

사료 지질원이 메기 *Silurus asotus*의 성장 및 체조성에 미치는 영향

김경덕*·김진도¹·임상구¹·강용진²·손맹현
국립수산과학원 사료연구센터, ¹내수면양식연구센터
²중앙내수면연구소

Effects of Dietary Lipid Sources on the Growth and Body Composition of the far Eastern Catfish, *Silurus asotus*

Kyoung-Duck Kim*, Jin Do Kim¹, Sang Gu Lim¹,
Yong Jin Kang² and Maeng Hyun Son

Aquafeed Research Center, National Fisheries Research and
Development Insititute, Pohang 791-923, Korea

¹Inland Aquaculture Research Center, National Fisheries Research and
Development Insititute, Jinhae 645-806, Korea

²Inland Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and
Development Insititute, Gapyung 477-815, Korea

This study investigated the effects of dietary lipid sources on growth performance and body composition of juvenile far eastern catfish, *Silurus asotus*. Three replicate groups of fish (average weight 3.6 g) were fed with one of the following experimental diets containing 10% beef tallow (BT), 5% BT plus 5% corn oil (CO), 5% BT plus 5% linseed oil (LO), or 5% BT plus 5% squid liver oil (SO) as the lipid source for 5 weeks. No significant difference was observed in the survival among groups. The weight gain of fish fed the LO (high in 18:3n-3) and SO (high in n-3 highly unsaturated fatty acid) diets was significantly higher than that of the fish fed the CO (high in 18:2n-6) and BT diets ($P<0.05$). The feed efficiency of fish fed LO and SO diets was significantly higher than that of the fish fed the BT diet ($P<0.05$), but not significantly different from that of the fish fed the CO diet. The protein efficiency ratio of fish fed the SO diet was significantly higher than that of fish fed the CO and BT diets ($P<0.05$), but not significantly different from that of fish fed the LO diet. The 18:1n-9 of whole-body polar lipid fraction in fish fed the BT diet increased compared to that of fish fed the other diets. Fish fed the CO and LO diets had significantly higher contents of 18:2n-6 and 20:4n-6, and 18:3n-3, than the fish fed the other diets in polar and non-polar lipid fractions, respectively ($P<0.05$). Significantly higher contents of 20:5n-3 and 22:6n-3 were observed in the whole-body polar lipid fraction of fish fed the SO diet compared with fish fed the other diets ($P<0.05$). The study results indicate that linseed oil and squid liver oil containing n-3 fatty acids are good dietary lipid sources for the growth of far eastern catfish.

Key words: Dieary lipid, Growth, Fatty acids, Far eastern catfish, *Silurus asotus*

서 론

어류 양식에 소요되는 비용 중 사료비는 다른 요인들에 비하여 상대적으로 높은 비율을 차지하므로 양식 경영에 매우 중요하게 고려되어야 할 요소이다. 양식 대상종에 적합한 배합사료를 개발하기 위해서는 대상 어종의 성장에 필요한 영양소 및 영양소별 요구량을 규명하는 연구가 가장 먼저 수행되어야 하며, 이러한 자료를 바탕으로 영양소 균형을 고려하면서 그 어종이 이용할 수 있는 원료의 선택과 이용성을 규명하여야 한다. 어류가 요구하는 필수영양소에는 많은 종류들이 있으나, 이 중에서 지질은 사료의 에너지원으로서 단백질이나 탄수화물보다 에너지가가 높아 값비싼 사료 단백질을 절약할

수 있을 뿐 아니라, 필수지방산의 공급원으로 양식어의 정상적인 성장과 체내대사에 필수적인 역할을 하는 중요한 영양소이다 (Kim et al., 2002). 그러나 어류는 그들이 요구하는 필수지방산의 종류와 양이 어종 및 수온과 같은 서식환경에 영향을 받는 것으로 보고되어 있다 (Sargent et al., 1989).

