

사료 지질 및 한방제 첨가가 돌돔의 성장에 미치는 영향

김종현[†] · 이상민* · 백재민 · 조재권 · 김동수**

국립수산과학원 남해수산연구소, *강릉대학교 해양생명공학부, **부경대학교 양식학과

Effect of Dietary Lipid Level and Herb Mixture on Growth of Parrot Fish, *Oplegnathus fasciatus*

Jong-Hyun KIM[†], Sang-Min LEE*, Jae-Min BAEK, Jae-Kwon CHO and Dong Soo KIM**

South Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Yosu 556-823, Korea

*Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea

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

A feeding trial was carried out to investigate the effect of lipid level and herb mixture in the diets on growth of juvenile parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. Two plicate groups of fish averaging 4.5 g were fed four experimental diets containing herb mixture (0 and 5 g/kg diet) at each of two lipid levels (8% and 16%) for 8 months from summer to spring (water temperature, 7.2-25.4°C). Weight gain improved with increasing dietary lipid level or supplementation of herb mixture during the first 4 months feeding period. Weight gain of fish fed the diet containing 16% lipid level was significantly higher ($P<0.05$) than that of fish fed the diet containing 8% lipid level. Weight gain of fish fed the diet with herb mixture was significantly higher ($P<0.05$) than that of fish fed the diet without herb at the 16% lipid level. Feed efficiency was influenced by dietary lipid level or herb mixture during the first 4 months. On the other hand, weight gain and feed efficiency were not affected by dietary lipid level and herb mixture after 4 months until end of feeding period. Survival of fish fed the diet containing 8% lipid without supplementation of herb mixture was the lowest among the groups ($P<0.05$). Lipid contents of liver and viscera tended to increase with increasing dietary lipid level during the first 4 months feeding period, however muscle lipid content was not influenced by dietary lipid and herb. Total cholesterol of serum was influenced by dietary lipid level during the first 4 months feeding period. These results indicate that an increase of dietary lipid level from 8% to 16% and supplementation of herb mixture can improve growth performance of juvenile parrot fish when water temperature is optimum for growth such as the summer season in Korea.

Key words: Dietary lipid level, Herb mixture, *Oplegnathus fasciatus*, Growth, Physiological activity

서 론

돌돔은 남해안과 여름 기간동안 서해안의 해상가두리에서 주로 양식이 행해지고 있는데, 본 종은 아열대성 어류이므로 우리나라의 수온 조건에서는 성장기간이 6개월 정도로 짧고, 겨울철의 낮은 수온으로 인해 월동이 어려워 양성하는데 어려움이 있다 (Kang et al., 1998). 이러한 문제점을 해결하기 위하여 광주기 및 수온 조절에 의한 2-3월의 조기 산란을 통해 생산된 조기 종묘를 4-5월 가두리에 수용하고, 수온 상승기에 본격적으로 양성하여 당년 12월경에 출하하는 방법이 모색되고 있다 (Jeong et al., 1998; Kim et al., 2000b). 그러나 현재 돌돔의 종묘수급 불안정, 월동전 판매 부진 및 개체간의 성장 차이에 따른 문제점으로 효율적인 양식 경영을 위해서는 일부 종묘의 월동 사육은 불가피한 실정이다. 더욱이 최근 남해안 일원의 돌돔 양식장에서 발생하는 겨울철 폐사에 의해 양식어가의 피해가 증가하고 있으나, 지금까지 피해현상에 대한 현황 파악에만 그쳐 안정적인 월동사육 방안의 제시가 구체화되지 못

하고 있다. 따라서 돌돔 양식의 생산성 향상을 위해서는 우선 겨울철 생존율을 높일 수 있는 양식방법과 성장 및 사료효율을 높일 수 있는 사료 개발이 필요하다.

일반적으로 어류가 섭취한 사료로부터의 에너지 이용과 관련하여 최대 성장을 위한 사료내 단백질과 지질함량의 관계는 사료배합시 중요하게 고려되어야 할 항목으로 알려져 있다 (Lee et al., 2000, 2002). 돌돔의 경우 수온 약 20°C 이상의 사육조건에서 사료 단백질 40% 및 50% 수준에서 사료 지질함량이 높을 때 증체율과 사료효율이 현저하게 높아짐을 밝힌 바 있다 (Kang et al., 1998). 이러한 결과는 돌돔이 활동성이 강하여 사료 지질을 에너지로 잘 활용하였기 때문으로 해석되나, 월동과 관련하여 수온이 낮은 조건에서 사료 지질함량이 어체에 미치는 영향에 대해서는 보고된 바 없다.

