



건조 pellet 사료의 단백질 및 지질 함량이 넙치의 성장 및 체성분에 미치는 영향

최 진, 서주영, 이충열, 김정덕¹, 강용진¹, 이상민*
강릉대학교 해양생명공학부, ¹국립수산과학원 양식사료연구센터

Effects of Protein and Lipid Levels of Extruded Pellet on Growth and Body Composition of Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Jin Choi, Joo-Young Seo, Choong-Ryul Lee, Kyoung-Duck Kim¹, Yong Jin Kang¹ and Sang-Min Lee*

Faculty of Marine Bioscience & Technology Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea
¹Aquafeed Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Pohang 792-923, Korea

This study was conducted to investigate the effects of protein and lipid levels of extruded pellet on growth and body composition of juvenile flounder. Six extruded dry pellets were formulated to contain two protein levels (50 and 55%) and three lipid levels (8, 12 and 15%). Triplicate groups of fish (initial mean weight 21 g) were hand-fed to apparent satiation two times a day for 9 weeks. Survival, weight gain and daily feed intake were not significantly affected by dietary protein and lipid levels. Feed efficiency and protein efficiency ratio were significantly ($P<0.001$) affected by dietary lipid level, and tended to increase as dietary lipid level increased. Feed efficiency ratio of fish fed the 55% protein diet with 15% lipid was not significantly different from that of fish fed the 50% protein diet with 15% lipid, but significantly ($P<0.05$) higher than that of fish fed the other diets. Protein efficiency ratio of fish fed the 55% protein diet with 15% lipid was significantly ($P<0.05$) higher than that of fish fed the 50% protein diet with 8% lipid and 55% protein diets with 8~12% lipids. The contents of moisture, crude protein and lipid in the liver was significantly ($P<0.01$) affected by dietary lipid level. The results of this study indicate that an increase in lipid level at 50-55% protein in extruded pellet can improve feed efficiency for juvenile flounder.

Keywords: Flounder, Protein level, Lipid level, Extruded pellet, Growth

서 론

Extrusion 공정은 식품생산 및 육상 동물사료 생산 과정에서 약 50년 동안 연구되어 왔다(Ferket, 1991). 하지만 양어사료에 있어 extrusion에 관한 연구는 매우 미흡한 실정이다. Extruder의 기능에는 원료분쇄, 원료혼합, 수화작용, 균질작용, 압착, 공기제거, 열처리, 전분의 α -화, 단백질변성, 살균작용, 화학작용, 응집작용, 분자배열전환, 모양형성, 팽창 및 건조처리 등이 있다. 이와 같은 과정을 거쳐 생산된 extruded pellet (EP)는 moisture pellet (MP)의 문제점을 보완함과 동시에 전분을 α -화 시켜 사료의 소화율을 높일 수 있다(Haper, 1981). Lee et al. (1999)은 넙치 치어 시기(1.6~4 g)에 MP의 공급이 비효율적이라고 보고하였고, Seo et al. (2005)은 27~51 g의 넙치에서 EP로 MP 대체 가능성을 보고하였다. 하지만 아직까지 넙치를 양식하는 양어기들은 배합사료의 섭취가 잘 이루어지지 않고 성장이 늦어

진다는 불신감으로 배합사료 보다 생사료를 선호하여 그 사용량이 전체 사료 사용의 약 80%에 이르고 있다(Kim, 2005). 양어기들이 사용하는 생사료나 생사료와 분말 사료를 혼합한 형태의 MP는 성장도에 비하여 가공, 유통, 보관 및 공급시 사료 유실 등의 많은 문제점들이 있다.

특히, 사료 유실로 발생하는 수질오염은 심각한 환경 문제를 유발함으로써 지속적으로 공급할 경우, 많은 불이익을 초래할 수 있다. 때문에 양식생산량의 증대를 위해서는 그 어종에 적합한 경제적이고 환경친화적인 실용 배합사료 개발이 시급한 실정이다.