메기목 메기과에 속하는 메기 (*Silurus asotus*)는 우리나라의 전 하천과 일본, 중국 및 대만에 널리 서식하고 있는 어종이다 (Chyung, 1996). 메기는 특히 매운탕으로 소비자의 수요가 좋아 담수 양식종으로 가치가 높은 어종이다. 현재 국내에서는 상업적으로 개발된 메기 배합사료들이 생산되어 판매되고 있으나, 메기용 배합사료 개발을 위한 연구로는 대두박 이용성에 관한 연구 (Kim et al., 2009)가 일부 수행되었을 뿐, 사료 중의 지질원 이용성에 관한 연구는 제한적인 실정이다. 그레

*Corresponding author: kdkim@nfrdi.go.kr

서 본 연구는 사료의 지질원이 메기 치어의 성장 및 체조성에 미치는 영향에 대하여 조사하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

실험사료

실험사료의 단백질원으로는 카제인과 클로로포름 및 메탄올 혼합액으로 지질을 추출한 탈지 어분을 사용하였다. 사료의 지질원으로는 1번 사료에는 우지 (beef tallow) 만을 10% 첨가하였으며, 2, 3 및 4번 실험사료에는 5%의 우지를 첨가한 후, 옥수수유, 아미인유 및 오징어간유를 각각 5%씩 첨가한 총 4종류의 실험사료를 설계하였다 (Table 1). 이와 같이 설계된 원료들을 분말형태로 잘 혼합한 후, 원료 100 g 당 물 40 g 내외를 첨가하여 펠렛제조기로 압출 성형하였다. 제조된 실험사료는 상온에서 24시간 건조시킨 후, -25°C에 보관하면서 사료공급 시 마다 사용하였다. 실험사료의 지방산 분석 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 1. Ingredients and nutrient contents of the experimental diets

	Diets			
	BT	CO	LO	SO
Ingredients (%)				
White fish meal ¹	40	40	40	40
Casein	13	13	13	13
Beef tallow	10	5	5	5
Corn oil		5		
Linseed oil			5	
Squid liver oil				5
Dextrin	27	27	27	27
α -Cellulose	5.5	5.5	5.5	5.5
Vitamin premix ²	2	2	2	2
Mineral premix ³	2	2	2	2
Choline chloride	0.5	0.5	0.5	0.5
Nutrient contents (% of dry matter basis)				
Crude protein	43.9	43.8	44.0	43.5
Crude lipid	9.5	9.2	9.8	9.6
Ash	6.0	6.3	6.1	6.2

¹ Defatted with chloroform-methanol mixture (2:1, v/v).

² Vitamin premix contained the following amount which were diluted in cellulose (g/kg premix): L-ascorbic acid, 121.2; DL- α -tocopheryl acetate, 18.8; thiamin hydrochloride, 2.7; riboflavin, 9.1; pyridoxine hydrochloride, 1.8; niacin, 36.4; Ca-D-pantothenate, 12.7; myo-inositol, 181.8; D-biotin, 0.27; folic acid, 0.68; p-aminobenzoic acid, 18.2; menadione, 1.8; retinyl acetate, 0.73; cholecalciferol, 0.003.

³ Mineral premix contained the following ingredients (g/kg premix): NaCl, 43.3; MgSO₄·7H₂O, 136.5; NaH₂PO₄·2H₂O, 86.9; KH₂PO₄, 239; CaHPO₄, 135.3; Ferric citrate, 29.6; ZnSO₄·7H₂O, 21.9; Ca-lactate, 304; CuCl, 0.2; AlCl₃·6H₂O, 0.15; KI, 0.15; MnSO₄·H₂O, 2.0; CoCl₂·6H₂O, 1.0.

Table 2. Fatty acids compositions (% of total fatty acids) of the experimental diets

Fatty acids	Diets			
	BT	CO	LO	SO
C14:0	2.6	1.4	1.4	3.4
C16:0	23.8	18.6	15.2	19.2
C16:1n	3.5	1.9	1.8	6.5
C18:0	12.9	7.4	8.3	8.6
C18:1n-9	43.3	35.2	30.9	33.8
C18:2n-6	9.7	30.8	13.3	7.9
C18:3n-3	0.8	1.4	26.0	7.3
C20:0	0.9	0.9	0.8	4.4
C20:5n-3	1.1	1.1	1.1	5.4
C22:5n-3				0.4
C22:6n-3	1.2	1.3	1.3	3.4
SFA ¹	40.3	28.3	25.6	35.6
MFA ²	46.8	37.1	32.7	40.2
n-3 HUFA ³	2.3	2.4	2.4	9.2

¹ Saturated fatty acids.

² Monounsaturated fatty acids.

³ Highly unsaturated fatty acid (C \geq 20).

