

시판 넙치용 배합사료의 품질평가

지승철 · 문경수¹ · 유진형^{2,*} · 이시우² · 김홍범² · 정관식²
 긴기대학 수산연구소, ¹주)우성사료, ²여수대학교 수산생명과학부

Quality Evaluation of Commercial Extruded Pellet Diet for Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Seung Cheol JI, Gyeong Su MOON¹, Jin Huyng YOO^{2,*}, Si Woo LEE²,
 Hong Beom KIM² and Gwan Sik JEONG²

Fisheries Laboratory, Kinki University, Uragami, Nachikatsuura, Wakayama 649-5145, Japan

¹Woo Sung Feed Co., LTD., 62-1 Ojeong-Dong, Daeduk-ku, Daejon, 306-785, Korea

²Division of Aqua Life Science, Yosu National University, Yeosu 550-749, Korea

This study evaluated the quality of commercial extruded pellet (EP) diet of five companies (A, B, C, D and E) for olive flounder *Paralichthys olivaceus* by biochemical analyses, physical properties and growth performance. The proximate analyses of five EP diets showed 3.2-10.0% of moisture, 49.3-55.5% of crude protein, 4.6-14.7% of crude lipid, 7.0-13.8% of crude ash, 0.7-10.5% of crude fiber, 10.0-27.3% of nitrogen free extract (NFE), 304.3-395.4 kcal/100 g of digestible energy (DE) and 6.1-7.1 of calorie/protein ratio (C/P). Peroxide value (POV) was highest in diet D (47.4 meq/kg) as compared to other diets which in the range of 4.0-11.7 meq/kg. Total amino acid contents were ranged from 46.54 to 55.46% with the highest content in diet B and the lowest content in diet C. Essential amino acid of diet C was lowest (7.43%) as compared to other diets which in the range of 19.43-20.30%. Saturated fatty acid was higher in diet A (37.65%) followed by diet B (36.32%), diet E (34.39%), diet C (30.95%) and diet D (30.10%). EPA+DHA were highest in diet E (30.78%) and lowest in diet C (15.48%). The floating rate after 6 hours on the sea water was highest in diet C (100%) followed by diet B (40%) and A (10%). However, diets D and E were completely settled down after 1 and 2 hours, respectively. The range of relative expansion rate was 27.2-49.3% for all diets and all reached the peak at 2-3 hours. The water absorption rate of diets C and D was lowest, and diet E was highest at 1 hour after deposition of sea water. Growth rate was higher in diet B (22.3%) and E (21.3%). Feed efficiency was higher in diet A (109.7%) and E (105.3%) and was significantly lowest in diet D (80.7%). The protein efficiency ratio was highest in diet E (2.72) and lowest in diet D (1.76). These results suggest that there is a necessity for improvement of nutrients balance and feed physical properties to fulfill the nutrient requirements and digestive characteristics of fishes in commercial EP diets.

Key words: Commercial EP diet, Olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, Quality evaluation, Growth performance

서 론

넙치는 조피볼락과 더불어 국내 주요 양식 대상종으로 국내외에서 영양요구량에 대한 연구가 지속적으로 진행되어 왔으며(Sato and Kikuchi, 1997; Lee et al., 2000; Kim et al., 2002), 국내에서는 전용 배합사료가 1990년대부터 제조되어 판매되고 있다. 최근 배합사료의 사용량이 점차 증가하고 있으나, 전체 양어사료 사용량의 20% 미만으로 생사료와 Moist pellet (MP) 사료의 사용량에 훨씬 미치지 못하고 있는 실정이다(Jeon, 2004). 이러한 생사료 위주의 사료 공급 체계는 환경오염의 가중과 낮은 사료효율로 양식 생산성 저하의 원인이 되고 있다. 한편, 2004년부터 정부가 배합사료의 일부 금액을 보조해주는 배합사료 직불제를 실시하면서 배합사료의 사용

확대를 유도하기 위한 노력을 계속하고 있다.

그러나, 어민들의 배합사료에 대한 인식은 가격이 높고, MP 사료에 비해 성장과 사료효율이 저조하며, 사료 섭취력과 소화에 문제가 있다는 고정관념이 다소 높은 것이 현실이다. 또한, 국내 양어사료 제품도 사료 원료의 높은 해외 의존도와 회사간 가격 경쟁에 따른 품질저하 등의 문제를 가지고 있다. 더불어 배합사료의 생산량이 축산사료에 비해 양적으로 훨씬 적어 전문적인 양어사료의 연구 개발이 아직 부족하며, 원료 가격에 맞추어 사료조성을 설계하여 판매는 경우도 있어, 배합사료의 품질저하의 원인이 되고 있다. 따라서, 배합사료의 체계적인 품질관리와 개선을 위해서는 지속적인 품질 평가를 통해 품질을 유지하고 개선점을 제시할 필요가 있다. 시판 배합사료에 대한 품질 평가는 넙치용 시판 분말배합사료에 대한 영양학적 분석과 성장비교(Jeong and Ji, 1998), 시판 넙치용 Extruded pellet (EP) 사료에 대한 품질 평가(Choi et al.,