넙치는 성장이 빠르고 종묘생산기술이 확립되어 있으며, 특히 우리나라와 일본에서 헛감용 고급 어종으로 1990년대 이후 양식생산량이 계속 증가되고 있다. 넙치는 육식성 어류로서 성장 및 에너지원으로 단백질을 주로 사용하기 때문에 사료원료에 값비싼 단백질원이 많이 사용된다. 따라서 사료 비용을 줄이기 위해서는 단백질이 에너지로 사용되는 것을 최소화시키는 것이 중요하다. 이를 위해 주로 값싼 탄수화물이나 지질의 이용성

*Corresponding author: smlee@kangnung.ac.kr

을 극대화시키는 연구가 필요하며, 넙치를 대상으로 이미 탄수화물 및 지질의 이용성이 연구된 바 있다(Lee et al., 2002, 2003; Kim and Lee, 2004). 하지만, 넙치에 관한 기존의 연구들에서 사용된 사료는 MP 또는 실험용 건조사료 형태로 연구되었기 때문에 실용화 단계에서 EP에 적용하기 위한 연구가 필요하다. 그래서 본 실험은 넙치 육성용 사료로 EP형태의 건조사료의 적정 단백질 및 지질 함량을 조사하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

실험사료

사료의 단백질 함량을 50% 및 55%로 조절하고 각 단백질 함량에 지질 함량을 8%, 12% 및 15%로 조절하여 6종류의 실험 EP 사료를 제조하였다. 실험사료의 영양소 함량과 원료 조성은 Table 1에 나타내었다. 단백질원으로 멸치어분, 고등어어분, 참치어분 및 크릴분을 사용하였고, 지질원으로 오징어간유를 사용하였다. 이와 같이 설계된 원료들을 분말형태로 잘 혼합하고 Extruder Pellet Mill (Kahl OEE 08 extruder, Germany)을 사용하여 EP를 제조하였다. 제조 조건으로 extruder 속도는 60 HZ, 압력은 75~80 bar, 사출구 온도는 80~90 °C하여 사료를 성형하였으며, 열풍 건조기에서 건조 후 -30 °C에 보관하면서 사용하였다.

실험어 및 사육관리

넙치 치어를 경북 포항 지역 양식장에서 구입하여 실험 수조로 수송하여 2주간 넙치용 상품사료로 예비 사육하였다. 평균

체중 20.6 g의 실험어를 무작위로 선별한 후 300 L (수용적 150 L) 원형수조에 30마리씩 3반복으로 수용하여 9주간 사육실험하였다. 실험 사료는 1일 2회(09:00, 17:00) 반복 공급하였다. 각 수조마다 약하게 폭기시켜 산소를 공급하였고, 자연 해수를 분당 12 L로 주수하였다. 사육기간 동안의 수온은 20.6±2.9 °C이었고, 비중은 1.0231±0.001이었다. 각 수조에서 죽은 개체는 매일 제거하여 주었으며, 오후(13:00)에 수조를 청소하였다. 일일 사료 섭취율과 폐사어 등을 매일 기록하였다. 어체 측정은 실험 개시시와 종료시에 MS222 (Tricaine methanesulfonate, Sigma, USA) 100 ppm으로 마취시켜 실험수조에 수용된 실험어의 전체무게를 측정하였다.

시료채취 및 성분분석

최초 어체의 성분 분석용으로 실험 개시시에 30마리와 실험 종료시에 생존한 모든 어체를 추출하여 화학성분 분석을 위해 -75 °C에 보관하였다. 혈장성분의 변화를 조사하기 위해 각 실험구 당 6마리씩 무작위로 추출하여 해파린 주사액이 처리된 1회용 주사기로 미부 혈관에서 채혈하였다. 실험사료, 전어체, 등근육 및 간의 일반성분은 AOAC (1990)의 방법에 따라 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Buchi B-324/435/412, Switzerland; Metrohm 8-719/806, Swizerland)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105 °C의 dry oven에서 12시간 건조 후 측정하였다. 조회분은 550 °C 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정하였다. 채혈한 혈액을 7500 rpm에서 5분간 원심 분리하여 얻은 혈장을 -70 °C에 동결 보존하면서, 임상용 kit (아산제약)를 사용하여 Total

