

## 치어기 황복(*Takifugu obscurus*) 사료 내 적정 지질 함량

유광열\* · 배승철†

(\*충청남도수산연구소 · †부경대학교)

### Optimum Dietary Lipid Level in Juvenile River Puffer *Takifugu obscurus*

Gwangyeol YOO\* · Sungchul C. BAI†

(\*The Province of Chungcheongnam-do Fisheries Research Institute · †PukyongNationalUniversity)

#### Abstract

This study was conducted to evaluate the optimum dietary lipid level in juvenile river puffer. Five semi-purified diets were formulated with corn oil to contain graded levels of lipid levels of 6, 9, 12, 15 and 18%. Fish averaging 8.32±0.02 g randomly were fed the experimental diets in triplicate groups for 8 weeks. After the 8-weeks feeding trial, weight gain and specific growth rate of fish fed the 9% diet were significantly higher than those of fish fed the 15 and 18% diets ( $P<0.05$ ) but there was not significantly different from that of fish fed the 6, 9 and 12% diets. Feed efficiency and protein efficiency ratio of fish fed the 6, 9 and 12% diets were significantly higher than those of fish fed the 18% diet ( $P<0.05$ ). Visceralsomatic index of fish fed 18% diet was significantly higher than that of fish fed the 6% diet ( $P<0.05$ ) but there was not significantly different from that of fish fed the 9, 12, 15 and 18% diets. No significant differences were observed in condition factor, hepatosomatic index and whole body composition among all the fish groups. Serum cholesterol and triglyceride fish fed of 18% diet were significantly higher than that of fish fed the other diets ( $P<0.05$ ). Optimum dietary lipid levels by using broken-line model and by using second order polynomial were estimated at 7.01% and 8.98% for the maximum growth of fish respectively. Therefore, these results suggested that the optimum dietary lipid level could be greater than 7.01% but less than 8.98% for the maximum growth in juvenile river puffer.

**Key words :** River puffer, Lipid requirement, Growth, Weight gain

#### I. 서론

자연 상태에서 어류를 위한 먹이내 주된 에너지 공급원은 지질이다. 대부분의 동물들은 먹이가 고갈될 때 체지방을 쉽게 에너지원으로 대사시킬 수 있다. 지질은 사료의 에너지원으로 단백질이나 탄수화물보다 에너지가가 높아 값비싼 단백질 사료원료를 절약할 수 있는 중요한 에너지원일 뿐 아니라, 지용성 비타민을 공급하는 중요

한 영양소이다(NRC, 2011). 또한, 체내에서 지질과 지방산은 지용성비타민의 흡수, 세포막 형성, 호르몬과 담즙 형성 및 체내 에너지 축적에 중요한 역할을 한다. 특히, 지질은 필수지방산의 공급원으로 양식 대상종의 성장과 체내대사에 필수적인 역할을 한다. 사료내 지질 수준을 증가시켜 단백질을 대체하면 생산단가를 낮출 수 있을 뿐만 아니라 질소배출을 감소시켜 환경오염에도 도

† Corresponding author : 051-629-5916 scbai@pknu.ac.kr

\* 본 연구는 해양수산부 수산실용화기술개발사업 (황복의 친환경양식 및 산업화 기술개발, 311045-03-1-SB010)에 의해 이루어진 것임.

움이 된다(Choi et al., 2008).

양식어류는 어종별로 특이한 지방을 축적시키며, 양어용 사료는 축적지방의 형태를 변형시키기 때문에 양식어류의 체지방은 섭취된 지방과 유사하게 구성된다. 양어용 사료내 불포화지방은 온수어와 냉수어에서 쉽게 소화되는 반면, 포화지방은 단지 온수어에서만 효과적으로 소화된다. 사료 내 지질의 적정함량은 사료의 단백질 함량과 지방의 형태에 따라 달라진다. 지질은 어류를 위한 주된 에너지 공급원이며, 단백질 절약효과를 나타내므로 사료내 지방의 함량은 적정요구범위 내에서 높을수록 좋다(Mohseni et al., 2011). 반면, 적정수준 이상 함유 될 경우 이용효율이 떨어지며 산화 될 우려가 있으므로 양식대상종의 배합사료 개발을 위하여 적정 지질요구량은 반드시 규명 되어야 한다. 지질요구량에 대한 연구는 senegalese sole (Morais et al., 2006), white seabass (López et al., 2010), cobia (Wang et al., 2005), European seabass (Peres & Oliva-Teles, 1999), darkbarbel catfish (Zheng et al., 2010) 및 crucian carp (Wang et al., 2008) 등 여러 어종을 대상으로 보고되었으나, 황복에 관한 연구는 보고되지 않았다.