*Corresponding author: jhyoo369@hanmail.net

2004)가 있으며, 주로 화학 분석을 통한 영양학적 평가가 이루어졌다. 한편, 사료의 물리적 특성, 즉 물성은 어류의 섭식과 소화에 직접적인 영향을 미치는 중요한 요건임에도 불구하고 사료 개발과 연구에서 아직까지 중요하게 인식되지 못하고 있다. 시판 배합사료의 평가에 관한 연구에서도 물성 평가에 관한 연구는 찾아보기 힘든 실정이다. 따라서, 영양학적, 물리적 평가와 함께 실제 대상 어류에 공급하여 성장효과를 함께 검토한다면 좀 더 정확한 품질 평가가 이루어질 수 있을 것이다. 이러한 정확한 품질 평가를 통한 체계적인 품질관리가 실시된다면 어민들의 시판 배합사료에 대한 신뢰 유지와 사용 확대에 크게 기여할 것으로 기대된다.

본 연구에서는 시판 넙치용 EP 사료의 품질 평가를 목적으로 화학적인 영양성분 분석, 물리적 특성 비교와 사육 실험을 통한 생물학적 성장 효과를 비교하였다.

재료 및 방법

실험사료

실험에 사용된 실험사료는 넙치용 EP 사료로 2002년도 국내 양어사료 회사 중 생산량 순위 10위권 내에서, 상위, 중위 그리고 하위 그룹에서 각 1개 회사씩 3개회사(A, B, C)의 사료를 선정하였다. 또한, 국외 사료와의 품질 비교를 위해 2개의 국외 회사(유럽, 일본; D, E)사료를 선정하여 총 5개 회사의 사료를 실험사료로 사용하였다. 각 사료는 모두 넙치용으로 시판되는 사료였으며, 기본적으로 일반성분이 유사한 제품(조단백질 48-50%)을 선정하였다. 또한 판매 가격의 경우 국내 제품은 모두 비슷하였으며(1,100-1,200 won/kg), 외국산의 경우 가격은 국내산보다 모두 높았으나(1,600-1,800 won/kg), 양식현장에 주로 공급되어 사용되는 제품을 선정하였다.

화학적 평가

화학적 평가를 위해 사료의 일반성분, 아미노산, 지방산 분석 및 산패도(Peroxide value, POV)를 측정하였다. 일반성분 분석은 AOAC (1990)의 방법에 따라 수분은 자동수분분석기(HR73, halogen moisture analyzer, Switzerland), 조단백질은 Kjeldahl 질소 정량법(KJELTEK Auto Sampler System 1035 Analyzer, Sweden), 조지방은 ether를 용매를 사용한 Soxhlet 추출법, 조섬유는 조섬유 자동분석기(Fibertec, Tecator, Sweden)를 이용하여 분석하였고, 조회분은 직접화학법으로 600°C에서 6시간 태운 후 정량하였다.

아미노산은 시료 5g을 sealing tube에 넣고 6N HCl 3mL을 넣어 진공상태로 120°C heating mentle에서 24시간 가수분해를 하였다. 가수분해 후 HCl을 제거하여 amino acid buffer (sodium dilution buffer, pH 2.2) 10mL로 정용한 후에 아미노산 자동분석기(Biochrom 20, Phamacia Co., England)를 이용하여 분석하였다.

지방산 분석은 AOCS (1990)의 방법에 따라 methyl ester화한 후에 gas chromatography (HP 5890, Hewlett-packard Co., USA), SPTM-2560 capillary column (100 m length×0.25 mm

I.D.×0.25 μm film thickness)을 이용하여 분석하였으며, 지방산 조성은 총 지방농도 중 함유하는 각각의 지방조성 성분을 백분율 (con. %)로 환산하여 나타내었다.

POV는 사료를 분쇄 후 각각 10g씩 hexane 300 mL가 담긴 삼각플라스크에 넣고 밀봉하여, 4°C 냉장고에 24시간 방치 후 filter paper (No. 2)로 거른 후 일정량을 취하여 산패도 자동분석기(716 DMS Titrino, Metrohm Co., Switzerland)를 이용하여 분석하였다.

물리적 특성

물리적 특성 비교를 위해 해수 침적 후의 시간 경과에 따른 부상율, 팽창율 및 수분 흡수율을 조사하였다. 부상율은 각 사료별로 20개씩 무작위로 추출하여 해수가 담긴 500 mL 비이커에 수용하고, 시간 경과에 따라 수면에 부상되어 있는 사료의 개수를 조사하여 백분율로 나타내었다. 침강사료의 판정은 각 시간별로 비이커의 해수를 3회 저었을 때 바닥에 완전히 가라앉은 개체를 침강 사료로 인정하였다.

팽창율은 각 사료별로 20개씩 무작위로 추출하여 베어너리 켈리퍼스(Digimatic caliper, Japan)로 지름과 길이를 측정한 후 해수가 담긴 500 mL 비이커에 수용하였다. 수용 후 시간의 경과에 따라 지름과 길이를 측정한 후 처음 값과의 차이를 백분율로 환산하여 팽창율을 계산하였다.