Table 1. Ingredients and nutrient contents of the experimental diets

Ingredients(%)	Diets					
	P ₅₀ L ₈	P ₅₀ L ₁₂	P ₅₀ L ₁₅	P ₅₅ L ₈	P ₅₅ L ₁₂	P ₅₅ L ₁₅
Anchovy meal	21.0	21.0	21.0	25.0	25.0	25.0
Jack mackerel meal	21.0	21.0	21.0	25.0	25.0	25.0
Tuna meal	8.0	8.0	8.0	10.0	10.0	10.0
Krill meal	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Wheat flour	30.5	25.5	20.5	25.5	20.5	15.5
Wheat gluten	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Squid liver oil	1.5	5.5	9.5	0.5	4.5	8.5
Others	10.0	11.0	11.8	5.8	6.8	7.8
Proximate composition (% dry matter basis)						
Dry matter	87.7	87.7	93.8	89.2	86.7	94.9
Crude protein	50.7	50.7	49.5	55.7	55.5	54.1
Crude lipid	7.7	12.0	15.5	8.9	12.1	15.0
Ash	10.6	10.5	10.4	12.1	11.7	11.7
Crude fiber	3.6	2.9	2.8	0.7	0.7	1.2
Nitrogen-free extract ¹	27.4	25.5	21.8	22.6	19.9	18.0
Gross energy (kcal/g diet) ²	5.0	5.4	5.7	5.2	5.1	5.8

¹100 - (crude protein + crude lipid + ash + crude fiber).

²Based on 5.64 kcal/g protein, 9.44 kcal/g lipid and 4.11 kcal/g carbohydrate.

protein은 burette법으로 Glucose와 TG (triglyceride)는 효소법으로 분석하였다.

통계처리

결과의 통계 처리는 SPSS Version 12.0 (SPSS, Michigan Avenue, Chicago, IL, USA) program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실행 후, Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였다. 또한, Two-way ANOVA-test 로 각 사료의 단백질 및 지질 함량에 대한 상관요인을 분석하였다.

결 과

9주간의 사육실험 결과를 Table 2와 3에 나타내었다. 생존율은 실험구간에 유의차가 없었다. 증중률은 단백질 함량 55% 실험구가 높아지는 경향을 보였지만, 실험구간에 유의차는 없었

다. 사료효율은 사료의 지질 함량에 영향을 받았으며(P<0.05), 사료 지질 함량이 증가함에 따라 높아지는 경향을 보여 단백질 55%에 지질 15% 함유 실험구의 값이 지질 8~12% 함유 실험구보다 유의하게 높았다(P<0.05). 일일사료섭취율 및 간중량비는 사료 단백질 및 지질 함량에 영향을 받지 않았다(P>0.05). 단백질효율도 사료효율과 유사한 경향을 보였고, 사료의 지질 함량에 영향을 받았으며(P<0.02), 단백질 55%에 지질 15% 함유 사료를 공급한 실험구가 단백질 50~55%에 지질 8% 및 단백질 55%에 지질 12% 함유 사료구보다 높았다(P<0.05). 비만도는 단백질 55%에 15% 지질 공급구가 단백질 50%에 지질 8~12% 및 단백질 55%에 지질 8% 공급구보다 높았다(P<0.05).

어체 간의 일반성분은 Table 4에 나타내었다. 간의 지질, 단백질 및 수분 함량은 사료의 지질 함량에 유의한 영향을 받았다(P<0.01). 지질 함량은 사료의 지질 함량이 높을수록 증가하는 경향을 보였다(P<0.05). 단백질 함량은 단백질 50% 공급구들에서는 지질 함량이 높을수록 감소하는 경향을 보였으며, 단

Table 2. Growth performance of flounder fed the extruded pellet containing different protein and lipid levels for 9 weeks¹

Diets	Initial average weight (g)	Net weight gain (%) ²	FER (%) ³	DFI (%) ⁴
P ₅₀ L ₈	20.7±0.17	218±3.0	74±11.2 ^a	1.78±0.06
P ₅₀ L ₁₂	20.7±0.30	201±10.2	81±1.7 ^a	1.67±0.07
P ₅₀ L ₁₅	20.6±0.10	211±22.7	89±1.9 ^{ab}	1.58±0.14
P ₅₅ L ₈	20.5±0.09	227±12.5	81±5.6 ^a	1.76±0.11
P ₅₅ L ₁₂	20.6±0.12	256±27.6	81±7.3 ^a	1.82±0.02
P ₅₅ L ₁₅	20.6±0.18	242±27.9	105±4.4 ^b	1.51±0.10
Two-way ANOVA				
CP level	P<0.1	P<0.2	P<0.9	
CL level	P<0.9	P<0.05	P<0.1	
CP×CL	P<0.6	P<0.6	P<0.6	

¹Values (means±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

²Net weight gain (%) = (final weight - initial weight)×100 / initial weight.

