish)	48.7 ^c	56.6 ^a	59.2 ^a	55.7 ^{ab}	52.8 ^b	1.06
WG (%) ⁴	165 ^c	208 ^a	222 ^a	203 ^{ab}	187 ^b	5.67
SGR (%) ⁵	2.26 ^c	2.69 ^a	2.82 ^a	2.65 ^{ab}	2.50 ^b	0.06
FE (%) ⁶	117 ^c	126 ^a	129 ^a	124 ^{ab}	120 ^{bc}	1.35
PER ⁷	2.25 ^c	2.43 ^a	2.49 ^a	2.39 ^{ab}	2.30 ^{bc}	0.03
HSI ⁸	1.43	1.54	1.49	1.55	1.60	0.03
CF ⁹	1.01	1.03	1.08	1.05	1.02	0.01
Survival rate (%)	80.0	75.6	84.4	83.3	71.1	2.08

¹Values are means of triplicate groups values in the same row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$) as determined by Duncan method.

²Refer to table 1.

³Pooled standard error of mean: SD/\sqrt{n} , $n = 3$ replicated tanks of fish per.

⁴Weight gain (%) : $[\text{final wt. (g)} - \text{initial wt. (g)}] / \text{initial wt. (g)} \times 100$.

⁵Specific growth rate : $[\log_e \text{ final wt. (g)} - \log_e \text{ initial wt. (g)}] / \text{days} \times 100$.

⁶Feed efficiency (%) : $(\text{wet weight gain} / \text{dry feed intake}) \times 100$.

⁷Protein efficiency ratio : $\text{wet wt. gain} / \text{protein intake}$.

⁸Hepatosomatic index : $(\text{liver wt. (g)} / \text{body wt. (g)}) \times 100$.

⁹Condition factor : $[\text{fish wt. (g)} / \text{fish length (cm)}^3] \times 100$.

장 우수했던 L10(CP: 52%, CL: 10.1%)을 사용하였으며, Table 1에 나타내었다. 실험사료는 실험1에서와 동일한 방법으로 제작되었으며, 모든 실험사료는 포장하여 -20°C에 냉동 보관하면서 사용하였다.

실험어 사육관리

2주간의 예비사육 후, 평균무게 13.4±0.15 g (mean±SD)인 넙치 치어를 300 L 사각수조에 각각 30마리씩 수용하여 각 실험구당 3반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 실험 시작시에 5 L/min 되도록 하였다. 실험기간 동안 평균 수온은 21~25로 전 실험기간 동안에 자연수온에 의존하였다. 실험구는 사료공급량을 어체중 당 2.0, 2.5, 3.0, 3.5% 그리고 반복공급으로 구분으로 5개 실험구로 디자인하였으며, 1일 2회(오전 9시, 오후 4시) 공급하였다. 주 실험기간은 6주였다.

어체측정, 성분분석 및 통계처리

실험 1과 동일한 방법으로 시행하였다.

결 과

실험 1. 여름철 넙치치어 배합사료의 적정지질 함량 설정

사육실험 6주간의 증중률, 일간성장률, 사료효율, 단백질전환효율, 간중량지수, 비만도 및 생존율을 Table 2에 나타내었다. 증중률, 일간성장률, 사료효율 및 단백질전환효율은 사료내 지질함량이 6%(L6)에서 10%(L10)까지는 증가하다가 12%(L12)부터 감소하는 경향이 나타났다. 사료내 지질 함량이 8%(L8), 10%(L10)인 실험구가 6%(L6), 14%(L14)인 실험구보다 유의적으로 높았으며($P<0.05$), 사료내 지질 함량이 12%(L12)인 실험구와는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 간중량지수, 비만도 및 생존율은 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 사료내 지질함량에 따른 영향은 없으므로 판단된다. Broken line model 분석을 통한 최대 성장을 위한 여름철 넙치치어 배합사료의 적정 지질 함량은 9.08±0.37%로 나타났다(Fig. 1). 사육실험 종료 후, 전어체의 성분분석 결과 수분, 조단백질 및 조회분은 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 하지만, 전어체의 조지질 함량은 사료내 지질함량의 수준에 따라 증가하는 경향이 나타났다(Table 3). 전어체 조지질 함량은 사료내 지질함량이 12%(L12), 14%(L14) 실험구가 6%(L6), 8%(L8) 실험구보다 유의적으로 높게 나타