실험어 및 사육관리

사육실험은 순환 여과식 사육시설을 사용하여 실시하였다. 실험어는 2주간 실험수조에 순치 시킨 후, 외형적으로 건강한 평균체중 3.6 \pm 0.07 g 의 메기 치어를 선별하여 총 12개의 400 L 수조에 각각 30마리씩 3반복으로 수용하여 5주간 실시하였다. 실험사료는 1일 2회 (09:00, 17:00) 실험어가 먹을 때까지 손으로 반복 공급하였다. 사육수는 각 실험수조에 분당 10 L 내외로 조절하여 흘러주었으며, 각 수조마다 산소를 공급하였으며, 사육기간 동안의 평균수온은 23.8 \pm 1.5°C 이었다.

어체측정 및 성분분석

어체측정은 사육실험 시작시와 종료시에 측정 전일 절식시킨 후 각 수조에 수용된 모든 실험어의 전체무게를 측정하였다. 어체 성분분석을 위하여 실험 종료시 각 실험수조에서 10마리의 실험어를 시료로 취하여 냉동 (-75°C) 보관하였다. 실험사료와 어체의 조단백질 (N \times 6.25)은 Auto Kjeldahl system (Gerhardt VAP500T/TT125, Germany)을 사용하여 분석하였다. 조지방은 조지방추출기 (Veop SER148, Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후, 측정하였으며, 수분은 135°C에서 2시간 동안 건조 후 측정하였고, 조회분은 600°C 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정하였다. 지방산 분석을 위하여 Folch et al. (1957)의 방법에 따라 클로로포름과 메탄올 혼합액 (2:1)으로 총 지질을 추출하였고, Juaneda and Rocquelin (1985)의 방법에 따라 Silica cartridge (Sep-pak, Waters Co., USA)를 사용하여 극성지질과 비극성지질로 분리하였다. 이렇게 분리된 극성지질과 비극성지질을 14% BF₃-methanol로 지방산을 methylation 시킨 후, capillary column (HP-INNOWAX, 30 m \times 0.32 mm i.d., film thickness 0.5 μ m, USA)이 장착된 gas chromatography (HP-6890 II, USA)로 지방산을 분석하였다. Carrier gas는 헬륨을 사용하였으며, Oven 온도는 최초 170°C에서 225°C까지

1°C/min 증가시켰고, inlet 온도는 270°C, detector (FID) 온도는 270°C로 각각 설정하였다.

통계처리

결과의 통계처리는 SPSS 프로그램을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시한 후 Duncan's multiple range test (Duncan, 1995) 로 평균간의 유의성을 검정하였다.

결 과

실험사료의 지방산 분석 결과, 우지 첨가 사료는 18:1n-9가 가장 높았으며, 옥수수유와 아마인유 첨가 사료는 18:2n-6과 18:3n-3이 높았으며, 오징어간유 첨가 사료는 20:5n-3 및 22:6n-3과 같은 n-3 고도불포화지방산이 높게 나타났다. 사료 실험 종료시 모든 실험구에서 생존율은 97% 이상이었으며 실험구간에 유의한 차이는 없었다. 증체량은 아마인유 및 오징어간유 첨가구가 우지 및 옥수수유 첨가구에 비하여 높은 결과를 보였다 ($P<0.05$). 사료효율은 아마인유 및 오징어간유 첨가구가 우지 첨가구에 비하여 높았으나 ($P<0.05$), 옥수수유 첨가구와는 유의한 차이는 없었다. 단백질효율은 오징어간유 첨가구가 우지 및 옥수수유 첨가구에 비하여 유의하게 높았으나 ($P<0.05$), 아마인유 첨가구와는 유의한 차이가 없었다.

Table 3. Growth performance of juvenile far eastern catfish fed the diets containing various lipid sources for 5 weeks

	Diets			
	BT	CO	LO	SO
Initial mean weight (g/fish)	3.6±0.05 ^a	3.6±0.03 ^a	3.6±0.06 ^a	3.6±0.04 ^a
Final mean weight (g/fish)	33.8±0.58 ^a	34.0±0.97 ^a	36.5±0.35 ^b	36.9±0.46 ^b
Mean weight gain (g/fish)	30.2±0.55 ^a	30.3±0.98 ^a	32.9±0.27 ^b	33.2±0.43 ^b
Feed efficiency (%) ¹	111±2.9 ^a	114±6.2 ^{ab}	124±2.3 ^b	126±1.2 ^b
Protein efficiency ratio (%) ²	2.54±0.07 ^a	2.61±0.14 ^a	2.82±0.05 ^{ab}	2.89±0.03 ^b
Survival (%)	97±1.9 ^a	98±1.1 ^a	100±0.1 ^a	100±0.1 ^a

Values (mean ± SE of three replications) in each row with the different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

¹ Fish wet weight gain × 100/feed intake (dry matter).