수분 흡수율은 각 사료별로 50개의 사료를 무작위로 추출하여 해수가 든 비이커에 수용하고, 시간 경과에 따라 3개씩 무작위로 추출하여 자동수분분석기(HR 73 halogen moisture analyzer, Switzerland)로 분석하여 수분 함량의 변화를 조사하였다.

생물학적 평가

실험어인 넙치, *Paralichthys olivaceus*는 전라남도 여수대학교 수산증양식연구센터에서 중간 육성된 평균체중 82±1.3 g 내외의 것을 사용하였다. 실험 전 MP 사료(생사료:분말사료 =1:1)를 공급하여 1주간 예비 사육한 후, 1톤 원형 사육수조에 각 수조당 무작위로 40마리씩 2반복으로 수용하여, 5개 회사의 EP 사료를 공급하여 4주간 실험하였다. 사료 공급은 1일 2회(09:00, 17:00)로 먹지 않을 때까지 공급하였다. 수온은 17.6-13.2°C, DO는 7.6-8.3 mg/L이었다.

어체측정은 실험 전과 종료 후에 실시하였으며, 측정 전 24시간 절식 후 MS-222 100 ppm에 마취시켜 실험어 전체의 무게를 측정하였다. 실험 종료 시에는 각 실험구당 15마리씩 무작위로 추출하여 10마리는 전장, 체중, 간중량 그리고 내장 중량을 측정하여 간중량지수(Hepatosomatic index, HSI), 내장중량지수(Visceralsomatic index, VSI), 비만도(Condition factor, CF) 계산에 이용하였고, 5마리는 전어체 일반성분 분석에 사용하였다.

통계처리

모든 결과의 통계처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1995)로 평균간의 유의성을 SPSS

(SPSS Inc., 1997) 프로그램을 사용하여 검정하였다.

결 과

화학적 평가

5개회사의 실험사료 일반성분 분석 결과는 Table 1에 나타내었다. 수분함량은 3.2-10.0%, 조단백질은 49.3-55.5%, 조지방은 4.6-14.7%, 조회분은 7.0-13.8%, 조섬유는 0.7-10.5%, NFE(nitrogen free extract)는 B, D 그리고 E사는 10.0-15.3% 범위였으나, A사와 C사는 각각 22.1%와 27.3%로 높았다. 가소화에너지 함량(digestible energy, DE)은 304.3-395.4 kcal/100 g, 에너지/단백질 비(calorie/protein ratio, C/P)는 6.1-7.1 범위이었으며, POV는 D사가 47.4 meq/kg로 가장 높고, 나머지는 4.0-11.7 meq/kg 범위이었다.

Table 1. Nutrients composition of five companies EP diets for olive flounder, *Paralichthys olivaceus*

Ingredients	Diets				
	A Co.	B Co.	C Co.	D Co.	E Co.
Expanded pellet	100	100	100	100	100
Nutrients composition in wet matter (%)					
Moisture	3.2	8.9	10.0	9.2	8.7
Crude protein	53.9	50.2	49.3	55.5	54.0
Crude lipid	8.6	4.8	5.7	14.7	6.7
Crude ash	10.9	12.2	7.0	9.9	13.8
Crude fiber	1.3	10.5	1.0	0.7	1.6
NFE ¹	22.1	13.4	27.3	10.0	15.3
DE (kcal/100 g) ²	373.2	304.3	342.5	395.4	339.0
C/P ³	6.9	6.1	6.9	7.1	6.3
POV (meq/kg)	4.0	7.4	11.7	47.4	8.5

¹Nitrogen free extract=100-(moisture+crude protein+crude lipid+crude ash+crude fiber).

²Digestible energy; based on 4.5 kcal/g protein, 8 kcal/g lipid and 2.8 kcal/g NFE.

³Calorie/Protein ratio=DE (kcal/100 g)/crude protein (%).

총아미노산 함량은 46.54-55.46%로 B사가 가장 높고, C사가 가장 낮았다. 필수아미노산 함량은 C사가 17.43%로 가장 낮았으며, 나머지는 사료는 19.43-20.30% 범위였다(Table 2). A/E비율에서는 Thr은 A사, Lys는 B사, Ile는 E사, Arg는 C사가 타 실험 사료에 비해 높은 값을 보였다(Table 3).

지방산 측정 결과는 Table 4에 나타내었다. 포화지방산은 A사와 B사가 37.65%, 36.32%로 높았으며, C사와 D사는 30.95%와 30.10%로 낮았다. 불포화 지방산 중 모노엔산은 D사와 E사가 높고, A사와 B사가 낮았으며, 전체적으로 18:1가 높은 함량을 보였다. 폴리엔산은 36.86-43.76% 범위로 C사가 가장 높고, E사가 가장 낮았다. 고도불포화 지방산인 EPA+DHA는 E사가 30.78%로 가장 높았으며, C사가 15.48%로 가장 낮았다.