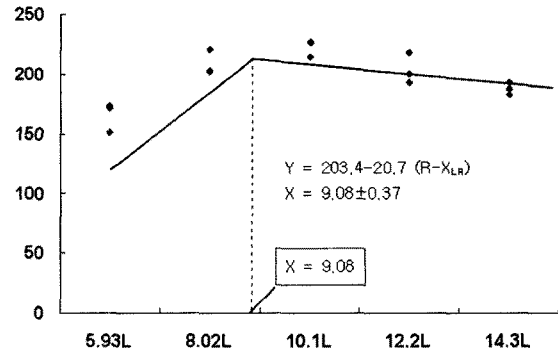


Fig. 1. Broken line analysis of weight gain (WG, %) to the dietary lipid levels in juvenile olive flounder.

났다($P<0.05$). 반면에, 사료내 지질함량이 6%(L6), 8%(L8), 10%(L10) 실험구간과 10%(L10), 12%(L12), 14%(L14) 실험구간에서는 각각 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 실험종료 후, 24시간 동안 절식시킨 실험어의 혈액내 헤마토크리트(PCV)와 헤모글로빈(Hb), 혈청내 GOT, GPT, 콜레스테롤(cholesterol), 총 단백질(total protein) 및 글루코오스(Glucose)의 함량은 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다(Table 4). 하지만, 혈청내 중성지질(triglyceride) 함량은 사료내 지질함량의 증가에 따라 점차 증가하는 경향을 보였다. 혈청내 중성지질은 사료내 지질 함량이 14%(L14)의 실험구가 사료내 지질함량 6%(L6), 8%(L8) 실험구보다 유의적 높게 나타났다($P<0.05$). 하지만, 사료내 지질함량이 6%(L6), 8%(L8), 10%(L10) 실험구간과 10%(L10), 12%(L12), 14%(L14) 실험구간에서는 각각 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

실험 2. 여름철 넙치치어 배합사료의 적정지질 함량에 대한 적정 공급량 설정

실험종료 후, 증중률, 일간성장률은 사료공급량이 증가할수록 유의적으로 높게 나타났지만($P<0.05$), 사료공급량이 어체중 당 3.5%(D3.5)와 반복 실험구(어체중 당 4.0% 수준, DS)는 유의적인 차이가 나타나지 않았다(Table 5). 이와 달리 사료효율과 단백질전환효율은 어체중 당 3.5%(D3.5)까지 증가하다가 반복실험구(DS)에서 감소하는 경향을 보였다. 어체중 당 2.5%(D2.5), 3.5%(D3.5) 실험구가 2.0%(D2.0) 및 반복실험구(DS)에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P<0.05$), 반면에

Table 3. Proximate composition of whole body of juvenile olive flounder

Composition	Diets (%) ¹					Pooled SEM ²
	L6	L8	L10	L12	L14	
Moisture	76.6	76.2	75.6	75.3	75.8	1.10
Crude protein	17.5	17.3	17.1	17.1	16.9	0.52
Crude fat	2.43 ^b	2.86 ^b	2.97 ^{ab}	3.16 ^a	3.17 ^a	0.23
Crude ash	3.82	3.86	3.81	3.91	3.93	0.30

¹Refer table 1.

²Pooled standard error of mean : SD/√vn.