예로부터 양어사료에 식물 자원의 유용 물질을 첨가하여 사료의 질적 향상을 꾀하고자 하는 연구는 은어, 참돔 및 넙치 등을 대상으로 이루어져 왔으며, 그중 사료첨가물로 *Chlorella*, 미역 및 갈파래와 같은 조류는 양식어류의 생리 활성 증진에 유효하다고 밝혀져 있다. 특히 이러한 조류

[†] Corresponding author: johnkim@nfrdi.re.kr

첨가에 대한 몇몇의 연구에서는 어류의 생리적 기능의 개선뿐만 아니라 우수한 성장과 사료효율과 함께 어육의 질적 향상이 이루어졌다고 보고된 바 있다 (Nakagawa and Kasahara, 1986; Yone et al., 1986; Nematipour et al., 1988). 최근에는 한약재를 사료첨가제로 이용하여 그 효과를 조사한 바 있는데, 감초로부터 분리된 tritepenoid saponin 계의 일종인 glycyrrhizin은 성장과 질병 저항성을 향상시키고, 두충은 어육의 경도를 높여 육질을 개선시키며, 특히 넙치에 있어 몇몇 한약재를 혼합한 상업용 한방제는 어체의 성장 증가, 생리적 활성 증강 및 육질 개선 등의 다방면에 걸쳐 효과가 있음을 보고한 바 있다 (Jang et al., 1992; Tanimoto et al., 1993; Kim et al., 1998; Lee et al., 1998; Kim et al., 2000a).

이 연구는 사람의 건강증진을 위해 사용되는 한약재로 제조한 한방제를 지질함량이 다른 사료에 첨가한 후, 월동 전후 돌돔의 성장, 사료효율 및 생존율에 미치는 영향에 대해 조사하였으며, 사료 지질함량별 한방제 첨가사료로 사육된 돌돔의 생리적인 변화와 이 변화에 따른 어체 활성과 관련된성을 조사하기 위하여 어체 지질함량 및 혈액성분을 분석하였다.

재료 및 방법

실험어

실험어는 전남 여수 지역의 민간 종묘배양장에서 생산된 돌돔 치어를 사용하였으며, 실험시작시 실험어의 평균 전장과 체중은 각각 5.9 ± 0.4 cm 및 4.5 ± 0.8 g이었다.

실험사료

실험에 사용한 기본 사료는 Kang et al. (1998)의 연구 결과에 의거 지질원으로 오징어간유 및 대두유를 사용하여 지질함량이 각각 8%와 16%가 되도록 2종류의 실험 사료를 제조하였다 (Table 1). 한방제는 인삼, 감초, 당귀, 오가피 등 총 28가지의 한약재로 제조된 상업용 한방제 (어보산, 성암산업, 대한민국)를 사용하였으며, 첨가 농도는 Kim et al. (1998)의 넙치에 대한 연구 결과를 토대로 사료 중 함량이 0.5%로 하였다. 실험구는 총 4개의 group으로, 지질함량 8%의 사료로 사육한 대조구 (저지질 대조구), 지질함량 8%의 사료에 한방제를 첨가하여 사육한 실험구 (저지질 한방제구), 지질함량 16%의 사료로 사육한 대조구 (고지질 대조구), 그리고 지질함량 16%의 사료에 한방제를 첨가하여 사육한 실험구 (고지질 한방제구)로 나누어, 성장조사용 2반복, 성분분석용 2반복 실험하였다.

사육

사육기간은 1999년 7월 19일부터 2000년 3월 31일까지 256일간이었으며, 사육수조는 150 L 용량의 원형 FRP 수조 (수량 100 L)로, 한 수조에 실험어 33마리씩 수용하여 여과해수를 각 실험수조마다 2-7 L/min으로 흘려주었고,

Table 1. Composition of the experimental diets

Ingredients (%)	Dietary lipid levels (%)	
	8	16
White fish meal	62	62
Wheat flour	16	16
Squid liver oil	4	4
Soybean oil	0	8
Vitamin mix. ¹	3	3
Mineral mix. ²	4	4
Carboxymethyl cellulose	3	3
α -Cellulose	8	0
Nutrient content		
(% dry matter basis)		
Crude protein	44.9	44.9
Crude lipid	8.8	16.8
Crude ash	16.0	16.0
Crude fiber	9.9	1.3
Nitrogen-free extract ³	20.6	21.2
Estimated energy (kcal/100 g) ⁴	340	415
n-3HUFA ⁵	1.9	1.9

¹Vitamin mix. contained the following diluted in cellulose (g/kg mix): ascorbic acid, 92.7; α -tocopheryl acetate, 14.5; thiamin, 2.1; riboflavin, 7.0; pyridoxine, 1.4; nicin, 27.8; Ca-D-pantothenate, 9.7; myo-inositol, 139.1; D-biotin, 4.2; folic acid, 0.5; p-amino benzoic acid, 13.9; K3, 1.4; A, 0.6; D3, 0.002; choline chloride, 278.3; cyanocobalamin, 0.003.