² Fish wet weight gain × 100/protein intake.

Table 4. Proximate composition of the whole body in juvenile far eastern catfish fed the diets containing various lipid sources for 5 weeks

	Diets			
	BT	CO	LO	SO
Moisture (%)	77.7±0.74 ^a	75.4±0.65 ^a	76.3±0.45 ^a	77.0±0.23 ^a
Crude protein (%)	16.5±0.01 ^a	16.4±0.61 ^a	15.9±0.85 ^a	16.4±0.27 ^a
Crude lipid (%)	4.6±0.46 ^a	5.4±0.62 ^a	4.6±0.35 ^a	5.4±0.22 ^a
Ash (%)	2.4±0.33 ^a	3.0±0.10 ^a	2.9±0.19 ^a	2.8±0.29 ^a

Values (mean ± SE of three replications) in each row with the different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

Table 5. Major fatty acids composition (% of total fatty acids) of polar lipid from whole body in juvenile far eastern catfish fed the diets containing various lipid sources for 5 weeks

Fatty acids	Diets			
	BT	CO	LO	SO
C14:0	1.5±0.23 ^a	1.3±0.19 ^a	1.8±0.19 ^a	2.0±0.10 ^a
C16:0	24.8±1.18 ^a	23.3±1.45 ^a	27.8±0.90 ^a	24.3±1.04 ^a
C16:1n	5.5±0.27 ^b	3.1±0.04 ^a	3.3±0.28 ^a	3.5±0.36 ^a
C18:0	8.5±0.42 ^a	10.5±0.34 ^b	8.1±0.71 ^a	8.7±0.20 ^a
C18:1n-9	30.4±0.67 ^b	24.6±0.74 ^a	27.1±1.17 ^a	24.8±0.34 ^a
C18:2n-6	4.8±0.19 ^b	9.3±0.39 ^c	5.0±0.27 ^b	2.2±0.04 ^a
C18:3n-3	0.2±0.01 ^a	0.3±0.02 ^{ab}	3.7±0.24 ^c	0.7±0.16 ^b
C20:0	1.8±0.29 ^b	1.6±0.10 ^{ab}	1.1±0.04 ^a	2.7±0.11 ^c
C20:1n-9	0.6±0.18 ^a	1.8±0.06 ^b	0.9±0.06 ^a	1.0±0.14 ^a
C20:2n-6	4.0±0.18 ^c	5.0±0.44 ^d	2.0±0.18 ^b	1.1±0.04 ^a
C20:4n-6	3.0±0.18 ^b	5.5±0.63 ^c	1.5±0.18 ^a	1.6±0.21 ^a
C20:3n-3	0.0±0.00 ^a	0.0±0.00 ^a	0.6±0.07 ^b	0.0±0.00 ^a
C20:5n-3	1.3±0.17 ^a	0.6±0.09 ^a	2.8±0.33 ^b	4.7±0.74 ^c
C22:2n-6	0.8±0.01 ^a	0.5±0.04 ^a	0.1±0.10 ^a	0.1±0.08 ^a
C22:3n-6	0.9±0.58 ^{ab}	1.1±0.10 ^b	0.0±0.00 ^a	0.0±0.00 ^a
C22:4n-6	1.6±0.20 ^c	2.7±0.10 ^d	0.0±0.00 ^a	0.5±0.12 ^b
C22:5n-3	0.9±0.09 ^a	0.7±0.07 ^a	1.6±0.14 ^b	2.1±0.33 ^b
C22:6n-3	7.7±0.90 ^{ab}	6.3±0.83 ^a	10.5±1.70 ^b	17.4±0.70 ^c
SFA ¹	38.1±0.80 ^a	38.4±1.36 ^a	40.6±0.91 ^a	40.0±0.82 ^a
MFA ²	36.8±0.95 ^a	29.6±0.68 ^b	31.5±1.40 ^b	29.6±0.72 ^b
n-3 PUFA ³	11.0±1.24 ^a	9.0±1.08 ^a	19.3±1.97 ^b	24.9±0.72 ^c
n-6 PUFA ³	14.1±0.31 ^b	23.0±0.93 ^a	8.6±0.55 ^c	5.5±0.40 ^d
n-3 HUFA ⁴	10.8±1.24 ^a	8.7±1.08 ^a	15.5±2.21 ^b	24.2±0.59 ^c

Values (mean ± SE of three replications) in each row with the different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

¹ Saturated fatty acids.