Table 4. Serological characteristics of juvenile olive flounder fed five experimental diets for 6 weeks¹

	Diets ²					Pooled SEM ³
	L6	L8	L10	L12	L14	
PCV (%) ⁴	24.5	25.6	24.2	26.3	22.3	0.17
Hb ⁵	6.70	6.85	6.43	6.78	6.35	0.34
GOT (IU/L) ⁶	43.1	37.2	41.3	39.2	57.6	5.78
GPT (IU/L) ⁷	8.10	7.10	7.60	7.30	8.40	2.16
TG (mg/dL) ⁸	332 ^b	352 ^b	368 ^{ab}	387 ^a	383 ^a	29.5
T-Chol (mg/dL) ⁹	221	230	224	235	246	16.7
TP (g/dL) ¹⁰	4.35	4.42	4.43	4.38	4.37	0.13
Glucose (g/dL)	29.5	24.8	21.7	23.2	27.3	4.42

¹Values are means pooled SEM from triplicate groups of three pooled blood. Means in each row with a different superscript are significantly different ($P<0.05$).

²Refer table 1.

³Pooled standard error of mean : SD/\sqrt{n} .

⁴PCV (%) = Haematocrit.

⁵Hb (g/dl) = Hemoglobin.

⁶Glutamic oxaloacetic transaminase. One unit is defined as the amount of enzyme causing the transamination of 1.0 μ mol of L-aspartate per minute at 25°C and pH 7.4.

⁷Glutamic pyruvic transaminase. One unit is defined as the amount of enzyme causing the transamination of 1.0 μ mol of L-alanine per minute at 25°C and pH 7.4.

⁸Triglyceride.

⁹Total cholesterol.

¹⁰Total protein.

Table 5. Growth performance of juvenile olive flounder fed dietary five lipid levels for 6 weeks¹

	Diets ²					Pooled SEM ³
	D2.0	D2.5	D3.0	D3.5	DS	
Initial weight (g/fish)	13.4	13.4	13.4	13.4	13.5	0.04
Final weight (g/fish)	31.0 ^d	38.4 ^a	43.9 ^b	51.9 ^a	52.6 ^a	2.21
WG (%) ⁴	132 ^d	187 ^c	229 ^b	287 ^a	290 ^a	16.3
SGR (%) ⁵	2.34 ^d	3.11 ^c	3.60 ^b	4.18 ^a	4.21 ^a	0.19
FE (%) ⁶	133 ^b	144 ^a	143 ^{ab}	149 ^a	132 ^b	2.16
PER ⁷	1.81 ^b	2.08 ^a	2.09 ^{ab}	2.23 ^a	1.97 ^b	0.04
HSI ⁸	1.49	1.66	1.47	1.60	1.60	0.04
CF ⁹	1.01	0.99	1.03	1.07	1.05	0.01
Survival rate (%)	97.8	94.4	96.7	95.6	94.4	1.00

¹Values are means of triplicate groups values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$) as determined by Duncan method.

²D2.0, Feeding rate 2.0%; D2.5, Feeding rate 2.5%; D3.0, Feeding rate 3.0%; D3.5, Feeding rate 3.5%; DS, Feeding satiation rate.

³Pooled standard error of mean: SD/\sqrt{n} , $n = 3$ replicated tanks of fish per.

⁴Weight gain (%) : $[\text{final wt. (g)} - \text{initial wt. (g)}] / \text{initial wt. (g)} \times 100$.

⁵Specific growth rate : $[\log_e \text{ final wt. (g)} - \log_e \text{ initial wt. (g)}] / \text{days} \times 100$.

⁶Feed efficiency (%) : $(\text{wet weight gain} / \text{dry feed intake}) \times 100$.

⁷Protein efficiency ratio : $\text{wet wt. gain} / \text{protein intake}$.

⁸Hepatosomatic index : $(\text{liver wt. (g)} / \text{body wt. (g)}) \times 100$.

⁹Condition factor : $[\text{fish wt. (g)} / \text{fish length (cm)}^3] \times 100$.