³Feed efficiency ratio (%) = fish wet weight gain×100 / feed intake.

⁴Daily feed intake (%) = feed intake×100/[(initial fish wt.+final fish wt.+dead fish wt.)/2×days reared].

Table 3. Growth performance of flounder fed the extruded pellet containing different protein and lipid levels for 9 weeks¹

Diets	DPI (%) ²	PER (%) ³	HSI ⁴	CF ⁵
P ₅₀ L ₈	0.90±0.033 ^{abc}	1.5±0.22 ^a	1.2±0.14	0.92±0.015 ^a
P ₅₀ L ₁₂	0.82±0.034 ^{ab}	1.7±0.03 ^{ab}	1.3±0.13	0.92±0.012 ^a
P ₅₀ L ₁₅	0.77±0.070 ^a	1.8±0.03 ^{ab}	1.3±0.14	0.94±0.015 ^{ab}
P ₅₅ L ₈	0.95±0.064 ^{bc}	1.5±0.10 ^a	1.2±0.03	0.90±0.006 ^a
P ₅₅ L ₁₂	0.99±0.012 ^c	1.5±0.13 ^a	1.5±0.13	0.99±0.037 ^b
P ₅₅ L ₁₅	0.81±0.058 ^{ab}	2.0±0.08 ^b	1.5±0.16	0.95±0.021 ^{ab}
Two-way ANOVA				
CP level	P<0.05	P<1	P<0.2	P<0.3
CL level	P<0.05	P<0.02	P<0.3	P<0.2
CP×CL	P<0.5	P<0.5	P<0.9	P<0.1

¹Values (means±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

²Daily protein intake = protein intake×100/[(initial fish wt.+final fish wt.+ dead fish wt.)×days reared/2].

³Protein efficiency ratio = (wet weight gain / protein intake)×100.

⁴Hepatosomatic index = (liver weight / body weight)×100.

⁵Condition factor = [fish wt. (g) / fish length (cm)³]×100.

Table 4. Proximate compositions (%) of the liver in flounder fed the extruded pellet containing different protein and lipid levels for 9 weeks¹

Diets	Moisture	Crude Protein	Crude Lipid
Initial	80.6	13.1	3.97
P ₅₀ L ₈	72.8±0.64 ^{bc}	12.3±0.10 ^c	7.2±0.17 ^a
P ₅₀ L ₁₂	67.1±0.62 ^a	11.0±0.18 ^b	8.8±1.15 ^a
P ₅₀ L ₁₅	65.6±2.18 ^a	9.7±0.44 ^a	15.8±0.51 ^b
P ₅₅ L ₈	74.2±1.48 ^c	12.3±0.16 ^c	7.0±1.34 ^a
P ₅₅ L ₁₂	69.6±1.06 ^{ab}	11.6±0.53 ^{bc}	12.9±1.00 ^b
P ₅₅ L ₁₅	67.5±0.80 ^a	11.0±0.59 ^b	14.7±1.55 ^b
Two-way ANOVA			
CP level	P<0.9	P<0.8	P<0.5
CL level	P<0.001	P<0.01	P<0.001
CP×CL	P<1	P<0.3	P<0.7

¹Values (means±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

백질 55% 공급구들에서는 지질 8% 공급구가 지질 12% 및 15% 공급구보다 높았다(P<0.05). 수분 함량은 단백질 55%에 지질 8% 공급구가 단백질 50~55%에 지질 12~15% 공급구들 보다 유의하게 높았다(P<0.05). 등근육의 일반성분은 Table 5에 나타내었으며, 근육의 일반성분은 실험구간에 유의한 차이가 없었다(P>0.05).

전어체의 일반성분(Table 6)에서 수분과 회분은 사료의 단백질과 지질 함량에 영향을 받지 않았다(P>0.05). 단백질 함량은 단백질 50% 공급구들에서 차이가 없었으나, 단백질 55% 공급구들에서는 지질 함량이 높을수록 감소하는 경향을 보였다. 지질 함량은 사료의 지질의 영향(P<0.002)을 받아, 지질 함량이 높을수록 높아지는 경향을 보였다.