물리적 평가

각 사료의 부상율 측정 결과는 Fig. 1에 나타내었다. A사는

Table 2. Amino acid composition of five companies EP diets for olive flounder, *Paralichthys olivaceus* (% of dry matter basis)

Amino acid	Diets				
	A Co.	B Co.	C Co.	D Co.	E Co.
Asp	4.38	6.20	5.25	6.14	6.39
Ser	1.84	2.75	2.37	2.81	0.65
Glu	12.17	12.35	10.91	12.05	11.22
Gly	3.19	3.29	1.21	2.58	3.06
Ala	3.40	3.85	3.94	4.09	3.91
Cys	2.32	2.49	2.07	2.38	2.44
Tyr	1.21	1.39	1.20	1.48	1.50
Val	0.83	0.56	0.77	0.63	0.83
Thr	2.21	1.33	0.99	1.15	0.96
Phe	2.15	2.29	1.97	2.27	2.17
Met	1.35	1.43	1.10	1.48	1.52
Lys	1.78	2.07	1.56	1.57	1.85
Leu	4.16	3.98	3.69	4.18	3.78
Ile	1.76	2.33	1.81	2.14	2.48
His	3.56	4.12	2.98	3.69	4.11
Arg	1.89	2.19	2.56	2.32	2.28
Amm	2.56	2.87	2.33	2.86	2.96
EAA ¹	19.69	20.30	17.43	19.43	19.98
E/A ratio ²	38.79	36.60	37.45	36.10	38.34
Total	50.76	55.46	46.54	53.82	52.11

¹Essential amino acid.

²Essential amino acid content/total amino acid content.

Table 3. A/E ratio* of five companies EP diets for olive flounder, *Paralichthys olivaceus*

Amino acid	Diets				
	A Co.	B Co.	C Co.	D Co.	E Co.
Val	36	23	37	27	35
Thr	95	55	48	49	40
Phe+Tyr	145	152	153	161	153
Met+Cys	158	162	153	166	166
Lys	77	86	76	67	77
Leu	179	165	178	179	158
Ile	76	96	87	92	104
His	153	170	144	159	172
Arg	81	91	124	100	95

*A/E ratio=each essential amino acid content/total essential amino acid content including cystine and tyrosine.

1시간째 90%, 5시간째는 70%이었으나, 6시간째는 10%로 대부분 침강하였다. B사는 1시간째 70%, 6시간째는 40%의 부상율을 보였다. C사는 6시간째까지 100%이었으며, D사는 침직 직후 50%가 침강하고, 30분 후 대부분 부서져서 가라앉았다. E사는 1시간째 10%, 2시간 이후 모두 침강하였으나, 형태는 유지되었다.

해수 투입 후 5분만에 측정한 팽창율에서 E사가 25.6%로 가장 높고, 그 다음은 B사가 15.8%, A, C, D사는 각각 6.6%, 8.4%, 5.7%이었다. 1시간째는 B사와 E사가 40.5%, 38.3%로 높았으며, 그 다음은 A사(35.7%), C사와 D사는 낮은 값을 보였다. D사는 20분째 14.2%를 보였으며, 이후 사료가 부서져 크기를 측정할 수가 없었으며, 5개회사 대부분 2-3시간째 팽창율이 최대에 이르렀다(Fig. 2).

Table 4. Fatty acid composition of five companies EP diets for olive flounder, *Paralichthys olivaceus* (% of lipid)

Fatty acid	Diets				
	A Co.	B Co.	C Co.	D Co.	E Co.
14:0	4.05	6.91	3.29	6.10	7.30
16:0	21.82	21.39	18.97	18.26	20.71
18:0	7.60	5.21	4.24	3.56	4.61
21:0	3.24	1.51	3.59	1.45	0.88
23:0	0.63	1.16	0.76	0.67	0.84
24:0	0.13	0.14	0.10	0.06	0.05
Saturates	37.65	36.32	30.95	30.10	34.39
16:1	3.78	6.51	4.04	6.63	8.30
17:1	0.21	0.52	0.26	0.29	0.60
18:1	16.99	13.63	19.17	13.61	15.68
20:1	1.02	1.22	1.12	4.29	2.38
22:1	1.30	0.52	0.69	4.62	1.78
Monoenes	23.30	22.40	25.28	29.44	28.74
18:2	17.87	9.95	27.18	9.11	3.90
20:2	0.82	1.71	0.73	2.26	1.88
22:2	0.46	0.42	0.37	0.64	0.30
20:5 (EPA)	8.39	12.73	6.83	12.24	15.20
22:6 (DHA)	11.68	16.47	8.65	16.22	15.58
Polyenes	39.22	41.28	43.76	40.47	36.86
EPA+DHA	20.07	29.2	15.48	28.46	30.78
Total	100	100	100	100	100

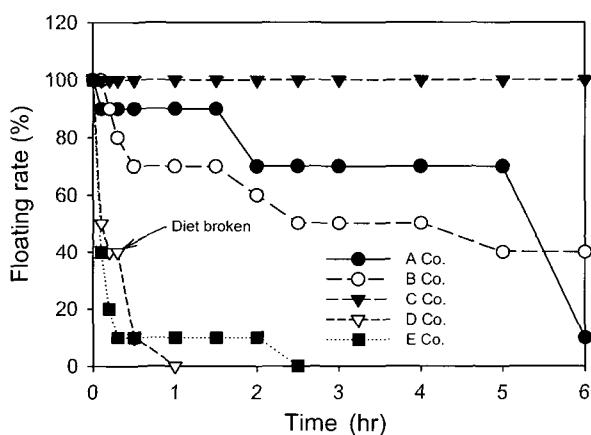


Fig. 1. Changes of floating rate (%) with lapse of time after put into the sea water of five companies EP diets for olive flounder, *Paralichthys olivaceus*.