따라서, 본 연구는 치어기 황복을 대상으로 영양학적이고 생화학적인 평가를 통해 사료내 적정 지질 요구량을 평가함으로써 황복 배합사료 개발을 위한 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험어 사육관리

실험에 사용한 황복 치어는 사육실험 전에 유사한 크기로 선별하여 3,000 L 수조에 입식한 후 실험환경에 적응할 수 있도록 기초사료를 2주간 동일하게 공급하면서 예비사육을 하였다. 예비사육 후, 평균무게  $8.32 \pm 0.02$  g인 황복 치어를 40 L 사각수조에 각각 20마리씩 수용하여 각 실험구당

3반복으로 무작위 배치하였으며, 사육수는 모래 여과기에 의해 여과된 해수를 사용하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 1 L/min로 조절하였으며, 각 수조 당 충분한 산소 공급을 위하여 에어스톤을 설치하였다. 실험기간동안 평균수온은  $27.1 \pm 1.49^\circ\text{C}$ 로 전 실험기간 동안에 자연수온에 의존하였다. 사육수의 염분은  $26.7 \pm 1.37$  psu이었고, 용존산소(DO)는 5.2~6.7 mg/L의 범위였다. 일일 사료공급량은 어체중의  $4.3 \pm 0.05$  (% DM)로 1일 2회(09:00, 16:00) 공급하였으며, 주 사육실험기간은 8주간 실시하였다.

### 2. 실험사료 설계

실험사료의 조성은 <Table 1>과 같다. 단백질 원으로는 갈색어분과 카제인 및 대두박을 사용하였고, 지질원으로는 옥수수유를 그리고 탄수화물 원으로는 텍스트린과 밀가루를 사용하였다. 실험사료는 옥수수유와 텍스트린을 제외한 모든 사료원이 동일하게 함유되었으며, 적정지질 요구량을 평가하기 위해 옥수수유를 사용하여 실험사료내 총지질 함량을 6, 9, 12, 15 및 18%가 되도록 설계하였다. 모든 실험사료는 원료를 혼합 후 펠렛 제조기로 압출·성형하였으며, 표준체(sieve)로 고르게 친 후 밀봉하여  $-20^\circ\text{C}$ 에 냉동 보관하면서 사용하였다.

### 3. 어체측정

어체 측정은 2주 간격으로 실시하였으며, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후 MS-222 (100 ppm)로 마취시켜 전체무게를 측정하였다. 실험종료 후, 증체율(percent weight gain, %), 일간성장률(specific growth rate, %/day), 단백질전환효율(protein efficiency ratio), 사료효율(feed efficiency, %), 비만도(condition factor), 간중량지수(hepatosomatic index), 내장중량지수(visceral-somatic index) 및 생존율(survival rate, %)을 조사하였다. 간중량지수 및 내장중량지수 평가를 위해

각 수조별로 5마리씩 간 및 내장의 무게를 측정 하였다.

<Table 1> Composition of the experimental diets

Ingredients (%)	Lipid levels (%)				
	6	9	12	15	18
Brown fish meal <sup>1</sup>	50	50	50	50	50
Casein <sup>2</sup>	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4
Soybean meal <sup>1</sup>	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Dextrin <sup>2</sup>	12.3	9.3	6.3	3.3	0.3
Wheat flour <sup>3</sup>	10	10	10	10	10
Corn oil <sup>4</sup>	0	3	6	9	12
DHA+EPA <sup>4</sup>	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Vitamin premix <sup>5</sup>	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Mineral premix <sup>6</sup>	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Proximate composition (% DM)					
Moisture	11.6	10.7	10.8	9.82	9.42
Crude protein	50.5	50.8	51.4	51.9	51.8
Crude lipid	6.66	9.72	12.9	15.4	18.6
Crude ash	17.5	17.3	17.3	17.5	17.5
DHA+EPA	1.12	1.15	1.18	1.14	1.09

<sup>1</sup>Rom Co., LTD. Goseong, Korea.

<sup>2</sup>Baker Commodities Inc., L.A., USA.

<sup>3</sup>Young Nam Flourmills Co., Busan, Korea.

<sup>4</sup>Ewha Oil Company, Busan, Korea.