3.0%(D3.0) 실험구와는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 사료공급량이 가장 낮은 2.0%(D2.0) 실험구와 가장 높은 만복실험구(DS)가 낮은 경향을 보였다. 간중량지수, 비만도, 생존율 및 전어체 성분분석은 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다(Table 5, 6). Broken line model 분석을 통한 최대 성장을 위한 여충철 넘치치어 배합사료(CP: 52%, LP: 10%, Energy: 4,774 kcal, P/E ratio: 108mg protein/kcal)의 적정 사료공급량은 어체중 당 3.56±0.06%로 나타났다(Fig. 2). 실험어

전어체성분의 수분, 조단백질, 조지질 및 조회분은 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

고 찰

어류영양에서 사료내 지질함량의 증가는 전어체의 지방축적 등에 영향을 미쳐 육질의 저하를 초래할 수 있다고 하였으나 (Cowey, 1993), 지질함량을 가능한 최대 높일 수 있다면 에

Table 6. Proximate composition of whole body of juvenile olive flounder

Composition	Diets(%) ¹					Pooled SEM ²
	D2.0	D2.5	D3.0	D3.5	DS	
Moisture	75.3	75.0	74.9	74.2	72.1	1.01
Crude protein	17.1	17.0	17.3	17.5	17.6	0.31
Crude fat	2.78	2.76	2.81	2.85	2.86	0.12
Crude ash	3.77	3.80	3.82	3.84	3.80	0.15

¹Refer table 5.

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

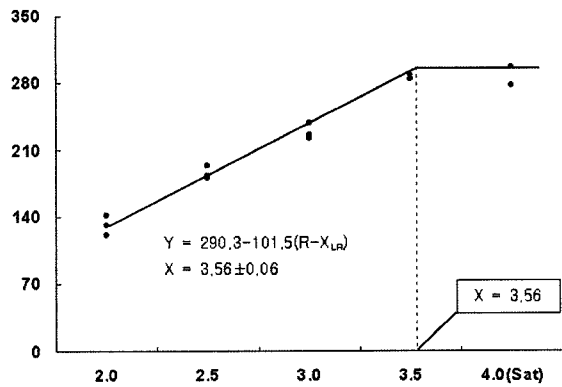


Fig 2. Broken line analysis of weight gain (WG, %) to the dietary feeding rates in juvenile olive flounder.

너지 이용성 향상, 단백질 절약효과 및 질소배출 감소 등의 장점이 있다(Cho and Kaushik, 1990; Peres and Oliva-Teles, 1999a). 본 연구는 여름철 고수온기에 넙치치어 배합사료의 단백질함량은 52%로 맞추고 지질함량을 6%에서 14%까지 달리 하여 6주 동안 사육하였다. 증체율, 일간성장률, 사료효율 및 단백질 전환효율은 사료내 지질함량 10% 첨가까지는 증가하다가 12% 이후 점차 낮아지는 경향이 나타났으며, 6% 실험구가 가장 낮은 수치를 보였다. 이러한 결과는 넙치치어 사료내 단백질 50%에 지질 13% 첨가시 일간성장률이 낮아지고, 지질함량의 증가가 성장을 위한 에너지원으로 효과적이지 않았다는 연구결과와 유사하였다(Sato, 1998; Lee et al., 2005). 또한 넙치와 유사한 어종인 터봇에서도 지질함량을 10~20% 증가시 증체율이 감소하는 것으로 나타났다(Cacerez-Martinez, 1984; Regost et al., 2001). 반면에, Lee et al.(2005)는 지질 6% 첨가시 가장 좋은 성장효과를 보인 반면 본 실험에서는 지질함량이 8~10%에서 좋은 결과를 보였고, 14% 실험구가 오히려 6% 실험구에 비해 높은 결과를 보인 것은 사육조건, 영양, 환경 등 여러 원인들이 있겠지만, 본 연구에서는 수온 및 익스트루드의 영향이 컸다고 사료된다. 여러 어종에서 수온의 차이에 의한 영양소이용률의 효과가 보고 되고 있으며(Cho and Bureau, 1998; Olsen and Ringo, 1998; Peres and Oliva-Teles, 1999b), 펠렛팅에 비해 높은 압력과 온도 조건에서 가공하는 익스트루드는 단백질, 탄수화물, 지질 등의 이용률이 향상된다고 하였다(Springate, 1991; Halver and Hardy, 2002). 하지만, 본 실험에서 넙치치어