수분 흡수율의 변화는 Table 4에 나타내었다. 침적 직후인 1분째 E사가 37.5%로 가장 높고, B사 25.4%, 나머지는 16.6-17.2% 범위였다. 10분째도 E사가 52.2%로 가장 높고, B사 (39.5%)가 그 다음으로 높았다. 1시간 후도 E사, B사가 높았으며, A사도 64.1%로 B사와 비슷한 값을 보였다. 3시간째는 2시간째의 수분 함량과 큰 차이가 없었고, 실험 종료시인 6시간째도 3시간째와 유사한 값들을 보였으며, D사가 54.0%로 가장 낮았고, 나머지는 63.6-67.8% 범위이었다.

생물학적 평가

성장률은 B사와 E사가 22.3%, 21.3%로 C사와 D사의 16.2%와 17.0%보다 유의적으로 높았다($P<0.05$). 사료효율은 A사와

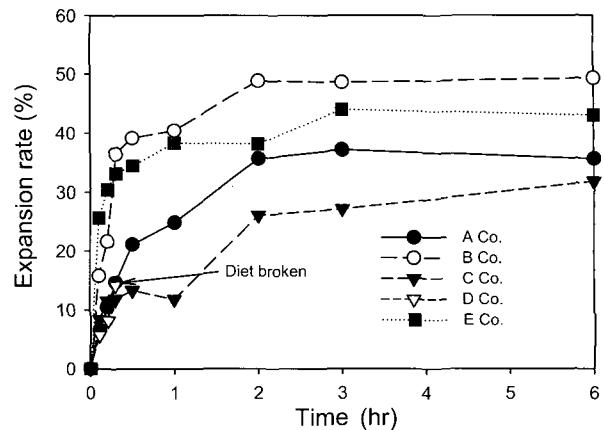


Fig. 2. Changes of expansion rate (%) with lapse of time after put into the sea water of five companies EP diets for olive flounder, *Paralichthys olivaceus*.

E사가 109.7%와 105.2%로 C사와 D사의 84.3%와 80.7%보다 유의적으로 높았다($P<0.05$). 단백질전환효율은 E사가 2.72로 C사(2.09) 및 D사(1.76) 보다 유의적으로 높았다($P<0.05$) (Table 5).

전여체의 일반성분 함량, 간의 수분, 조단백질 및 조회분 함량은 실험구간에 유의차가 없었다($P>0.05$). 간의 조지방 함량은 D사가 2.3%로 나머지는 실험구의 0.7-1.5% 보다 유의적으로 높았다($P<0.05$) (Table 6).

내장중량비(VSI)와 비만도(CF)는 실험구간에 유의차가 없었으나, 간중량비(HSI)는 D사가 2.7%로 C사와 E사의 1.8%보다 유의적으로 높았다($P<0.05$).

고찰

어류는 조직합성, 성장, 에너지원으로써 단백질의 이용율이 매우 높아 사료 내 적정 단백질 함량은 영양적, 경제적 측면에서 매우 중요한 요건이다(Mcgoogan and Gatlin, 1999). 본 연구에 사용된 5개사 사료의 단백질 함량은 견중량 환산 기준 모두 50% 이상으로 이전의 넘치 단백질 요구량 연구 결과와 비교해 큰 문제가 없는 것으로 판단된다(Lee et al., 2000; Kim et al., 2002). 그러나 단백질은 함량뿐만 아니라 질적인 문제도 중요한 요인으로서, 적정 단백질 함량을 충족하는 조건하에서의 아미노산함량과 균형을 비교하여 단백질의 질이 평가되어야 한다.

본 연구에 사용된 실험사료의 사료 내 총 아미노산 함량은 46.54-55.46%로 이전의 넘치 아미노산 요구량 설정(49.97%)과 대체단백질 실험(52.52%)에서 사용된 실험 사료의 아미노산 총량과 큰 차이를 보이지 않았다(Kikuchi et al., 1994; Forster and Ogata, 1998). 그러나, 필수아미노산 함량과 E/A 비율은 36.1-38.8% 수준으로 넘치, 방어 등의 해산어 실험사료의 43-49%보다 낮았다(Forster and Ogata, 1998; Alam et al., 2002). 또한, 각 필수 아미노산의 함량 비율을 나타내는 A/E의 비율이

Table 5. Growth performance, HSI, VSI and CF of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* fed five companies EP diets for 4 weeks*