혈장성분(Table 7) 중 단백질 농도는 사료의 단백질과 지질의 영향을 받지 않았다(P>0.05). Triglyceride 농도는 단백질과 지질에 영향을 받았으며(P<0.002), 단백질 50% 공급구들에서는 지질 함량이 높을수록 높아지는 경향을 보였다.

Table 5. Proximate compositions (%) of the muscle in flounder fed the extruded pellet containing different protein and lipid levels for 9 weeks¹

Diets	Moisture	Crude Protein	Crude Lipid
Initial	77.8	21.8	0.04
P ₅₀ L ₈	76.1±0.21	22.4±0.56	0.22±0.094
P ₅₀ L ₁₂	76.1±0.22	21.7±0.23	0.32±0.224
P ₅₀ L ₁₅	76.0±0.22	21.8±0.35	0.36±0.137
P ₅₅ L ₈	76.0±0.56	22.2±0.16	0.27±0.148
P ₅₅ L ₁₂	75.7±0.35	22.1±0.24	0.30±0.106
P ₅₅ L ₁₅	76.1±0.41	21.3±0.90	0.36±0.147
Two-way ANOVA			
CP level	P<0.6	P<0.9	P<1
CL level	P<1	P<0.5	P<0.8
CP×CL	P<0.8	P<0.7	P<1

Table 6. Proximate compositions (%) of whole body in flounder fed the extruded pellet containing different protein and lipid levels for 9 weeks¹

Diets	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
Initial	76.4	17.5	2.1	3.4
P ₅₀ L ₈	75.6±0.88	18.9±0.53 ^{ab}	1.40±0.300 ^a	4.0±0.19
P ₅₀ L ₁₂	74.5±0.86	18.2±0.41 ^a	2.68±0.559 ^b	3.6±0.47
P ₅₀ L ₁₅	73.9±0.42	19.1±0.69 ^{ab}	3.90±0.425 ^c	3.5±0.06
P ₅₅ L ₈	75.9±0.16	20.0±0.17 ^b	1.38±0.157 ^a	3.8±0.35
P ₅₅ L ₁₂	74.9±0.66	18.5±0.27 ^{ab}	2.22±0.330 ^{ab}	3.4±0.27
P ₅₅ L ₁₅	75.1±0.52	17.7±0.29 ^a	2.49±0.273 ^{ab}	3.3±0.37
Two-way ANOVA				
CP level	P<0.3	P<1	P<0.1	P<0.5
CL level	P<0.2	P<0.1	P<0.01	P<0.3
CP×CL	P<0.8	P<0.05	P<0.2	P<1

¹Values (means±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

Table 7. Blood chemistry of flounder fed the extruded pellet containing different protein and lipid levels for 9 weeks¹

Diets	Total protein (g/100 ml)	Triglyceride (g/100 ml)
P ₅₀ L ₈	1.7±0.08	443±35.97 ^{ab}
P ₅₀ L ₁₂	1.4±0.08	578±79.48 ^{bc}
P ₅₀ L ₁₅	1.4±0.19	765±22.61 ^d
P ₅₅ L ₈	1.3±0.30	478±20.00 ^{ab}
P ₅₅ L ₁₂	1.6±0.16	619±13.61 ^c
P ₅₅ L ₁₅	1.4±0.13	423±49.12 ^a
Two-way ANOVA		
CP level	P<0.6	P<0.03
CL level	P<1	P<0.02
CP×CL	P<0.3	P<0.002

¹Values (means±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different (P<0.05).

고찰

사료의 단백질 함량은 어류 성장에 필수적이며, 특히 육식성 어류에 있어 그 요구량은 높다. 넙치의 경우, 단백질 요구량이 50% 전후임을 보고하였다(Lee et al., 2002). 본 연구에서도 지질 함량이 동일 할 때, 사료의 단백질이 50~55% 사이에서 성장과 사료효율이 차이를 보이지 않아 앞 연구 결과들을 뒷받침 하고 있다. 따라서 넙치용 배합사료의 단백질 함량은 50%가 적당할 것으로 판단된다.