배합사료의 적정 지질함량은 연어과 어류 및 유럽산농어의 사료내 지질함량 수준인 20~30%에 비해 매우 낮았으며, 단백질 절약효과도 거의 나타나지 않았다. 이러한 이유는 넙치는 터봇, 가자미 등과 같은 측편형 어류로 지방저장 부위가 지느러미 옆 부분으로 제한되어 있기 때문에(Andersen and Alsted, 1993) 지질에 대한 이용성이 낮은 것으로 판단된다. 실험종료 후, 전어체의 지질함량은 사료내 지질함량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며, 이러한 결과는 넙치(Lee et al., 2005), 터봇(Cacerez-Martinez, 1984; Regost et al., 2001), 연어과 어류(Johnsen and Wandsvik, 1990), 유럽산 농어(Peres and Oliva-Teles, 1999) 등 다른 어종에서도 유사한 결과가 나타났다. 또한, Lee et al.(2005)는 전어체 뿐만 아니라 간 및 내장에도 지질함량이 증가하였다고 보고하였다. 사료의 에너지 함량이 지나치게 높을 때에는 어체내 지방이 과도하게 축적되어 식품으로서의 가치가 떨어지기 때문에(Cowey, 1993; Hillestrad and Johnsen, 1994), 넙치에서도 사료내 지질 함량을 적정하게 유지해야 할 필요가 있다. 실험종료 후 24시간 절식시킨 넙치치어의 혈청성분 분석결과 GOT, GPT, 콜레스테롤(cholesterol), 총 단백질(total protein) 및 글루코오스(Glucose)의 함량은 실험구간의 차이를 보이지 않았다. 반면에 중성지질(triglyceride)함량은 전어체의 결과와 마찬가지로 사료내 지질함량의 증가에 따라 점차 증가하는 경향을 보였는데, 이러한 결과는 넙치(Kikuchi et al., 2000) 및 터봇(Regost et al., 2001)에서와 유사하였다. 그리고 넙치에서 지질이 사료에 과잉 함유되었을 경우 중성지질 뿐만 아니라 간과 근육내 지질의 함량이 증가하여 건강도에 문제가 발생할 수 있는 것으로 보고된 바 있어(Sato, 1998), 사료 배합표시에 주의해야 할 필요가 있다. Broken line model 분석을 통한 최대 성장을 위한 여름철 넙치치어 배합사료의 적정 지질 함량은 9.08±0.37%로 나타났다.

어류의 성장에 영향을 미치는 주요 환경인자인 수온과(Brett et al., 1969), 사료의 영양학적인 에너지함량은 사료공급량에 영향을 미치므로(Cho and Bureau, 1998), 사료 급여체계를 효율적으로 관리하기 위해서는 적정 에너지함량 뿐만 아니라 이에 맞는 사료공급량을 설정하는 것이 중요하다. 사료내 단백질 52%에 지질 10%를 함유한 사료를(P/E ratio; 108mg protein/kcal) 6주간 공급한 결과 증중률 및 일간성장률은 사료공급량이 늘어남에 따라 증가하다가 어체중 당 3.5% 및 반복 실험구(어체중

당 4.0% 수준)에서는 정체되는 경향을 보였다. 이와 달리 사료 효율과 단백질전환효율은 사료공급량에 따라 증가하다가 점차 감소하는 경향을 보였다. 어체중 당 2.5~3.5% 실험구간에서 가장 높았으며, 2.0% 및 반복구는 사료효율이 낮게 나타났다. 이러한 결과는 농어, 무지개송어, 연어 등 여러 어종에서의 결과와 유사하였다(Cho and Bureau, 1998; Eroldogan et al., 2004). Broken line model 분석을 통한 최대 성장을 위한 여름철 단백질 52%, 지질 10% (Energy: 4,774 kcal, P/E ratio; 108 mg protein/kcal)를 함유한 넙치치어 배합사료의 적정 사료공급량은 어체중 당 3.56±0.06%으로 나타났다.