	Diets				
	A Co.	B Co.	C Co.	D Co.	E Co.
Initial body weight (g)	80.2±2.5	81.9±1.3	82.9±2.2	82.0±3.1	82.1±1.0
Final body weight (g)	95.6±3.3	100.2±4.5	96.3±3.1	95.9±6.3	99.6±2.1
Weight gain (%) ¹	19.2±0.4 ^{ab}	22.3±0.8 ^b	16.2±0.5 ^a	17.0±1.2 ^a	21.3±0.5 ^b
Feed efficiency (%) ²	109.7±8.3 ^c	93.8±4.5 ^{ab}	84.3±3.6 ^a	80.7±3.7 ^a	105.2±2.6 ^c
Daily feed intake (%) ³	0.57±0.08 ^a	0.57±0.03 ^a	0.52±0.02 ^a	0.58±0.08 ^a	0.48±0.03 ^a
Protein efficiency ratio ⁴	2.04±0.21 ^a	2.56±0.12 ^{ab}	2.09±0.31 ^a	1.76±0.10 ^a	2.72±0.12 ^b
Final organ-somatic index (%) and condition factor (CF)					
HSI ⁵	2.4±0.5 ^{ab}	2.1±0.2 ^{ab}	1.8±0.4 ^a	2.7±0.7 ^b	1.8±0.4 ^a
VSI ⁶	6.7±0.8	6.0±0.7	6.2±0.5	7.0±1.0	6.0±0.5
CF ⁷	0.9±0.1	0.9±0.1	0.8±0.1	0.9±0.1	0.9±0.1

¹Weight gain=(final body weight-initial body weight)/(initial body weight)×100.

²Feed efficiency=(fish weight gain×100)/total feed intake.

³Daily feed intake=(feed intake×100)/[(initial body weight+final body weight)/2]×days fed.

⁴Protein efficiency ratio=body weight gain/protein intake.

⁵Hepatosomatic index=liver weight/body weight.

⁶Visceralsomatic index=visceral weight/body weight.

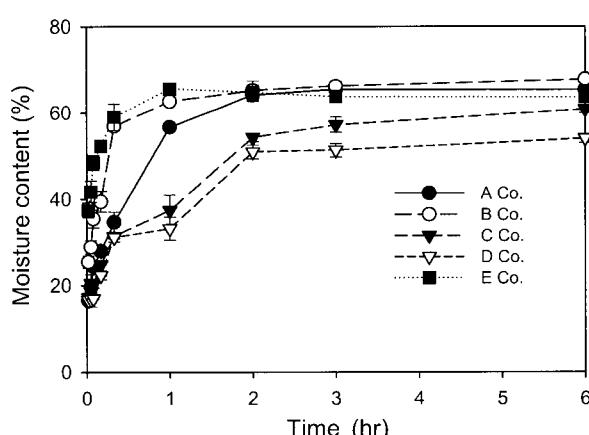
⁷Condition factor=final body weight/body length³.

*Values (mean±SD of two replicate groups) with a different superscript within the same row are significantly different ($P<0.05$).

Table 6. Chemical composition (%) of the whole body and liver of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* fed five companies EP diets for 4 weeks*

	Diets				
	A Co.	B Co.	C Co.	D Co.	E Co.
Whole body					
Moisture	75.7±0.43	75.0±0.07	76.0±0.21	75.4±0.49	74.2±0.67
Crude protein	19.5±1.43	19.2±0.63	19.0±1.73	18.7±0.39	18.9±0.09
Crude lipid	1.5±0.37	1.4±0.35	0.9±0.05	1.0±0.45	1.1±0.35
Crude ash	4.2±0.47	4.3±0.10	4.1±0.07	4.6±0.04	4.5±0.39
Liver					
Moisture	70.3±0.17	72.9±0.57	67.3±0.16	67.3±0.16	68.2±1.44
Crude protein	11.9±0.94	12.6±0.39	13.0±0.52	11.8±0.21	13.7±0.18
Crude lipid	1.0±0.80 ^a	0.7±0.72 ^a	0.8±0.36 ^a	2.3±0.17 ^b	1.2±0.69 ^a
Crude ash	2.2±0.11	1.7±0.12	1.5±0.14	1.9±0.19	1.6±0.12

*Values (mean±SD, n=5) with a different superscript within the same row are significantly different ($P<0.05$).

Fig. 3. Changes of moisture contents (%) with lapse of time after put into the sea water of five companies EP diets for olive flounder, *Paralichthys olivaceus*.

심한 불균형을 보였는데, Val, Lys, Arg 그리고 Met+Cys는 이전의 연구에서 밝혀진 요구량 보다 낮은 값을, His, Thr, Leu는 높은 값을 보여 대부분의 필수 아미노산이 요구량과 차이를 보였다(Forster and ogata, 1998; Alam et al., 2000; 2002). 이러한 아미노산의 불균형은 아미노산의 이용율을 저하시켜 어류의 성장을 감소시킬 뿐만 아니라 단백질 이용율의 감소로 이어져 전체적인 사료 이용율을 저하시키는 원인으로 작용한다. A/E 비율의 심한 불균형은 어분 대체 단백원의 사용이 주요 원인으로 생각된다. 어분 대체단백원의 개발과 사용은 양어사료가 풀어야 할 필연적 과제이나, 무분별한 대체 단백원의 사용은 재고되어야 한다. 대상어류의 아미노산 요구량에 맞는 대체 단백원의 사용량 조절과 부족한 아미노산의 보충, 아미노산 함량이 상호 보완되는 대체단백원의 혼합사용으로 단백질의 이용율을 높이는 연구가 지속되어야 할 것이다(Lee et al., 1996; Kikuchi et al., 1997).