<sup>5</sup>Contains (as mg/kg in diets) : Ascorbic acid, 300; dl-Calcium pantothenate, 150; Choline bitartrate, 3000; Inositol, 150; Menadione, 6; Niacin, 150; Pyridoxine · HCl, 15; Riboflavin, 30; Thiamine mononitrate, 15; dl- $\alpha$ -Tocopherol acetate, 201; Retinyl acetate, 6; Biotin, 1.5; Folic acid, 5.4; B<sub>12</sub>, 0.06.

<sup>6</sup>Contains (as mg/kg in diets) : NaCl, 437.4; MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O, 1379.8; ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O, 226.4; Fe-Citrate, 299; MnSO<sub>4</sub>, 0.016; FeSO<sub>4</sub>, 0.0378; CuSO<sub>4</sub>, 0.00033; Calcium iodate, 0.0006; MgO, 0.00135; NaSeO<sub>3</sub>, 0.00025.

#### 4. 성분분석

실험사료와 각 수조별로 7마리씩 무작위로 추출한 어체를 분쇄한 후 전어체의 일반성분 및 지방산을 분석하였다. 전어체 일반성분은 AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2000) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(135°C, 2시간), 조단백질은 kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조회분은 회화로(Yj-8500D, Korea)를 이용하여 직접 회화법으로 분석하였다. 조지질은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, soxtec system 1046 (Tacator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다. 전어체 지방산 분석은 Folch et al. (1957)의 방법에 따라 클로로포름과 메탄을 혼합액(2:1)으

로 총 지질을 추출하여 14% BF<sub>3</sub>-methanol (Sigma, USA) 용액으로 지방산을 methylation 시킨 후, capillary column (SPTM-2560, 100 m × 0.25 mm I. d., film thickness 0.20 um, USA)이 장착된 gas chromatography (HP-6890 PLUS, Hewlett-Packard, USA)로 지방산을 분석하였다. Carrier gas는 헬륨을 사용하였으며, Oven 온도는 최초 140°C에서 240°C까지 4°C/min 증가시켰다. 이때 injector 온도는 250°C, detector (FID) 온도는 260°C로 각각 설정하였으며, 표준 지방산으로 37개 지방산 혼합물(PUFA 37 Component FAME Mix, USA)을 사용하였다.

실험종료 후, 혈액성분 분석을 위하여 실험어

를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식시켰다. 실험어를 각 수조당 3마리씩 무작위로 추출한 후 일회용 주사기를 이용하여 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채혈하여 micro-hematocrit방법에 의해 헤마토크리트(hematocrit, PCV)를 측정하였으며, 동시에 Drabkin's 용액을 사용하여 cyanmethemoglobin 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. 혈청 성분은 혈액분석기 CH 100 (대광메디텍, 한국)을 이용하여 GOT (glutamic oxaloacetic transaminase), GPT (glutamic pyruvic transaminase)는 Kinetic 방법으로, T-P (total protein), Glucose, Cholesterol, Triglyceride는 End-Point 방법을 이용하여 분석하

였다.

### 5. 통계처리

성장 및 혈액분석 결과는 SPSS 프로그램을 사용하여 One-way ANOVA test를 실시한 후 Duncan's multiple range test (Duncan, 1995)로 평균간의 유의성( $P<0.05$ )을 검정하였다. 지질 요구량은 증체율을 지표로 broken-line model (Robbins et al., 1979) 및 second order polynomial (Cowey et al., 1972) 분석법을 이용하여 측정하였다(SAS procedure LNIN, 2002).

## III. 결 과

8주 동안 사육한 황복 치어의 성장결과는 <Table 2>에 나타내었다.

<Table 2> Growth performance of juvenile river puffer fed the experiment diets with increasing levels of dietary lipid for 8 weeks<sup>1</sup>

Parameters	Lipid levels (%)					Pooled SEM <sup>2</sup>
	6	9	12	15	18	
WG (%) <sup>3</sup>	146 <sup>ab</sup>	161 <sup>a</sup>	147 <sup>ab</sup>	130 <sup>bc</sup>	112 <sup>c</sup>	5.19
FE (%) <sup>4</sup>	48.9 <sup>a</sup>	51.6 <sup>a</sup>	49.8 <sup>a</sup>	46.7 <sup>ab</sup>	40.9 <sup>b</sup>	1.30
PER <sup>5</sup>	0.98 <sup>a</sup>	1.01 <sup>a</sup>	1.02 <sup>a</sup>	0.93 <sup>ab</sup>	0.82 <sup>b</sup>	0.03
SGR <sup>6</sup>	1.80 <sup>ab</sup>	1.92 <sup>a</sup>	1.81 <sup>ab</sup>	1.67 <sup>bc</sup>	1.51 <sup>c</sup>	0.04
CF <sup>7</sup>	1.92	1.98	2.03	2.09	2.07	0.04
HSI (%) <sup>8</sup>	11.3	11.2	11.5	11.7	12.3	0.18
VSI <sup>9</sup>	15.3 <sup>b</sup>	15.8 <sup>ab</sup>	15.8 <sup>ab</sup>	15.9 <sup>ab</sup>	16.7 <sup>a</sup>	0.18
Survival (%)	88.3	95.0	90.0	90.0	86.7	2.16

<sup>1</sup>Values are means from triplicate groups, values in the same row not sharing a common superscript are significantly different ( $P<0.05$ ).