따라서, 본 연구를 통하여 여름철 넙치치어(10~50 g) 배합사료의 적정지질 함량은 9~10%(P/E ratio; 108 mg protein/kcal) 내외, 이 사료에 대한 적정사료공급량은 어체중 당 3.5% 내외가 될 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 여름철에 넙치 치어 배합사료의 적정 지질함량 및 적정 사료공급량을 규명하는데 그 목적이 있다. 적정 지질함량 실험에서 실험사료는 사료내 단백질함량은 52%로 동일하게 맞추고 지질함량은 6, 8, 10, 12, 14%가 되도록 설계 하였다. 평균 무게 18.4±0.11 g (mean±SD)인 넙치 치어를 300 L 사각수조에 30마리씩 수용하여 각 실험구당 3반복으로 6주간 실시하였으며, 실험기간 동안 평균 수온은 21~25°C였다. 실험결과, 증중률, 일간성장률, 사료효율 및 단백질전환효율은 사료내 지질함량이 사료내 지질 함량이 8%(L8) 및 10%(L10)인 실험구가 6, 14%인 실험구보다 유의적으로 높았으며($P<0.05$), 사료내 지질 함량이 12%인 실험구와는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Broken line model 분석을 통한 최대 성장을 위한 여름철 넙치치어 배합사료의 적정 지질 함량은 9.08±0.37%로 사료된다. 적정 공급량 실험에서는 적정 지질함량 실험에서 성장결과가 가장 우수했던 L10을 사용하여 사료공급량을 어체 중 당 2.0, 2.5, 3.0, 3.5% 그리고 반복공급으로 구분으로 6주간 실험하였다. 실험어는 평균무게 13.4±0.15 g (mean±SD)인 넙치 치어를 300 L 사각수조에 각각 30마리씩 수용하여 각 실험구당 3반복으로 실시하였으며, 실험기간 동안 평균 수온은 21~25°C였다. 적정 사료공급량 실험결과, 증중률, 일간성장률은 사료공급량이 증가할수록 유의적으로 높게 나타났지만($P<0.05$), 사료공급량이 어체중 당 3.5%와 반복 실험구(어체중 당 4.0% 수준)는 유의적인 차이가 나타나지 않았다(Table 6). Broken line model 분석을 통한 최대 성장을 위한 여름철 단백질 52%, 지질 10% (P/E ratio; 108 mg protein/kcal)를 함유한 넙치치어 배합사료의 적정 사료공급량은 어체중 당 3.56±0.06로 사료된다. 따라서, 본 연구를 통하여 여름철 넙치치어(10~50 g) 배합사료의 적정지질 함량은 9~10% (Energy: 4,774 kcal, P/E ratio; 108 mg protein/kcal)내외, 이에 대한 적정사료공급량은 어체중 당 3.5% 내외가 될 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 국립수산물과학원(배합사료 기술개발, RP-2008-AQ-067)의 지원에 의해 운영 되었습니다.

참고문헌

- Andersen, N. G. and N. S. Alsted, 1993. Growth and body composition of turbot (*Scophthalmus maximus*) in relation to different lipid/protein ratios in the diet. (in) S. J. Kaushik and P. Luquet (eds.), Fish Nutrition in Practice. INRA Editions, Biarritz, France, pp. 479-491.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, VA.
- Azzaydi, M., F. J. Martines, S. Zamora, Sanchez-Valquez and J. A. Madrid, 2000. The influence of nocturnal vs. diurnal feeding condition under winter condition on growth and feed conversion of European sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*). Aquaculture, 182, 329-338.
- Brett, J. R. and D. A. Higgis, 1970. Effects of temperature on rate of gastric digestion in fingerling sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). J. Fish. Res. Bd. Can., 27, 1767-1779.
- Brett, J. R., J. E. Shelborn and C. T. Shoop, 1969. Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to temperature and ration size. J. fish. Res. Bd. Can., 26, 2363-2394.
- Cacerez-Martinez, C., 1984. Etudes sur les besoins nutritionnels de la sole (*Solea vulgaris*) et turbot(*Psetta maxima*). Ph.D. thesis, Universite de Bretagne Occidentale, Brest, France, 132 pp.
- Cho, C. Y., 1992. Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. Aquaculture, 100, 107-123.
- Cho, C.Y. and D. P. Bureau, 1998. Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture. Aquat. Living Resour., 11(4), 199-210.
- Cho, C. Y. and S. J. Kaushik, 1990. Nutritional energetic in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). World Rev. Nutr. Diet., 61, 132-172.
- Cowey, C. B., 1993. Some effects of nutrition and flesh quality of culture fish. (in) S. J. Kaushik & P. Luquet (eds.), Fish Nutrition in Practice. INRA Editions, Biarritz, France, pp. 227-236.
- Eroldogan, O. T., M. Kumlu and M. Aktas, 2004. Optimum feeding rates for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) reared in sea water and fresh water. Aquaculture, 231, 501-515.
- Halver, J. E. and R. W. Hardy, 2002. Fish Nutrition, third edition. Academic press, California, USA, 824 pp.
- Hillestrad, M. and F. Johnsen, 1994. High energy/low protein diets for Atlantic salmon: effects on growth, nutrient retention and slaughter quality. Aquaculture, 124, 109-116.
- Johnsen, F. and A. Wandsvik, 1990. The impact of high energy diets on pollution control in the fish farming industry. (in)