²Mineral mix. contained the following ingredients (g/kg mix): MgSO₄·7H₂O, 80; NaH₂PO₄·2H₂O, 370; KCl, 130; Ferric citrate, 40; ZnSO₄·7H₂O, 20; Ca-lactate, 356.5; CuCl, 0.2; AlCl₃·6H₂O, 0.15; KI, 0.15; Na₂Se₂O₃, 0.01; MnSO₄·H₂O, 2; CoCl₂·6H₂O, 1.

³Calculated by difference.

⁴Estimated energy was calculated based on 4 kcal/g protein, 9 kcal/g lipid and 4 kcal/g NFE (Garling and Wilson, 1976).

⁵Highly unsaturated fatty acids (C \geq 20).

사료공급 후 1일 1-3회 청소를 하였다. 사육기간동안 수온은 7.2-25.4°C, 염분은 30.8-34.7‰, 그리고 DO는 6.1-8.6 mg/L 범위였다.

성장 및 생존율

성장은 1개월 간격으로 개체별 전장 측정과 아울러 0.1 g까지 쟀 수 있는 전자저울 (SB8001, Mettler Toledo Ltd., Switzerland)로 체중을 측정하였으며, 증체율 (weight gain, % of initial weight) 및 사료효율 (feed efficiency, weight gain/feed intake, DM)을 계산하여 각 실험구간의 값을 비교하였다. 사육 중 죽은 어체는 사료공급 후 관찰하여 건져 내었으며, 실험종료시 생존한 개체수에 대한 백분율로 생존율을 나타내었다.

성분분석

성분분석용 어류는 채집하기 전날 오전 9시까지 실험사료를 공급한 후, 약 24시간동안 절식시켜 사육 4개월째인 1999년 11월부터 격월 간격으로 실험수조당 3마리씩 채집하였다. 각 수조에서 무작위로 채집된 실험어는 해부하여 간, 내장 및 근육을 구분하여 냉동 (-20°C) 보관하다가 조지방을 AOAC (1990)의 방법에 따라 soxhlet 추출법 (ether 추출법)으로 분석하였다.

그리고 혈액성분 분석을 위해 혈액은 실험어의 미부동맥

에서 일회용 주사기로 채혈하였으며, 채혈한 혈액 중 일부는 항응고제인 heparin-Na (100,000 units, 2.5 mg/mL, Sigma, USA)을 혈액 1 mL당 0.05 mL로 처리한 complete blood cell count 병 (녹십자사, 대한민국)에 넣어 hemoglobin 량 (Hb)을 cyanmethemoglobin 법으로 측정하였다. 혈청성분은 채혈한 혈액을 항응고제가 처리되지 않은 원심분리관에 넣어 실온에 2시간 방치한 후 6,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 냉동 (-80°C) 보관한 후 분석하였다. 혈청분석은 임상용 kit (아산제약주식회사, 대한민국)를 사용하여 total protein은 biuret 법으로, glucose와 total cholesterol은 효소법으로, aspartate aminotransferase (AST)와 alanine aminotransferase (ALT)는 Reitman- Frankel 법으로 분석하였다.

통계 처리

실험 결과는 One-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성 (P<0.05)을 SPSS program Version 7.5 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA)로 검정하였다. 또한 사료 지질함량 및 한방제 첨가에 대한 효과를 Two-way ANOVA-test로 처리하였다.

결 과

사료 지질함량 및 한방제 첨가에 따른 증체율, 사료효율 및 생존율을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 실험전반 4개월 동안의 증체율은 저지질 (8%) 대조구가 914%, 저지질 한방제구가 1,025%, 고지질 (16%) 대조구가 1,049%, 그리고 고지질 한방제구가 1,202%로, 사료 지질함량 증가 (P<0.01) 또는 한방제 첨가 (P<0.02)에 의해 유의하게 증가되었다. 즉 고지질구들의 증체율은 동일 한방제 첨가농도에서 저지질구들에 비해 유의하게 더 높았으며 (P<0.05),

고지질 사료에서 한방제구의 증체율은 대조구에 비해 더 좋은 결과를 보였다 (P<0.05). 그리고 실험전반 4개월 동안의 사료효율에 있어서는 사료 지질함량 또는 한방제 첨가가 영향을 미쳤는데 (P<0.07), 동일 한방제 농도와 동일 사료 지질수준에서 사료효율은 차이가 없었으나, 고지질 한방제구의 사료효율은 저지질 대조구에 비해 유의하게 더 높은 값을 보였다 (P<0.05). 그러나 실험후반 4개월 동안의 증체율과 사료효율은 전체적으로 유의 값을 보이면서 사료 지질과 한방제의 효과가 나타나지 않았다. 실험 전 기간을 통하여 생존율은 사료 지질함량 증가 (P<0.04) 또는 한방제 첨가 (P<0.08)에 의해 증가되는 경향을 보였는데, 고지질과 한방제 첨가구의 생존율은 저지질 대조구에 비해 유의하게 더 높았다 (P<0.05).