넙치의 적정 에너지 함량과 단백질 비는 4,000 kcal/kg, C/P는 8.7 정도로 이때의 단백질 함량과 지방 함량은 각각 45.9%, 12.9%이었다(Kim, 2001). 본 연구에 사용된 사료는 C/P는 6.3-7.1 수준으로 이전의 연구 결과에 비해 모두 낮은 수준이었다. 이는 높은 단백질 함량에 비해 사료 내 낮은 에너지 함량이 주요 원인이며, 이러한 영양학적 불균형에 대한 시정이 있어야 할 것으로 보인다.

지방산의 요구에 있어서 담수어류는 linoleic acid, 해산어류는 DHA, EPA 등의 n-3 HUFA 계열의 지방산이 중요하게 작용하며(NRC, 1993), 넙치는 1.1-1.4%의 DHA와 EPA의 요구량을 갖는 것으로 보고되고 있다(Takeuchi, 1998; Watanabe and Vassallo-Acius, 2003). A, B 그리고 C사는 n-3 HUFA 함량이 사료내 1% 미만으로 요구량에 미치지 못하였다. D사는 각각 2% 수준이었으며, E사는 EPA와 DHA 함량이 각각 1% 정도로 1:1 비율을 유지하고 있었다. 특히, A사와 C사의 경우는 타 회사보다 linoleic acid의 함량이 매우 높았으며, 상대적으로 DHA와 EPA의 함량이 낮았는데, 식물성 지질원의 사용이 주요 원인으로 생각된다.

사료의 POV는 D사가 44.7 meq/kg으로 나머지 사료의 4.0-11.7 meq/kg보다 높았다. 방어 사료의 경우 사료 내 지방 함량 5%, POV 26 meq/kg일 때 폐사율이 증가하고 성장이 저하한다고 보고되었다(Murai et al., 1988). 무지개 송어는 사료 내 지방 함량 7.5%, POV가 120 meq/kg 일때는 폐사율이 증가한다는 보고가 있다(Hung et al., 1980, 1981). D사의 POV는 이전의 연구 결과와 비교했을 때 성장과 폐사에 영향을 줄 수 있는 범위로 판단되어지며, 사료의 높은 지방 함량과 수입으로 인한 장시간의 유통기간이 원인으로 판단된다.

사료의 부상율은 C사가 가장 높았고, 팽창률은 C사가 가장 낮아 수중에서의 형태 유지 능력은 C사가 높은 것으로 평가되었다. 높은 부상 능력과 낮은 팽창율은 어류가 사료를 섭취할 수 있는 시간이 길어지고 사료 유실이 적어 환경오염 감소에 유리할 것으로 판단된다. 배합사료 사용의 중요한 목적 중의 하나는 생사료 보다 환경친화적이기 때문이나, 이와 함께 고려되어야 할 점은 양식대상 어종의 소화생리에 적합한 형태의 사료 물성이다. 특히, 넙치는 위의 구조와 특성이 단단한 먹이의 소화에 불리한 조건을 갖추고 있는 것으로 보고되었으며(Ji, 2002), Grove et al. (2001)은 넙치와 유사한 형태의 종인 Turbot, *Scophthalmus maximus*는 건조사료(dry pellet)의 소화과정에서 반드시 수분첨가가 이루어져야 한다고 보고하였다. 수분 흡수력은 C사와 D사가 가장 낮았으며, 특히 2시간 째까지의 흡수력에서는 다른 사료와 많은 차이를 나타내었다. 이는 사료가 위속으로 혼입되어 1차적인 물리적인 소화 능력 감소에 영향을 줄 수 있으며, 특히 위의 기능이 약하고 수분 이용성이 높은 넙치에 있어서는 사료의 물성이 충분히 고려되어야 함을 반증하는 결과이기도 하다. 이러한 대상 어종의 소화생리에 적합한 물성의 사료는 기호성과 소화력을 증가시키고, 양식장의 환경오염을 감소시켜 친환경적인 문제도 함께

해결 할 수 있을 것으로 기대된다.

실험사료를 대상으로 한 성장효과 실험에서 B사와 E사 사료가 성장, 사료효율 및 단백질전환효율에서 좋은 결과를 보였다. 이는 사료의 일반성분, 아미노산 및 지방산 등의 영양 함량의 균형, 사료내 빠른 수분 흡수에 따른 소화능력의 향상이 종합적으로 영향을 준 것으로 생각된다. D사 사료구의 간의 높은 지방 함량과 간중량비는 사료내 높은 지방 함량과 C/P의 불균형이 원인으로 작용한 것으로 보이며, 국외 사료의 영양학적 검토 없는 수입과 사용은 자제되어야 할 것이다.