² Monounsaturated fatty acids.

³ Polyunsaturated fatty acids ($C \geq 18$).

⁴ Highly unsaturated fatty acids ($C \geq 20$).

사육실험 종료시, 어체의 수분, 조단백질, 조지질 및 조회분 함량은 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었다 (Table 4). 어체의 극성 및 비극성 지질의 지방산 조성 변화를 Table 5와 6에 각각 나타내었으며, 대부분의 지방산 함량은 사료 지질원의 종류에 따라 유의한 차이를 보였다. 극성 지질의 n-3 HUFA, 22:6n-3, 20:5n-3 및 20:0 함량은 오징어간유 첨가구가 타 실험구에 비하여 유의하게 높았다 ($P<0.05$). 대두유 첨가구는 18:2n-6, 20:2n-6, 20:4n-6 및 22:4n-6 함량이, 아마인유 첨가구에서는 18:3n-3 및 20:3n-3 함량과 우지 첨가구에서는 18:1n-9 및 단일불포화지방산 함량이 다른 실험구에 비하여 높았다 ($P<0.05$). 또한 18:1n-9 및 단일불포화지방산 함량은 우지 첨가구에서는 가장 높은 결과를 보였다 ($P<0.05$). 비극성 지질의 지방산 함량도 극성지질의 지방산 조성 변화와 유사한 경향을 보였다.

Table 6. Major fatty acids composition (% of total fatty acids) of non-polar lipid from whole body in juvenile far eastern catfish fed the diets containing various lipid sources for 5 weeks

Fatty acids	Diets			
	BT	CO	LO	SO
C14:0	2.4±0.08 ^b	1.6±0.02 ^a	1.7±0.04 ^a	3.0±0.07 ^c
C16:0	23.3±1.07 ^c	19.0±0.66 ^b	15.4±1.01 ^a	17.8±1.21 ^{ab}
C16:1n	8.2±0.74 ^b	5.6±0.54 ^a	5.9±0.47 ^a	9.1±0.99 ^b
C18:0	17.8±0.96 ^b	12.4±2.43 ^a	10.9±2.88 ^a	9.5±2.96 ^a
C18:1n-9	33.0±0.94 ^a	33.1±2.36 ^a	31.6±2.09 ^a	33.8±2.39 ^a
C18:2n-6	6.4±0.16 ^a	20.6±0.77 ^c	11.1±0.29 ^b	6.2±0.32 ^a
C18:3n-3	0.6±0.03 ^a	0.5±0.05 ^a	16.1±0.44 ^c	3.7±0.67 ^b
C20:0	2.4±0.08 ^b	2.0±0.06 ^{ab}	0.9±0.49 ^a	3.8±0.65 ^c
C20:1n-9	0.5±0.02 ^b	0.3±0.02 ^{ab}	0.1±0.03 ^a	0.1±0.14 ^a
C20:2n-6	0.8±0.03 ^d	0.6±0.02 ^c	0.4±0.01 ^a	0.5±0.07 ^b
C20:4n-6	0.5±0.01 ^{ab}	0.8±0.13 ^b	0.4±0.05 ^a	0.5±0.09 ^a
C20:3n-3	0.1±0.01 ^a	0.0±0.00 ^a	0.4±0.04 ^c	0.2±0.02 ^b
C20:5n-3	0.7±0.03 ^a	0.4±0.02 ^a	1.3±0.13 ^b	3.0±0.12 ^c
C22:2n-6	0.1±0.02 ^b	0.3±0.04 ^c	0.0±0.00 ^a	0.0±0.00 ^a
C22:3n-6	0.2±0.02 ^{ab}	0.2±0.01 ^b	0.1±0.03 ^a	0.2±0.05 ^{ab}
C22:4n-6	0.2±0.02 ^{ab}	0.3±0.08 ^b	0.1±0.02 ^a	0.2±0.11 ^{ab}
C22:5n-3	0.4±0.01 ^a	0.3±0.03 ^a	0.7±0.04 ^{ab}	0.9±0.25 ^b
C22:6n-3	1.9±0.08 ^a	1.4±0.20 ^a	2.6±0.18 ^{ab}	5.2±1.62 ^b
SFA ¹	46.0±1.89 ^a	35.4±1.74 ^b	29.3±3.60 ^b	34.4±3.67 ^b
MFA ²	42.2±1.65 ^a	39.1±2.73 ^a	37.8±2.51 ^a	44.9±2.29 ^a
n-3 PUFA ³	3.7±0.08 ^a	2.9±0.30 ^a	21.0±0.84 ^c	13.2±1.22 ^b
n-6 PUFA ³	8.1±0.16 ^a	22.6±0.98 ^c	11.8±0.32 ^b	7.5±0.43 ^a
n-3 HUFA ⁴	3.1±0.08 ^a	2.4±0.25 ^a	5.0±0.42 ^a	9.5±1.84 ^b