Table 3은 사료 지질함량 및 한방제 첨가가 겨울철 저수온기 돌돔의 생체내 지질대사에 미치는 효과를 조사하기 위해서 실험 4개월째인 1999년 11월부터 간, 내장, 근육의 지질함량을 분석한 결과이다. 간과 내장의 지질함량은 월동전인 실험 4개월에 사료 지질함량 증가에 의해 유의하게 증가되어 (각각 P<0.02 및 P<0.01), 고지질구 간의 지질함량은 한방제 첨가사료에서, 그리고 고지질구 내장의 지질함량은 동일 한방제 농도에서 저지질구에 비해 더 높게 나타났다 (P<0.05). 그리고 실험종료시인 2000년 3월 내장의 지질함량은 저지질 대조구가 가장 낮은 값을 보였다 (P<0.05). 한편 근육의 지질함량은 사료 지질과 한방제 첨가에 영향을 받지 않았다.

Table 4와 5는 사료 지질함량 및 한방제 첨가가 겨울철 저수온기 돌돔의 생리 활성에 미치는 효과를 조사하기 위해서 실험 4개월부터 혈액성분을 분석한 결과이다. Table 4에서 hemoglobin, total protein 및 glucose는 각 실험구간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 Table 5에서 혈청 total cholesterol은 전체적으로 실험 4개월부터 종료시까지

Table 2. Weight gain, feed efficiency and survival of parrot fish, *Oplegnathus fasciatus* fed diets containing two levels of lipid at two herb mixture levels¹

Diets		Weight gain (% of initial weight) ²		Feed efficiency (g gain/g dry feed)		Survival (%)
Lipid (%)	Herb (g/kg)	First 4 months (1-4 month)	Second 4 months (5-8 month)	First 4 months (1-4 month)	Second 4 months (5-8 month)	
8	0	914 ^a	-11.1	0.68 ^a	-0.27	71.4 ^a
8	5	1025 ^{ab}	-9.8	0.73 ^{ab}	-0.30	85.7 ^b
16	0	1049 ^b	-10.4	0.73 ^{ab}	-0.29	88.1 ^b
16	5	1202 ^c	-10.0	0.76 ^b	-0.35	90.5 ^b
Pooled S.E.		81.49	1.08	0.02	0.03	6.22
<i>Two-way ANOVA</i>						
Dietary lipid		P<0.01	P<0.9	P<0.07	P<0.2	P<0.04
Dietary herb		P<0.02	P<0.6	P<0.07	P<0.1	P<0.08
Lipid X herb		P<0.6	P<0.8	P<0.6	P<0.4	P<0.2

¹Values (mean of duplicate groups) with different superscripts in each column indicate significant differences (P<0.05). The experiment was conducted from 19 July 1999 to 31 March 2000 (water temperature, 7.2-25.4°C; salinity, 30.8-34.7‰; DO, 6.1-8.6 mg/L).

²Average initial fish weight was 4.5 g.

Table 3. Liver, viscera and muscle composition of parrot fish, *Oplegnathus fasciatus* fed diets containing two levels of lipid at two herb mixture levels*

Diets		Liver lipid (%)			Viscera lipid (%)			Muscle lipid (%)		
Lipid (%)	Herb (g/kg)	4 month	6 month	8 month	4 month	6 month	8 month	4 month	6 month	8 month
8	0	12.81 ^a	10.94 ^a	4.94	15.26 ^a	26.24	6.73 ^a	1.42	0.98	0.93
8	5	12.73 ^a	14.16 ^{ab}	6.02	16.41 ^a	18.14	18.21 ^b	1.28	1.40	0.80
16	0	16.73 ^{ab}	17.61 ^b	6.81	23.92 ^b	24.03	15.09 ^b	2.08	1.68	1.41
16	5	18.99 ^b	14.15 ^{ab}	5.98	26.39 ^b	23.27	16.36 ^b	1.47	2.04	1.75
Pooled S.E.		2.25	2.18	0.71	3.84	3.20	3.65	0.39	0.47	0.43
<i>Two-way ANOVA</i>										
Dietary lipid		P<0.02	P<0.1	P<0.2	P<0.01	P<0.7	P<0.2	P<0.4	P<0.2	P<0.2
Dietary herb		P<0.5	P<0.9	P<0.9	P<0.4	P<0.2	P<0.03	P<0.4	P<0.5	P<0.8
Lipid X herb		P<0.5	P<0.1	P<0.2	P<0.7	P<0.3	P<0.06	P<0.6	P<0.9	P<0.6

*Values (mean of duplicate groups) with different superscripts in each column indicate significant differences (P<0.05). The experiment was conducted from 19 July 1999 to 31 March 2000 (water temperature, 7.2-25.4°C; salinity, 30.8-34.7‰; DO, 6.1-8.6 mg/L).