어류에 있어서 에너지 함량이 높은 사료를 섭취할 경우, 사료 총섭취량의 감소로 인해 정상적인 성장에 필요한 영양소 섭취가 부족될 수 있다(Lovell, 1989). 반면에 에너지 함량이 낮은 사료를 섭취할 경우, 어류는 유지 및 대사에 값비싼 단백질이 에너지로 사용되는 비율이 높아지게 되어 생산단가가 상승하게 된다. 따라서 섭취된 단백질이 성장을 위해 쓰이는 부분이 커질 수 있도록 사료내에 단백질에 대한 비단백질 에너지 비를 조절하면, 사료효율 및 단백질효율이 증가하여 단백질 절

약효과를 얻을 수 있다(Cho and Kaushick, 1990; De siliver et al., 1991). 본 연구에서 단백질 50~55%에 지질함량이 증가함에 따라 성장은 개선되지 않았지만, 사료효율 및 단백질효율이 개선되는 것으로 보아 사료 지질 함량 증가로 인한 단백질이용율은 증가되었다고 볼 수 있다. 단백질 및 지질함량 증가로 인해 증중량이 증가되지 않은 것은 이미 언급하였듯이 두 수준의 단백질 함량이 넙치의 단백질 요구량을 만족시켰기 때문으로 판단된다.

또한, Lee and Kim. (2005)의 연구에서는 넙치의 지질 요구량이나 이용성이 낮다고 지적하였다. 기존의 연구 결과와는 달리 본 연구에서의 지질함량 증가가 사료효율에 다소 긍정적인 효과를 보였다. 이에 대한 정확한 이유를 설명하긴 어렵지만, 이러한 차이는 사육환경, 어체크기, 사료 조성이나 물성 등에 의한 것으로 보인다. 예를 들어 기존의 연구(Lee et al., 2000)에서는 평균체중 3 g의 치어를 대상으로 압출 성형된 습사료 형태의 실험 배합사료로 22 °C에서 사육실험 되었고, 본 연구의 평균체중 21 g의 넙치를 대상으로 EP 형태의 사료로 21 °C에서 사육실험하였다.

EP는 MP의 문제점을 보완함과 동시에 전분을 α -화 시켜 사료의 소화율을 높일 수 있다. Extrusion의 주된 기작은 밀폐된 공간에서 스크루와 배럴 사이에서 원료가 강한 충밀림, 압력 및 열을 받게 되면 분자 수준에서의 물질 변화나 결합이 일어날 수 있다는 것이다(Harper, 1981). 이러한 효과로 단백질의 조직화 및 전분의 α -화를 효과적으로 얻을 수 있다. Peisker (1994)는 곡류 전분을 젤라틴화 함으로서 효소분해를 촉진시킬 수 있을 뿐 아니라 사료의 멸균, 단백질 변성, 지방 및 당밀의 첨가량 증가, 그리고 항영양인자의 활동을 억제함으로써 동물의 소화 및 성장을 촉진시킨다고 보고하였다. Okelo et al. (2006)는 extrusion하는 동안 *Salmonella*와 같은 중온성 세균을 효과적으로 감소시킬 수 있다고 보고하였다. 때문에 extruder의 가공조건(원료의 사입량, 수분함량, 스팀, 스크루의 회전속도, 스크루 및 바렐 형태, 사출구 형태 및 바렐벽면의 온도) 등의 체계적인 기술이 확립되면 지속적인 양식생산량의 증대와 어중에 적합한 경제적이고 환경친화적인 실용 배합사료 개발에 큰 도움이 될 것이다. 최근 extruder를 사용하여 가공한 EP사료 효능(Kim et al., 2005; Cho et al., 2005; Lee et al., 2005) 및 사료 물성(Seo et al., 2005)에 관한 연구가 보고되고 있다. EP의 품질은 사료 제조시 가공조건(온도, 스팀 및 회전률) 및 사료의 영양소 조성비에 영향을 받는다. 예를 들어, extruder 내부의 고열이나 건조시 열풍의 영향으로 열에 약한 비타민 및 영양소가 파괴될 수 있다(Evans and Butts, 1951; Carpenter and Booth, 1973; Anderson and Robert, 2001). 따라서, EP 제조시 영양소의 조성비, 가공조건 및 건조조건 등의 상호관계를 종합적으로 고려하여야 한다. 이러한 제조 공정 동안 생물학적인 부분과 화학적인 현상에 대한 연구에도 불구하고 아직까지 수행되어야 할 연구가 많이 남아있어(Tayeb et al., 1992), 차후 넙치 사료의 EP 가공조건에 대해 구체적인 실험이 요구된다.