Values (mean ± SE of three replications) in each row with the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

¹ Saturated fatty acids.

² Monounsaturated fatty acids.

³ Polyunsaturated fatty acids ($C \geq 18$).

⁴ Highly unsaturated fatty acids ($C \geq 20$).

고찰

본 연구에서 메기의 성장과 사료효율은 20:5n-3과 22:6n-3이 많이 함유된 오징어간유와 18:3n-3의 함량이 높은 아마인유를 첨가한 두 실험구가 우지 및 대두유를 첨가한 실험구에 비하여 높은 결과를 나타냈다. 이러한 결과로 볼 때, 메기 사료에는 n-3계 불포화지방산이 함유되도록 설계하는 것이 최적 성장을 위하여 적합할 것으로 판단된다. Satoh et al. (1989a)는 지질원을 달리한 사료로 channel catfish (*Ictalurus punctatus*)를 사육한 결과, 20:5n-3 및 22:6n-3을 다량 함유한 어유 및 18:3n-3을 다량 함유한 아마인유 첨가구가에서 가장 좋은 성장을 나타내어 본 연구와 유사한 결과를 보였으며, channel catfish는 필수지방산으로 사료내 1.0-2.0%의 18:3n-3 혹은 0.5-0.75%의 n-3계 고도불포화지방산을 요구하는 것으로 보고하였다. 하지만, 열대지방에서 서식하는 African catfish (*Clarias gariepinus*)는 지질원으로 대구간유를 첨가한 사료를 공급한 실험구가 18:2n-6이 다량 함유된 sunflower oil 및 palm

oil과 같은 식물성 지질원을 첨가한 실험구에 비하여 성장 및 사료효율이 저하되는 결과를 보여, 사료중에 n-3계 불포화지방산의 다량 함유는 African catfish의 최적 성장을 저하시키는 것으로 보고되었다 (Na et al., 2003). 이와 같이 메기과에 속하는 어종들 간에도 이들의 최적 성장에 필요로 하는 지방산의 종류 및 지질원에 차이를 보였다. 일반적으로 어류가 요구하는 필수지방산의 종류와 양은 어종 및 서식환경에 따라 달라질 수 있는 것으로 보고되었다. 무지개송어 (*Oncorhynchus mykiss*) (Castell et al., 1972a,b,c)는 18:2n-6을 필수지방산으로 요구하지만 잉어 (*Cyprinus carpio*) (Takeuchi and Watanabe, 1977)와 뱀장어 (*Anguilla japonica*) (Takeuchi et al., 1980)는 18:2n-6과 18:3n-3을 모두 필요로 하며, 틸라피아 (*Oreochromis niloticus*) (Kanazawa et al., 1980)는 18:3n-3보다 18:2n-6이 필수지방산으로서 더 중요하다고 보고되었다. 또한 넙치 (*Paralichthys olivaceus*) (Kim et al., 2002)와 같은 대부분의 해산어들은 20:5n-3 및 22:6n-3과 같은 n-3계 고도불포화지방산을 필수지방산으로 요구하는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서 지질원으로 우지만을 첨가한 실험구의 증체량 (30.2 g)은 오징어간유 첨가 실험구 (33.2 g)에 비하여 유의하게 낮기는 하였지만, 상당히 양호한 성장 결과를 보였다. Channel catfish의 경우에도 지질원으로 우지를 첨가한 실험구가 청어유를 첨가한 실험구와 유사한 성장 및 사료이용률을 보여 본 연구와 유사한 결과를 보였으며, channel catfish가 우지에 대한 이용성이 좋은 것은 우지에 포함되어 있는 다량의 포화지방산과 단일불포화지방산에 대한 이용율이 좋기 때문인 것으로 보고되었다 (Stickney and Andrews, 1972).