<sup>2</sup>Pooled standard error of mean :  $SD/\sqrt{n}$ .

<sup>3</sup>Weight gain (%) : (final weight - initial weight) × 100 / initial weight.

<sup>4</sup>Feed efficiency (%) : (wet weight gain / dry feed intake) × 100.

<sup>5</sup>Protein efficiency ratio : wet weight gain / protein intake.

<sup>6</sup>Specific growth rate :  $(\log_e \text{ final weight} - \log_e \text{ initial weight}) / \text{days}$ .

<sup>7</sup>Condition factor :  $[\text{fish weight (g)} / \text{fish length (cm)}^3] \times 100$ .

<sup>8</sup>Hepatosomatic index : (liver weight / body weight) × 100.

<sup>9</sup>Visceralsomatic index : (viscera weight / body weight) × 100.

중체율 및 일간성장률은 사료내 지질 함량이 9%인 실험구가 사료내 지질함량 15 및 18%인 실험구에 비하여 유의한 차이로 높게 나타났으며 ( $P<0.05$ ), 사료내 지질함량이 6, 9 및 12%인 실험구 사이에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 사료효율과 단백질전환효율에 있어서는 사료내 지질함량이 9%인 실험구가 사료내 지질함량이 18%인 실험구에 비하여 유의한 차이로 높게 나타났으며( $P<0.05$ ), 사료내 지질 함량이 6, 9, 12 및 15%인 실험구 사이에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 내장중량지수는 사료내 지질함량이 18%인 실험구가 사료내 지질 함량 6%인 실험구에 비하여 유의한 차이로 높게 나타났으며( $P<0.05$ ), 사료내 지질 함량이 9, 12, 15 및 18%인 실험구 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 생존율에 있어서는 모든 실험구간 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 사료내 지질함량이 최저 수준인 6% 및 최고 수준인 18% 실험구들의 생존율이 각각 88.3% 및 86.7%로 다른 실험구(90~95%)에 비하여 낮은 경향을 나타내었다. 비만도 및 간중

량지수는 모든 실험구간에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

실험 종료 후 전어체의 수분, 단백질, 지질 및 회분은 사료내 지질 수준과 관계없이 모든 실험구간 유의한 차이가 나타나지 않았다(<Table 3>). 전어체 지방산 조성의 변화 <Table 4>는 포화지방산에 있어서는 사료내 지질 함량이 6%인 실험구가 다른 모든 실험구(9, 12, 15 & 18%)에 비하여 유의한 차이로 높게 나타났( $P<0.05$ ). 이중결합이 하나 있는 불포화지방산은 사료내 지질 함량이 6%인 실험구가 사료내 지질함량 15 및 18%인 실험구에 비하여 유의한 차이로 높게 나타났으며( $P<0.05$ ), 사료내 지질 함량이 6, 9 및 12%인 실험구간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 황복의 필수지방산인 n-3 HUFA (DHA, EPA) 함량은 사료내 지질함량이 6 및 9%인 실험구간에는 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 사료내 지질 함량이 6%인 실험구는 사료내 지질함량 12, 15 및 18%인 실험구에 비하여 유의한 차이로 높게 나타났( $P<0.05$ ).

<Table 3> Whole body composition (% , DM) of fish fed the experiment diets with increasing levels of dietary lipid for 8 weeks<sup>1</sup>

Parameters	Lipid levels (%)						Pooled SEM <sup>2</sup>
	Initial	6	9	12	15	18	
Moisture	73.8±0.26	70.9	71.4	72.0	70.7	70.8	0.64
Crude protein	61.3±0.02	66.5	67.1	64.9	65.9	66.1	0.61
Crude lipid	24.1±0.05	22.1	22.4	24.1	24.7	24.9	0.73
Ash	9.39±0.02	10.5	10.2	10.2	10.3	10.2	0.18

<sup>1</sup>Values are means from triplicate groups, values in the same row not sharing a common superscript are significantly different ( $P<0.05$ ).