본 연구결과, 시판 넙치용 EP사료는 전체적으로 영양요구량에 충분히 부합하지 못하거나, 필수 영양소 및 C/P의 불균형, 사료별 물성의 차이를 보였으며, 이러한 결과는 성장 효과의 차이를 초래하였다. 따라서, 배합사료의 개발과 제조에 있어서 필수 영양소의 균형을 고려한 사료의 조성 설계가 이루어져야 하며, 해당 어종의 소화 특성에 맞는 물성이 함께 고려된다면 배합사료의 환경 친화력과 이용율이 더욱 증가할 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- Alam, M.S., S. Teshima, D. Yaniharto, S. Koshio and M. Ishikawa. 2002. Influence of different dietary amino acid patterns on growth and body composition of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture, 210, 359-369.
- Alam, M.S., S. Teshima, M. Ishikawa and S. Koshio. 2000. Methionine requirement of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. World Aquacult. Soc., 31, 618-626.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemists. 15th ed. Arlington, Verginia, pp. 1298.
- AOCS. 1990. AOCS official method Ce 1b-89. In: Official method and recommended practice of the AOCS, 4th ed., Vol I, AOCS. Champaign, USA.
- Choi, S.M., K.M. Han, X. Wang, S.H. Lee and S.C. Bai. 2004. Quality evaluation of domestic and foreign extruded pellets and moist pellet based on biochemical analyses for juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacult., 17, 144-150.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F test. Biometrics, 11, 1-42.
- Forster, I. and H.Y. Ogata. 1998. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major*. Aquaculture, 161, 131-142.
- Grove, D., R. Genna, V. Paralika, J. Boraston, M.G. Hornyold and R. Siemens. 2001. Effects of dietary water content on meal size, daily food intake, digestion

- and growth in turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). *Aqua. Res.*, 32, 433-442.
- Hung, S.S.O., C.Y. Cho and S.J. Slinger. 1980. Measurement of oxidation in fish oil and its effect on vitamin E nutrition of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37, 1248-1253.
- Hung, S.S.O., C.Y. Cho and S.J. Slinger. 1981. Effect of oxidized fish oil, DL- α -tocopheryl acetate and ethoxyquin supplementation on the vitamin E nutrition of rainbow trout, *Salmo gairdneri* fed practical diets. *J. Nutr.*, 111, 648-657.
- Jeon, I.G. 2004. The present condition of Korean aquaculture. Proceeding of the Korea-Japan International Symposium on Aquaculture. Yosu, pp. 9.
- Jeong, K.S. and S.C. Ji. 1998. Development of high efficient moist pellet (HEMP) diet for flounder, *Paralichthys olivaceus*. II. Availability evaluation of five different commercial compound meals as dietary ingredients. *Bull. Mar. Sci. Inst.*, Yosu Natl. Univ., 7, 35-45.
- Ji, S.C. 2002. Feeding and digestive characteristics of Korean major marine cultured fish. Ph.D. Thesis, Yosu University, Korea, pp. 150.
- Kikuchi, K., T. Furuta and H. Honda. 1994. Utilization of feather meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder. *Fish. Sci.*, 60, 203-206.
- Kikuchi, K., T. Sato, T. Furuta, I. Sakaguchi and Y. Deguchi. 1997. Use of meat and bone meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder. *Fish. Sci.*, 63, 29-32.
- Kim, K.W. 2001. Evaluation of the optimum dietary protein to energy ratio of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*), Korean rockfish (*Sebastodes schlegeli*) and parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). Ph.D. Thesis, Pukyong National University, Korea, pp. 123.
- Kim, K.W., X.J. Wang and S.C. Bai. 2002. Optimum dietary protein level for maximum growth of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). *Aquacult. Res.*, 33, 673-679.
- Lee, S.M., I.G. Jeon, J.Y. Lee, S.R. Park, Y.J. Kang and K.S. Jeong. 1996. Substitution of plant and animal protein for fish meal in the growing Korean rockfish (*Sebastodes schlegeli*) feeds. *J. Kor. Fish. Soc.*, 29, 651-662.
- Lee, S.M., S.H. Cho and J.D. Kim. 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.
- McGoogan, B.B. and D.M. Gatlin, III. 1999. Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*, 178, 333-348.
- Murai, T., T. Akiyama, H. Ogata and T. Suzuki. 1988. Interaction of dietary oxidized fish oil and glutathione on fingerling yellowtail, *Seriola quinqueradiata*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54, 147-148.
- NRC (National Research Council). 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academic Press, Washington D.C. USA, pp. 54.
- Sato, T. and K. Kikuchi. 1997. Meat meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder. *Fish. Sci.*, 63, 877-880.
- SPSS Inc. 1997. SPSS for Windows Release 7.5.2K. SPSS, Seoul, Korea.
- Takeuchi, T. 1998. Nutritional requirements of larval and juvenile Japanese flounder. In: Text Book of Basic and Theoretical Course in Sea Farming. XII. Fisheries Agency and Japan Sea Farming Association, Tokyo, pp. 23.
- Watanabe, T. and V.A. Robert. 2003. Broodstock nutrition research on marine finfish in Japan. *Aquaculture*, 227, 35-61.

2005년 5월 6일 접수
2005년 10월 17일 수리