Table 4. Hemoglobin, total protein and glucose of parrot fish, *Oplegnathus fasciatus* fed diets containing two levels of lipid at two herb mixture levels*

Diets		Hemoglobin (g/dL)			Total protein (g/dL)			Glucose (mg/dL)		
Lipid (%)	Herb (g/kg)	4 month	6 month	8 month	4 month	6 month	8 month	4 month	6 month	8 month
8	0	7.13	8.53	5.46	2.96	3.18	2.89	72.5	108.3	60.3
8	5	7.50	8.07	5.02	2.77	3.31	2.73	60.6	108.8	50.0
16	0	7.88	8.92	6.56	2.99	3.30	2.52	75.0	144.3	45.5
16	5	7.86	8.40	7.22	3.16	3.23	2.90	53.5	132.6	40.6
Pooled S.E.		0.29	0.44	0.81	0.16	0.26	0.16	11.17	14.78	9.71
<i>Two-way ANOVA</i>										
Dietary lipid		P<0.07	P<0.5	P<0.06	P<0.2	P<0.9	P<0.5	P<0.9	P<0.07	P<0.3
Dietary herb		P<0.5	P<0.4	P<0.9	P<0.9	P<0.9	P<0.5	P<0.2	P<0.7	P<0.5
Lipid X herb		P<0.4	P<0.9	P<0.4	P<0.3	P<0.8	P<0.1	P<0.7	P<0.7	P<0.8

*Values are mean of duplicate groups. The experiment was conducted from 19 July 1999 to 31 March 2000 (water temperature, 7.2-25.4°C; salinity, 30.8-34.7‰; DO, 6.1-8.6 mg/L).

Table 5. Total cholesterol, aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT) of parrot fish, *Oplegnathus fasciatus* fed diets containing two levels of lipid at two herb mixture levels*

Diets		Total cholesterol (mg/dL)			AST (IU/L)			ALT (IU/L)		
Lipid (%)	Herb (g/kg)	4 month	6 month	8 month	4 month	6 month	8 month	4 month	6 month	8 month
8	0	310.1 ^a	227.4	111.2 ^a	85.3	155.7 ^a	120.5	20.8	26.9 ^a	16.8
8	5	313.6 ^a	169.0	105.0 ^a	105.0	54.0 ^b	106.8	24.8	18.4 ^b	18.0
16	0	472.9 ^b	242.3	110.8 ^a	144.3	155.5 ^a	139.3	25.3	23.6 ^{ab}	19.3
16	5	429.1 ^b	188.2	148.2 ^b	146.5	106.3 ^{ab}	124.8	22.5	22.1 ^{ab}	18.3
Pooled S.E.		58.22	26.59	14.48	24.31	36.37	19.31	2.60	2.59	1.22
<i>Two-way ANOVA</i>										
Dietary lipid		P<0.01	P<0.2	P<0.07	P<0.06	P<0.3	P<0.5	P<0.7	P<0.9	P<0.4
Dietary herb		P<0.5	P<0.01	P<0.1	P<0.6	P<0.03	P<0.6	P<0.8	P<0.03	P<0.9
Lipid X herb		P<0.5	P<0.9	P<0.06	P<0.7	P<0.3	P<1.0	P<0.3	P<0.09	P<0.5

*Values (mean of duplicate groups) with different superscripts in each column indicate significant differences (P<0.05). The experiment was conducted from 19 July 1999 to 31 March 2000 (water temperature, 7.2-25.4°C; salinity, 30.8-34.7‰; DO, 6.1-8.6 mg/L).

감소하는 경향을 보였는데, 실험 4개월에 total cholesterol은 앞서 간과 내장의 지질함량 결과와 마찬가지로 사료 지질함량 증가에 의해 유의하게 증가되어 (P<0.01), 고지질구들의 total cholesterol은 동일 한방제 농도에서 저지질구들에 비해 유의하게 더 높았다 (P<0.05). 그리고 실험종료

시 total cholesterol은 고지질 한방제구에서 유의하게 증가되었다 (P<0.05). 한편 실험 6개월의 AST와 ALT는 사료 지질함량 증가가 아닌 한방제 첨가에 의해 감소되었는데 (P<0.03), 저지질 사료에서 한방제 첨가구의 AST와 ALT는 대조구에 비해 유의하게 더 낮은 값을 보였다 (P<0.05).