<sup>2</sup>Pooled standard error of mean : SD/ $\sqrt{n}$ .

8주 동안 실험사료를 섭취한 실험어의 혈액 및 혈청 성분의 변화는 Table 5에 나타내었다. 혈액 내 헤마토크리트(PCV) 수치는 사료내 지질함량이 12% 및 15%인 실험구가 18%인 실험구에 비하여 유의한 차이로 높게 나타났( $P<0.05$ ). 혈액내 헤모글로빈, 혈청 글루코스, 혈청 GOT 및 GPT는

모든 실험구간 유의한 차이가 나타나지 않았다( $P<0.05$ ). 혈청 단백질은 사료내 지질 함량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈으며, 혈청 콜레스테롤 및 중성지질은 사료내 지질함량이 증가할수록 그 수치가 증가하는 경향을 나타내었다.

<Table 4> Whole body proximate fatty acid composition (% of total fatty acids) of juvenile river puffer fed the experiment diets with increasing levels of dietary lipid for 8 weeks<sup>1</sup>

Fatty acid	Lipid levels (%)					Pooled SEM <sup>2</sup>
	6	9	12	15	18	
C14:0	2.57 <sup>a</sup>	1.88 <sup>ab</sup>	1.99 <sup>ab</sup>	1.67 <sup>b</sup>	1.71 <sup>ab</sup>	0.11
C15:0	0.28	0.23	0.34	0.32	0.34	0.03
C16:0	21.9 <sup>a</sup>	18.6 <sup>ab</sup>	18.2 <sup>b</sup>	17.0 <sup>b</sup>	17.8 <sup>b</sup>	0.53
C17:0	0.83 <sup>a</sup>	0.61 <sup>b</sup>	0.32 <sup>c</sup>	0.32 <sup>c</sup>	0.38 <sup>c</sup>	0.06
C18:0	6.89 <sup>a</sup>	5.77 <sup>b</sup>	5.71 <sup>b</sup>	4.93 <sup>b</sup>	5.28 <sup>b</sup>	0.19
C20:0	0.19	0.18	0.28	0.28	0.30	0.03
C22:0	0.82 <sup>a</sup>	0.56 <sup>ab</sup>	0.75 <sup>a</sup>	0.37 <sup>b</sup>	0.60 <sup>ab</sup>	0.05
C23:0	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.01
∑Saturates	33.5 <sup>a</sup>	27.9 <sup>b</sup>	27.6 <sup>b</sup>	24.9 <sup>b</sup>	26.5 <sup>b</sup>	0.88
C16:1	10.5 <sup>a</sup>	8.52 <sup>b</sup>	7.48 <sup>b</sup>	6.53 <sup>b</sup>	6.53 <sup>b</sup>	0.45
C17:1	0.06	0.00	0.00	0.04	0.04	0.02
C18:1	32.1	31.8	32.8	31.5	32.1	0.34
C20:1	3.38 <sup>a</sup>	2.14 <sup>b</sup>	2.49 <sup>b</sup>	2.05 <sup>b</sup>	2.19 <sup>b</sup>	0.17
C22:1	0.26	0.18	0.30	0.16	0.26	0.03
C24:1	0.22	0.09	0.19	0.17	0.25	0.04
∑Monoenes	46.6 <sup>a</sup>	42.7 <sup>ab</sup>	43.3 <sup>ab</sup>	40.5 <sup>b</sup>	41.3 <sup>b</sup>	0.79
C18:2n9	7.21 <sup>c</sup>	19.4 <sup>ab</sup>	21.7 <sup>ab</sup>	27.1 <sup>a</sup>	26.1 <sup>a</sup>	2.02
C18:3n9	2.20 <sup>a</sup>	1.67 <sup>b</sup>	1.36 <sup>b</sup>	1.40 <sup>b</sup>	1.32 <sup>b</sup>	0.10
C20:2	0.51 <sup>b</sup>	0.78 <sup>a</sup>	0.81 <sup>a</sup>	0.83 <sup>a</sup>	0.89 <sup>a</sup>	0.04
C20:4	0.56 <sup>a</sup>	0.46 <sup>ab</sup>	0.33 <sup>bc</sup>	0.33 <sup>bc</sup>	0.19 <sup>c</sup>	0.04
C20:5	2.22 <sup>a</sup>	1.62 <sup>ab</sup>	1.25 <sup>b</sup>	1.24 <sup>b</sup>	0.95 <sup>b</sup>	0.14
C22:2	0.20	0.08	0.15	0.08	0.26	0.03
C22:6	7.02 <sup>a</sup>	5.38 <sup>ab</sup>	3.57 <sup>b</sup>	3.59 <sup>b</sup>	2.53 <sup>b</sup>	0.54
∑Polyenes	11.4 <sup>a</sup>	8.67 <sup>ab</sup>	6.18 <sup>b</sup>	6.23 <sup>b</sup>	4.81 <sup>b</sup>	0.98
∑n-3	11.4 <sup>a</sup>	8.67 <sup>ab</sup>	6.18 <sup>b</sup>	6.23 <sup>b</sup>	4.81 <sup>b</sup>	0.77
∑n-6	8.29 <sup>c</sup>	20.7 <sup>b</sup>	22.8 <sup>ab</sup>	28.3 <sup>a</sup>	27.1 <sup>a</sup>	2.04
n-3/n-6	1.38 <sup>a</sup>	0.44 <sup>bc</sup>	0.27 <sup>bc</sup>	0.22 <sup>bc</sup>	0.17 <sup>c</sup>	0.12
n-3HUFA	9.23 <sup>a</sup>	7.00 <sup>ab</sup>	4.82 <sup>b</sup>	4.83 <sup>b</sup>	3.49 <sup>b</sup>	0.67