사료의 지질 함량이 높은 실험구의 간 지질 함량은 50% 및 55% 단백질 함량에서 낮은 지질 함유 사료 공급구보다 유의하게 높았다. 이러한 경향은 사료의 에너지 함량과 밀접하게 관련되어 있는 것으로 보이며, 고에너지 사료를 공급한 어류의 지질 함량이 저에너지 사료를 공급한 어류보다 더 높았던 다른 연구결과와 일치한다(Hillestad and Johnsen, 1994; Catacutan and Coloso, 1995; Lie et al., 1988). 사료의 지질 함량의 증가는 체내 축적 지질 함량을 증가시켜 어체 품질에 영향을 줄 수 있다(Hillestad and Johnsen, 1994; Lee et al., 2005). 본 연구에서 사료의 지질 함량이 증가하면서 넙치 간의 지질 함량이 증가되었음에도 불구하고 근육에서의 지질 함량은 사료의 지질 함량에 영향을 받지 않았다. 이는 넙치와 같은 정착성 어종은 근육보다 내장 주변 지방조직에 지질을 축적하는 경향 때문일 것이다(Sheridan 1988). 지질 함량이 다른 사료를 공급한 타어종에서 이와 유사한 결과가 관찰되었다(McGoogan and Gatlin, 1999; Peres and Oliva-Teles, 1999).

넙치의 실용적인 배합사료를 개발하기 위해 EP 사료의 단백질과 지질 함량을 달리 배합하여 사육 실험한 본 연구의 결과로부터, 21 g의 넙치용 EP 사료의 단백질 함량이 50~55% 일 때, 사료의 지질 함량 증가가 사료효율 및 단백질효율을 증가시키는 효과가 있는 것으로 보아, EP 형태의 넙치사료의 경우, 지질 함량을 15%까지 첨가할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