고 찰

사료 지질함량 증가가 월동전인 실험전반 4개월 동안 돌돔 치어의 증체율과 사료효율을 개선시키는 효과를 보였고, 이는 사료의 에너지원으로 지질 첨가가 돌돔의 성장을 개선시킨다는 연구결과와 일치하고 있다. Kang et al. (1998)은 평균 체중 7 g의 돌돔을 수온 19.8-25.4℃의 사육 조건에서 8주간 사육하면서 단백질 50% 사료의 적정 지질 함량을 조사한 연구에서, 16% 지질구의 증체율과 사료효율이 8% 지질구에 비해 더 높아짐을 밝힌 바 있으며, 이는 돌돔의 성장에 비교적 안정된 수온 (16.9-25.4℃)으로 유지된 본 연구의 실험전반 4개월 결과와 유사하였다. 이와 같이 사료에 지질함량을 증가시켜 성장을 개선시키는 효과는 다른 육식성 어종 (조피볼락, 차벌메기, 산천어 및 무지개송어)에도 보고된 바 있다 (Page and Andrews, 1973; Takeuchi et al., 1978; Lee and Kim, 2001; Lee et al., 2002). 또한 어류의 성장에 미치는 한방제 첨가 효과에 대해서는 Kim et al. (1998)이 본 실험의 한방제를 넙치의 습사료에 첨가하고 48주간 사육하여 한방제 첨가구가 대조구에 비해 일일성장률이 4.8%, 그리고 사료효율이 13.6% 더 향상되었음을 보고한 바 있고, Lee et al. (2001)은 참전복의 경우도 사료내 한방제 첨가가 성장을 개선시키는데 도움이 된다고 보고하였다. 돌돔 사료에 한방제를 적용한 본 연구에서도 위에 언급한 타 품종의 경우와 마찬가지로 양호한 결과를 나타내는 것으로 보아, 본 연구에 사용된 한방제는 해산어류의 적정 수온구간 내에서는 성장 개선에 좋은 효과가 있는 것으로 생각된다.

Schreck (1982)에 의하면, 어류는 수온밀도, 수온, 수질 등의 사육조건이 나쁠 때, 사료의 질과 양이 불충분할 때, 그리고 그물작업, 수송과 같은 handling 등에 의해 스트레스를 받게 되며, 스트레스를 받은 어류는 체내 항상성 (homeostasis) 유지할 위하여 에너지를 요구하게 되고, 이로 인해 어체 대사를 위한 에너지가 필요 이상으로 소모되어 성장의 둔화를 초래할 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서 월동시기에 해당되는 실험후반 4개월 동안의 증체율과 사료효율은 전체적으로 음의 값을 보이면서 사료 지질과 한방제의 효과가 나타나지 않았고, 모든 실험구의 성장이 부진한 것으로 보아, 사료 지질함량 증가와 한방제 첨가는 겨울철 돌돔의 성장 개선에 도움이 되지 못하는 것으로 판단된다.

실험 전 기간을 통하여 생존율은 사료 지질함량 증가 또는 한방제 첨가에 의해 유의하게 증가되어 고지질과 한방제 첨가구의 생존율이 저지질 대조구에 비해 유의하게 더 높았는데, 이는 사료 지질함량이 높고 보양 성분이 강한 한방제 첨가 사료를 돌돔이 섭취한 결과로서, 어체 활성이 높아 겨울철 저수온기를 안정적으로 극복하였기 때문으로 사료되며, 사료내 한방제 첨가의 경우 질병이 빈발하고 사육 환경이 불리한 조건에서 보다 더 효과적인 것으로 전망된

다. 나일틸라피아에게 감초로부터 분리된 glycyrrhizin을 0.025-0.2%의 농도로 산화된 사료에 첨가하여 먹인 후 어류의 병원성 세균인 *Edwardsiella tarda*를 공격 실험하여 방어능을 조사한 결과, 생존율에서 첨가구가 대조구보다 현저히 높았다는 보고도 있다 (Jang et al., 1992). 그러나 한약재의 경우 어떤 한 가지만을 장기 투여할 때, 그에 따른 부작용 가능성이 있을 수 있으므로, 이를 막기 위해 여러 성분을 다양하게 첨가 조제하여 각 성분의 효과간 상승작용은 물론 한가지 약재만의 단독 장기 투여에 따른 부작용을 최소화하여야 할 것이다.

본 연구에서 간과 내장의 지질함량은 월동전인 실험 4개월에 사료 지질함량 증가에 의해 유의하게 증가되어 고지질구 간의 지질함량은 한방제 첨가사료에서, 그리고 고지질구 내장의 지질함량은 동일 한방제 농도에서 저지질구에 비해 더 높게 나타났다. Kang et al. (1998)이 분석한 돌돔 어체성분에서는 간과 내장의 지질함량이 동일 사료 단백질 수준에서 고지질 사료일 때 유의하게 높았음을 보고하였는데, 비교적 안정된 수온으로 유지된 본 연구의 월동전 결과와 일치하였다. 이에 대해서는 돌돔이 수온 18℃ 이상에서 활발하게 섭식하여 성장하는 고수온 어종으로 (Kumai, 1984), 고지질 사료를 섭취한 돌돔이 월동전 성장시기에 에너지를 체내 축적한 것으로 추측된다.