<sup>1</sup>Values are means from triplicate groups, values in the same row not sharing a common superscript are significantly different ( $P<0.05$ ).

<sup>2</sup>Pooled standard error of mean :  $SD/\sqrt{n}$ .

#### IV. 고찰

어류영양에서 사료내 지질함량의 증가는 전어체의 지방축적 등에 영향을 미쳐 육질저하를 초래할 수 있다고 하였으나(Cowey, 1993), 지질함량을 가능한 최대로 높일 수 있다면 에너지 이용성 향상, 단백질 절약효과 및 질소배출 감소 등의 장점이 있다(Cho & Kaushik, 1990; Peres & Aires, 1999). 본 실험은 치어기 회복을 대상으로 사료내

단백질함량을 50%로 맞추고 지질함량을 6%에서 18%까지 수준별로 첨가하여 8주 동안 사육실험을 수행하였다. 증체율, 일간성장률, 사료효율 및 단백질 전환효율은 9%까지 증가하다가 12% 이후 점차 낮아지는 경향을 나타냈으며, 18% 실험구가 가장 낮은 수치를 보였다. 이러한 결과는 사료내 과도한 지질함유는 어류의 성장을 위한 에너지원으로 효과적이지 않다는 것을 보여주며,

자주복, 넙치 및 틸라피아 등 다른 어종에서도 유사한 결과를 나타내었다(Kanazawa et al., 1980; Lee & Kim, 2005; El-Kachief et al., 2011). 지질이 사료에 과잉 함유될 경우 넙치에 있어서는 중성 지질뿐만 아니라 간과 근육내 지질의 함량이 증가하여 건강도에 문제가 발생할 수 있는 것으로 보고된 바 있으며(Sato, 1998), yellow croaker에 있어서는 생존율을 감소시킨다고 보고되었다(Ai et al., 2008). 한편, darkbarble catfish에 있어서는 사료내 지질함량이 너무 낮을 경우에도 생존율이 감소된다고 보고되었다(Zheng et al., 2010). 본 실험에서는 생존율이 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 사료내 지질함량이 최저 수준인 6% 및 최고 수준인 18% 실험구들의 생존율이 감소하는 경향을 나타내었다.

실험종료 후, 전어체의 지질함량은 유의한 차이는 나타나지는 않았지만 사료내 지질 함량에 따라 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 넙치(Lee & Kim, 2005), 연어과 어류(Johnsen & Wandsvik, 1990), 틸라피아(Abdel-Hakim et al., 2008) 등 다른 어종과 유사 하였으며, Kim et al. (2008)은 사료내 지질함량의 증가는 간 및 내장에도 지질함량을 증가시킨다고 보고하였다. Wang (2008)은 치어기 황복의 필수지방산 요구량은 0.5% (DHA)로 보고하였다. 본 연구에 사용된 모든 실험사료는 어분 함량 50%에 DHA+EPA를 0.3%씩 첨가하여, 실험사료내 DHA+EPA가 1.09~1.18%로 황복의 필수지방산요구량을 충족하였다. 배합사료내 필수지방산 함량은 어류의 성장 및 생존에 영향을 미친다고 보고되었다(NRC, 2011). 본 연구는 실험사료의 지질원으로 옥수수유를 사용하여 지질원으로 어유를 이용할 경우 지질함량에 따라 실험사료 내 n-3 HUFA의 함량이 증가하여 실험어의 성장에 끼칠 수 있는 영향을 최소화 하였다. 8주간의 사육실험 후 전어체 지방산 중 n-3 HUFA는 사료내 지질 함량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. Kikuchi et al. (2011)은 사료의 지질원 및 지방산은 어체 지

방산 조성에 영향을 끼친다고 보고하였으며, 본 연구의 전어체 n-3 HUFA 조성의 변화는 지질원으로 옥수수유를 사용하였기 때문일 것으로 추정된다.