- Cowey, C.B. and C. Y. Cho (eds.), Proc. First Int. Symp. on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste, Ontario, Canada, pp. 51-63.
- Kikuchi, K., H. Sugita and T. Watanabe, 2000. Effect of dietary protein and lipid level on growth and body composition of Japanese flounder. *Suisanzoshoku*, 48(3), 537-543.
- Kim, K. W., X. J. Wang and S. C. Bai, 2002. Reevaluation of the dietary protein requirement of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquacult. Res.*, 33, 673-679.
- Kim, K. D. and S. M. Lee, 2004. Requirement of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids for juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 229, 315-323.
- Lee, S. M., S. H. Cho and D. J. Kim, 2000. Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder, (*Paralichthys olivaceus*). *Aquacult. Res.*, 31, 917-921.
- Lee, S. M., C. S. Park and I. C. Bang, 2002. Dietary protein requirement of young Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed isocaloric diets. *Fish. Sci.*, 68, 158-164.
- Lee, S. M. and K. D. Kim, 2005. Effects of lipid exchanged with dextrin at different protein level in diet on growth and body composition of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquacult. Nut.*, 11, 435-442.
- National Research Council (NRC), 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Acad. Press, Washington D.C., USA, 114 pp.
- Olsen, R. E. and E. Ringo, 1998. The influence of temperature on the apparent nutrient and fatty acid digestibility of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Aquacult. Res.*, 29, 695-701.
- Regost, C., J. Arzel, M. Cardinal, J. Robin, M. Laroche and S. J. Kaushik, 2001. Dietary lipid level, hepatic lipogenesis and flesh quality in turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 193, 291-309.
- Peres, H. and A. Oliva-Teles, 1999a. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juvenile (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 179, 325-334.
- Peres, H. and A. Oliva-Teles, 1999b. Influence of temperature on the apparent nutrition on protein utilization in juvenile European sea bass. *Aquaculture*, 170, 337-348.
- Robbins, K. R., H. W. Norton and D. H. Baker, 1979. Estimation of nutrient requirements from growth data. *J. Nut.*, 109, 1710-1714.
- Sato, T., 1998. Development of formulated feeds for juvenile Japanese flounder. Ph.D. thesis. Tokyo University of Fisheries, Tokyo, Japan.
- Springate, J., 1991. Extruded diets-worth the extra. *Fish Farmer* (March/April 1991). 45 pp.
- Tsevis, N., S. Klaoudatos and A. Conides, 1992. Food conversion budget in sea bass (*Dicentrarchus labrax*), fingerlings under two different feeding frequency patterns. *Aquaculture*, 101, 293-304.
- Wilson, R. P. and J. E. Halver, 1986. Protein and amino acid requirements of fishes. *Annu. Rev. Nutr.*, 6, 225-244.
- Wilson, R. P., 1989. Amino acids and proteins. (in) J. E. Halver (ed.), *Fish Nutrition*, 2nd edition. Academic Press, San Diego, CA, pp. 111-151.

원고접수 : 2008년 8월 27일

심사완료 : 2008년 10월 14일

수정본 수리 : 2008년 10월 31일