한편 어류는 사육환경 변화, 사료영양 불균형, handling 등의 다양한 스트레스 요인에 의해 혈액내 hemoglobin, protein, glucose, cholesterol, AST, ALT 등의 성상이 변화되는 것으로 연구된 바 있다 (Ishioka, 1980; Edahiro et al., 1991; Park et al., 1999; Jeon et al., 2000). 본 연구에서도 월동전과 월동시기의 혈액성상을 비교해 볼 때, 월별 변화 추이가 다소 관찰되었으므로 저수온에 의한 스트레스 반응이 나타났음을 알 수 있다. 특히 혈청내 glucose의 경우 실험 6개월의 최저 수온기에는 108.3-144.3 mg/dL로, 다른 시기에 조사된 40.6-75.0 mg/dL에 비해 높게 나타났는데, glucose의 증가 경향은 어류의 일반적인 스트레스 반응으로서, 참돔, striped bass, chinook salmon 등을 이용한 수온변화 연구를 통하여 보고되고 있다 (Ishioka, 1980; Barton and Schreck, 1987; Davis and Parker, 1990). 그리고 Jeon and Kim (1998)이 해상가두리 양식장 돌돔을 대상으로 하절기에 조사한 혈액성분 결과에 의하면, total protein 4.8-4.9 g/dL, glucose 111 mg/dL, total cholesterol 88 mg/dL, AST 21-27 IU/L로 보고하였다. 이러한 수치는 본 연구 결과와 다소 차이가 있는데, 수질, 수온 등의 외부환경과 공급한 먹이 등 실험조건의 차이가 많아 양쪽 결과를 단순 비교하기는 무리가 있다.

본 연구의 각 실험구별 혈액성상 비교에서 사료 지질함량 증가 또는 한방제 첨가는 hemoglobin, total protein 및 glucose의 변화에는 큰 영향을 미치지 못하였으나, total cholesterol, AST 및 ALT의 변화를 초래하였는데, 이러한

변화는 돌돔이 저수온 스트레스를 받았을 때 사료 지질과 한방제에 의해 안정적으로 극복하는 효과를 나타낸 것으로 사료된다. 지질성분인 total cholesterol은 월동전의 경우 어체 지질함량 결과와 마찬가지로 사료 지질함량 증가에 의해, 그리고 실험종료시의 수온 상승기에는 사료 지질함량 증가와 한방제 첨가의 복합적인 상승작용에 의해 그 값이 유의하게 증가되었다. Jeon et al. (2000)은 은연어를 이용한 스트레스 반응 연구를 통하여 운반 방법에 따라 어체의 스트레스 반응으로 cholesterol이 증가한다고 하여 본 연구의 사료 지질함량 증가와 한방제 첨가 효과와는 상반된 결과를 나타내었다. 이러한 차이는 본 연구의 월동전 성장시기에 지질함량이 높은 사료를 섭취한 고지질구들의 지질 축적 결과와 더불어, 수온이 상승하는 2000년 3월의 회복기에는 지질함량이 높고 보약 성분의 한방제 첨가사료를 섭취한 고지질 한방제구의 높은 회복력과 관련한 체내 에너지 축적의 결과로 추측되나, 이에 대해서는 금후 상세한 검토가 필요하다.

혈청내 AST와 ALT는 생체 내에서 중요한 당, 지질, 단백질 대사에 관여하는 효소로서, 일반적으로 어체 상태가 좋지 않을수록 간의 장해에 의해서 그 값들이 증가한다고 알려져 있으며 (Gordon, 1968), 이외에 다양한 스트레스 반응 연구를 통하여 AST와 ALT의 증가 현상은 보고되고 있다 (Edahiro et al., 1991; Jang et al., 1992; Jeon et al., 2000). 본 연구에서 월동시기의 AST와 ALT는 사료 지질함량 증가가 아닌 한방제 첨가에 의해 감소되었는데, 이로써 사료 내 한방제 첨가는 넓치로 실험한 Kim et al. (2000a)의 한방제 효과와 같이 간의 양호한 지질대사에 관련이 있는 것으로 판단된다.