Chun & Oh (1989)는 혈액성상에 따른 양식어류의 건강평가를 위한 연구결과 어류의 헤마토크리트 및 헤모글로빈 수치는 어류의 영양상태, 질병, 수질환경 및 스트레스 등에 따라 정상 수치보다 현저히 낮아지거나 높아지는 경향을 보인다고 하였다. 본 연구결과 사료내 지질 함량이 18%인 실험구의 헤마토크리트 수치가 가장 낮게 나타났으며, 이러한 결과는 사료내 과도한 지질 함량 때문일 것으로 생각된다. 혈청 콜레스테롤 및 중성지질은 사료내 지질함량이 증가 할수록 그 수치가 증가하는 경향을 보였으며, 이러한 결과는 넙치(Kikuchi et al., 2000), grouper (Cheng et al., 2006) 및 turbot (Regost et al., 2001)을 대상으로 실험한 결과와 유사하였다.

황복과 같이 복어류에 속하는 자주복의 적정 지질 요구량은 6%로 보고되었다(Kanazawa et al., 1980). 본 연구에서 사료내 지질 함량에 따른 증체율은 사료지질 9%까지 직선적으로 증가하다가 그 이상에서는 감소하였다. 증체량을 지표로 하여 broken line model 및 second order polynomial에 의한 지질 요구량을 도출한 결과 황복 치어의 최대 성장을 위한 지질 요구량은 최소 7.01% 이상이며 사료 내 적정 지질 함량은 8.98% 보다는 적을 것으로 추정된다.

## References

- Abdel-Hakim, N. F. · Lashin, M. E. · Al-Azab, A. A. & Nazmi, H. M.(2008). Effects of replacing soybean meal with other plant protein sources on protein and energy utilization and carcass composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 979-997.
- Ai, Q. H. · Zhao, J. Z. · Mai, K. S. · Xu, W. · Tan,

- B. P. · Ma, H. M. & Liufu, Z. G.(2008). Optimal dietary lipid levels for large yellow croaker (*Pseudosciaema crocea*) larvae, *Aquaculture Nutrition* 14, 515~522.
- AOAC(2000). Official methods of analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA.
- Cheng, Ann-Chang · Chen, Chia-Yung · Liou, Chyng-Hwa & Chang, Ching-Fong(2006). Effects of dietary protein and lipids on blood parameters and superoxide anion production in the grouper, *Epinephelus coioides*(Serranidae: Epinephelinae), *Zoological Studies* 45(4), 492~502.
- Cho, C. Y. & Kaushik, S. J.(1990). Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*), *World Review Nutrition Dietetics* 61, 132~172.
- Choi, Se-Min · Kim, Kang-Woong · Kang, Yong-Jin · Park, Hung-Sik & Bai, Sung-Chul C.(2008). Optimum dietary lipid level and feeding rates of extruded pellets in juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* during the summer season, *J Aquaculture* 21(4), 244~251.
- Chun, Seh-Kyu & Oh, Myoung-Joo(1989). Health assessment by hematological studies and blood chemistries in cultured carps, *Journal of fish pathology* 2(1), 19~30.
- Cowey, C. B.(1993). Some effects of nutrition and flesh quality of cultured fish, (in) Kauchik, SJ & Luquet, P(eds.), *Fish Nutrition in Practice, Process IV International Symposium on Fish Nutrition and Feeding* 61, 227~236, Les Collorues INRA, Paris.
- Cowey, C. B. · Pope, J. A. · Adron, J. W. & Blair, A.(1972). Studies on the nutrition of marine flatfish: The protein requirement of plaice (*Pleuronectes platessa*), *British Journal of Nutrition* 28, 447~456.
- El-Kashief, Midhat A. · Saad, Amal S. & Ibrahim, Seham A.(2011). Effects of varying levels of fish oil on growth performance, body composition and haematological characteristics of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L), *Egypt J Aquat Biol & Fish* 15, 125~141.
- Folch, Jordi · Lees, M. & Sloane Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue, *The Journal of Biological Chemistry* 206, 496~509.
- Johnsen, F. & Wandsvik, A.(1990). The impact of high energy diets on pollution control in the fish farming industry, (in) *Processing First International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste*, (ed) Cowey, CB & Cho CY, Canada, 51~63.
- Kanazawa, A. · Teshima, S. · Sakamoto, M. & Shinomiya, A.(1980). Nutritional requirements of the puffer fish: purified test diet and the optimum protein level, *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 46(11), 1357~1361.
- Kikuchia, Kotaro · Furutaa, Takeshi · Iwataa, Nakahiro · Onukib, Kazue & Noguchib, Tamao (2011). Effect of dietary lipid levels on the growth, feed utilization, body composition and blood characteristics of tiger puffer *Takifugu rubripes*, *Aquaculture* 298, 111~117.
- Kikuchi, K. · Sugita, H. & Watanabe, T.(2000). Effect of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of Japanese flounder, *Suisanzoshoku* 48, 537~543.
- Kim, Kyoung-Duck · Kim, Kyong-Min · Kim, Kang-Woong · Kang, Yong-Jin & Lee, Sang-Min (2008). Influence of lipid level and supplemental lecithin in diet on growth, feed utilization and body composition of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*) in suboptimal water temperatures, *Aquaculture* 251, 484~490.
- Lee, Sang-Min & Kim, Kyoung-Duck(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*, *Aquaculture Nutrition* 11, 435~442.
- López, Lus M. · Durazoa, Eduardo · Vianab, Maria Teresa · Drawbridgec, Mark & Bureaud, Dominique P.(2009). Effect of dietary lipid levels on performance, body composition and fatty acid profile of juvenile white seabass, *Atractoscion nobilis*, *Aquaculture* 289, 101~105.
- Mohseni, Mahmoud · Hassani, Mir Hamed S. · Pourali, F. H. · Pourkazemi, Mohammad & Bai, Sungchul C.(2011). The optimum dietary carbohydrate / lipid ratio can spare protein in growing beluga, *Huso huso*, *Journal of Applied Ichthyology* 27(2), 775~780.