넙치 치어용 건조사료의 적정 단백질 및 지질 함량을 조사하기 위하여 사료의 단백질 함량을 50% 및 55%로 조절하고, 각 단백질 함량에 지질 함량을 8%, 12% 및 15%로 조절하여 6종류의 실험 EP 사료를 제조하였다. 21 g의 넙치 치어를 300 L 수조에 3반복으로 무작위로 수용하여, 평균 수온 20 °C에서 1일 2회 반복으로 EP 사료를 9주간 공급하였다. 사육실험 결과, 생존율, 증중률 및 일일사료섭취율은 사료의 단백질 및 지질 함량에 영향을 받지 않았다($P>0.05$). 사료효율과 단백질효율은 사료의 지질 함량에 유의하게 영향을 받았으며($P<0.001$), 사료 지질 함량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 사료효율은 단백질 50%에 지질 15% 공급구와 단백질 55%에 지질 15% 공급구 사이에 유의차는 없었지만, 다른 실험사료 공급구보다 높았다($P<0.05$). 단백질효율도 사료효율과 유사한 경향을 보였고, 단백질 55%에 지질 15% 공급한 실험구가 단백질 50%에 지질 8%, 단백질 55%에 지질 8% 및 지질 12% 공급구보다 높았다($P<0.05$). 어체 간의 수분, 단백질 및 지질 함량은 사료의 지질 함량에 유의하게 영향을 받았다($P<0.01$). 근육의 일반성분은 실험구간에 유의차가 없었다($P>0.05$). 이상의 결과로부터, 본 실험에 적용된 사육조건에서 넙치 치어용 EP 사료의 단백질 함량이 50~55%일 때, 지질 함량을 높여주는 것이 사료이용 효율을 개선시키는데 도움이 될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부 수산특정연구개발사업의 연구비 지원에 의한 것이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Anderson, J. S. and S. Robert, 2001. Effect of extruder moisture and dryer processing temperature on vitamin C and E and astaxanthin stability, *Aquaculture*, 207, 137-149.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298 pp.
- Carpenter, K. J. and V. H. Booth, 1973. Damage to lysine in food processing: its measurement and its significance. *Nutr. Abstr. Rev.*, 43, 424-451.
- Catacutan, M. R. and T. M. T. Coloso, 1995. Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, 131, 125-133.
- Cho, C.-Y. and S. J. Kaushik, 1990. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *World Rev. Nutr. Diet.*, 61, 132-172.
- Cho, S.-H., S.-M. Lee and J.-H. Lee, 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.
- De Silva, S. S., R. M. Gunasekera and K. F. Shim, 1991. Interactions of varying dietary protein and lipid levels in young red tilapia: evidence of protein spating. *Aquaculture*, 95, 305-318.
- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple Ftests. *Biometrics*, 11, 1-42.
- Evans, R. J. and H. A. Butts, 1951. Heat inactivation of the basic amino acids and tryptophan. *J. food Res.*, 16, 415-421.
- Ferket, P. R., 1991. Technological advances could make extrusion an economically feasible alternative to pelleting. *Feedstuffs*, 63, 1.
- Haper, J. M., 1981. *Extrusion of Foods*. (Vol. I). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Hillestad, M. and F. T. Johnsen, 1994. High-energy/low-protein diets for Atlantic salmon: Effects on growth, nutrient retention and slaughter quality. *Aquaculture*, 124, 109-116.
- Kim, Y.-U., 2005. Policy of artificial feed supply for marine fish culture in Korea. International Symposium on the Present Status of Nutrition Research and the Future of Aquaculture Feed in Korea. NFRDI, Busan, Korea, 12 August, 2005. pp. 11-16.
- 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.
- Kim, G.-U., H.-S. Jang, J.-Y. Seo and S.-M. Lee, 2005. Effect of feeding frequency of extruded pellet on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* during the winter season. *J. Aquacult.*, 18, 31-36.
- Lee, S.-M. and K.-D. Kim, 2005. Effect of various levels of lipid exchanged with dextrin at different protein level in diet on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aqua. Nut.*, 11, 435-442.
- Lee, S.-M., S.H. Cho and K.D. Kim, 2000. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J. World Aquac. Soc.*, 31, 306-315.
- Lee, S.-M., K.-D. Kim, and S.P. Lall, 2003. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 221, 427-438.
- Lee, S.-M., C.-H. Seo and Y.-S. Cho, 1999. Growth of the juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed the diets at different feeding frequencies. *J. Kor. Fish. Soc.*, 32, 18-21.
- 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., J.-Y. Seo, Y.-W. Lee, K.-D. Kim., J. H. Lee and H. S. Jang, 2005. Evaluation of experimental extruded Pellet, commercial pellet and raw fish-based moist pellet for growing flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.*, 18, 287-292.
- Lie, O., E. Lied and G. Lambertsen, 1988. Feed optimization in Atlantic cod *Gadus morhua*: fat versus protein content in the feed. *Aquaculture*, 69, 333-341.
- Lovell, R.T., 1989 *Nutrition and Feeding of Fish*. Van Nostrand Reinhold, New York, USA. p. 260.
- McGoogan, B. B. and D. M. Gatlin, 1999. Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenops ocellatus*. I. Effects of dietary protein and energy levels. *Aquaculture*, 178, 333-348.
- Okelo, P. O., D. D. Wagner, L. E. Carr, R. W. Wheaton, L. W. Douglass and S. W. Joseph, 2006. Optimization of extrusion conditions for elimination of mesophilic bacteria during thermal processing of animal feed mash. *Ani. Feed Scie. Tech.*, 129, 116-137.
- Peisker, M., 1994. Influence of expansion on feed components. *Feed Mix*, 2, 26-31.
- Peres, H. and A. Oliva-Teles, 1999. Effects of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 179, 325-334.
- Seo, J.-Y., J.-H. Lee, G.-H. Kim and S.-M. Lee, 2005. Effect of extruded and moist pellets at different feeding rate on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.*, 18, 26-30.
- Sheridan, M. A., 1998. Lipid dynamics in fish: aspects of absorption, transportation, deposition and mobilization. *Comp. Biochem. Physiol.*, 90, 679-690.
- Tayeb, J., B. Vergnes and C. Barres, 1992. An improved thermal model for the solid conveying section of a twin-crew cooker. *J. Food Eng.*, 15, 167-186.

원고접수 : 2006년 9월 4일

수정본 수리 : 2006년 10월 22일