이상의 결과들은 배합사료에 에너지원으로 지질함량의 증가와 사료첨가제로서 한방제의 첨가가 성장 수온뿐 아니라 월동 수온 범위 내에서도 돌돔 치어의 성장, 생존 및 체내 대사를 개선시킬 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, 1298pp.
- Barton, B.A. and C.B. Schreck. 1987. Influence of acclimation temperature on interrenal and carbohydrate stress responses in juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture*, 62, 299-310.
- Davis, K.B. and N.C. Parker. 1990. Physiological stress in striped bass: effect of acclimation temperature. *Aquaculture*, 91, 349-358.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1-42.
- Edahiro, T., M. Hamaguchi and R. Kusuda. 1991. Suppressive effect of glycyrrhizin against streptococcal infection promoted by feeding oxidized lipids to yellowtail, *Seriola quinqueradiata*. *Suisanzoshku*, 39, 21-27.
- Garling, D.L., Jr. and R.P. Wilson. 1976. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutr.*, 106, 1368-1375.
- Gordon, R.B. 1968. Distribution of transaminases (Aminotransferases) in the tissues of the pacific salmon (*Oncorhynchus*), with emphasis on the properties and diagnostic use of glutamic oxaloacetic transaminase. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 25, 1247-1268.
- Ishioaka, H. 1980. Stress reactions in the marine fish. I. Stress reactions induced by temperature changes. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46, 523-531.
- Jang, S.I., J.Y. Jo and J.S. Lee. 1992. Effects of vitamins and glycyrrhizin added to oxidized diets on the growth and on the resistance to Edwardsiella infection of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *J. Aquaculture*, 5, 143-155.
- Jeong, K.S., S.M. Kim, I.C. Bang, S.K. Kim and W.K. Lee. 1998. Induced spawning of striped knife-jaw, *Oplegnathus fasciatus* by manipulating water temperature and photoperiod. *J. Aquaculture*, 11, 1-10.
- Jeon, J.K. and H.B. Kim. 1998. Comparison in serum constituents of cultured marine fishes in early summer season. *J. Aquacult.*, 11, 547-556.
- Jeon, J.K., P.K. Kim, Y.J. Park, J.G. Myoung and J.M. Kim. 2000. Stress responses of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, to transport in fresh water or salt water. *J. Kor. Fish. Soc.*, 33, 119-123.
- Kang, Y.J., S.M. Lee, H.K. Hwang and S.C. Bai. 1998. Optimum dietary protein and lipid levels on growth in parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). *J. Aquacult.*, 11, 1-10.
- Kim, D.S., J.H. Kim, C.H. Jeong, S.Y. Lee, S.M. Lee and Y.B. Moon. 1998. Utilization of Obosan (dietary herbs). I. Effects on survival, growth, feed conversion ratio and condition factor in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.*, 11, 213-221.
- Kim, J.H., Y.B. Moon, C.H. Jeong and D.S. Kim. 2000a. Utilization of dietary herb Obosan III. Growth of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.*, 13, 231-238.
- Kim, S.Y., I.C. Bang and S.M. Kim. 2000b. Sexual maturation inducement of striped knife-jaw, *Oplegnathus fasciatus* by manipulating environmental condition. *Kor. J. Ichthyol.*, 12, 46-53.
- Kumai, H. 1984. Biological studies on culture of the Japanese parrot fish, *Oplegnathus fasciatus* (Temminck et Schlegel). *Bull. Fish. Lab. Kinki Univ.*, 2, 93-108.
- Lee, K.H., Y.S. Lee, J.H. Kim and D.S. Kim. 1998. Utilization of Obosan (dietary herbs) II. Muscle quality of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* fed with diet containing Obosan. *J. Aquacult.*, 11, 319-325.

- Lee, S.M. and K.D. Kim. 2001. Effects of dietary protein and energy levels on the growth, protein utilization and body composition of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou* Brevoort). *Aquacult. Res.*, 32, 39-45.
- Lee, S.M., C.S. Park and D.S. Kim. 2001. Effects of dietary herbs on growth and body composition of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai*. *J. Kor. Fish. Soc.*, 34, 570-575.
- Lee, S.M., I.G. Jeon and J.Y. Lee. 2002. Effects of digestible protein and lipid levels in practical diets on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish (*Sebastes schlegelii*). *Aquaculture*, 211, 227-239.
- 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 Aquacult. Soc.*, 31, 306-315.
- Nakagawa, H. and S. Kasahara. 1986. Effect of *Ulva*-meal supplement to diet on the lipid metabolism of red sea bream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52, 1887-1893.
- Nematipour, G.R., H. Nakagawa, S. Kasahara and S. Ohya. 1988. Effect of dietary lipid level and *Chlorella*-extract on ayu. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54, 1395-1400.
- Page, J.W. and J.W. Andrews. 1973. Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.*, 103, 1339-1346.
- Park, M.R., Y.J. Chang and D.Y. Kang. 1999. Physiological response of the cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) to the sharp changes of water temperature. *J. Aquacult.*, 12, 221-228.
- Schreck, C.B. 1982. Stress and rearing of salmonids. *Aquaculture*, 28, 241-249.
- Takeuchi, T., M. Yokoyama, T. Watanabe and C. Ogino. 1978. Optimum ratio of dietary energy to protein for rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 44, 729-732.
- Tanimoto, S.Y., K. Ikuma and S. Takahashi. 1993. Improvement in raw meat texture of cultured eel by feeding of tochu leaf powder. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 57, 205-208.
- Yone, Y., M. Furuichi and K. Urano. 1986. Effects of dietary wakame *Undaria pinnatifida* and *Ascophyllum nodosum* supplements on growth, feed efficiency, and proximate compositions of liver and muscle of red sea bream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52, 1465-1468.

2002년 11월 11일 접수

2003년 3월 29일 수리