- Morais, S · Caballero, M. J. · Conceição, LEC · Izquierdo, M. S. & Dinis, M. T.(2006). Dietary neutral lipid level and source in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) larvae: Effect on growth, lipid metabolism and digestive capacity, Comparative biochemistry and physiology; Part B, Biochemistry & molecular biology 144(1), 57~69.
- National Research Council(2011). Nutrient Requirements of Fish, National Academy Press, Washington, DC.
- Peres, Helena & Aires, Oliva-Teles(1999). Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*), Aquaculture 179, 325~334.
- Regost, Christelle · Arzel, Jacqueline · Cardinal, Mireille · Robin, J. · Laroche, M. & Kauchik, SJ(2001). Dietary lipid level, hepatic lipogenesis and flesh quality in turbot, *Psetta maxima*, Aquaculture 193, 291~309.
- Robbins, Kelly · Norton, Heather & Baker, David (1979). Estimation of nutrient requirements from growth data, The Journal of Nutrition 109, 1710~1714.
- Sato, Tomonori(1998). Development of formulated feeds for juvenile Japanese flounder, Ph. D thesis, Tokyo University of Fisheries, Tokyo, Japan.
- Wang, Aimin · Han, Guangming · Lv, Fu · Yang, Wenping · Huang, Jintian & Yin, Xiaoling(2014). Effects of dietary lipid levels on growth performance, apparent digestibility coefficients of nutrients, and blood characteristics of juvenile crucian carp (*Carassius auratus gibelio*), Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 14, 1~10.
- Wanga, Ji-Teng · Liua, Yong-Jian · Tiana, Li-Xia · Mai, Kang-Sen · Dua, Zhen-Yu · Wanga, Yong & Yang, Hui-Jun(2005). Effect of dietary lipid level on growth performance, lipid deposition, hepatic lipogenesis in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*), Aquaculture 249, 439~447.
- Wang, Soon-Young(2008). Biological Study for Seedling Production of the River Puffer, *Takifugu obscurus*, Ph. D thesis. Inha University of marine science, Inchun, Korea.
- Zheng, Keke · Zhua, Xiaoming · Hana, Dong · Yanga, Yunxia · Leia, Wu & Xie, Shouqi(2010). Effects of dietary lipid levels on growth, survival and lipid metabolism during early ontogeny of *Pelteobagrus vachelli* larvae, Aquaculture 299, 121~127.

- 
- 논문접수일 : 2014년 06월 30일
  - 심사완료일 : 1차 - 2014년 07월 21일
  - 게재확정일 : 2014년 07월 24일