사육실험 종료 후, 전어체의 수분, 조단백질, 조지질 및 회분 함량은 사료 지질원에 유의한 영향을 받지 않았다. African catfish (Ng et al., 2003)와 channel catfish (Gatlin and Stickney, 1982)도 사료 지질원을 달리하여 사육한 실험어의 일반 성분은 모든 실험구에서 차이를 보이지 않아 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

본 연구에서 메기 어체의 극성 지질과 중성 지질에 존재하는 지방산 중에서 16:0과 18:1n-9의 함량이 포화지방산과 불포화지방산 중에서 각각 가장 높았는데, 이는 이 두 지방산이 주요한 에너지원일 뿐 아니라, n-3 고도불포화지방산과 함께 세포막 인지질 중에 결합되어 있는 주요 지방산이기도 하며, 18:1n-9와 n-3 고도불포화지방산은 어체 조직내 세포막 인지질의 불포화도 (unsaturation index)를 조절하는 역할을 하기도 한다 (Ideas et al., 1996). 일반적으로 양식어의 지방산 조성은 사료 지질의 지방산 조성에 영향을 받는 것으로 알려져 있는데 (Silver et al., 1993; Geurden et al., 1997; Lee and Lim, 2005), 본 연구에서도 어체의 지방산 조성은 사료 지질의 지방산 조성과 유사한 변화 경향을 보였다. 본 연구에서 18:2n-6 함량이 높은 옥수수유 첨가구는 20:2n-6, 20:4n-6 및 22:4n-6 함량이 타 실험구에 비하여 높았으며, 18:3n-3 함량이 높은 아마인유 첨가구에서는 20:5n-3 및 22:6n-3 함량이 오징어간유 첨가구에 비해서는 낮았지만, 우지 및 대두유 첨가구보다 높은 결과를 보였다. 지질원을 달리한 사료로 사육 실험한

channel catfish (Stickney and Andrews, 1972), African catfish (Ng et al., 2003) 및 South American catfish (*Pseudoplatystoma fasciatum*) (Arslan et al., 2008)에서도 본 연구와 유사한 지방산 변화 경향을 보였다. 이러한 결과는 담수어인 메기는 체내에서 18:2n-6을 20:4n-6 및 22:4n-6으로, 18:3n-3을 20:5n-3 및 22:6n-3으로 전환할 수 있기 때문인 것으로 알려져 있다 (Yamada et al., 1980; Kissil et al., 1987). 하지만 넙치 (Kim et al., 2002) 및 조피볼락 (Lee, 2001)과 같은 해수어는 담수어와 달리 이러한 지방산 전환 능력이 없기 때문에 필수지방산으로 20:4n-6, 20:5n-3 및 22:6n-3과 같은 고도불포화지방산을 요구하는 것으로 알려져 있다.

본 연구 결과로 볼 때, 사료 중에 지질원은 메기 치어의 성장 및 체조성에 영향을 미쳤으며, 메기 치어의 최적성장을 위해서는 사료 지질원으로 n-3계의 불포화지방산이 함유된 아미노유나 오징어간유를 사용하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 또한 금후, 경제적인 메기용 배합사료 개발을 위하여 실용 사료의 지질원으로 우지 및 돈지와 같은 값싼 지질원들의 이용성 조사에 관한 연구들이 계속하여 수행되어야 할 것이다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원(메기류 배합사료 개발, RP-2010-AQ-048)의 지원에 의해 운영되었습니다.

참고문헌

- Arslan M, Rinchar J, Dabrowski K and Portella MC. 2008. Effects of different dietary lipid sources on the survival, growth and fatty acid composition of south american catfish, *Pseudoplatystoma fasciatum*, surubim, juveniles. *Journal of the world aquaculture society* 39, 51-61.
- Castell JD, Sinnhuber RO, Wales JH and Lee DJ. 1972a. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): Growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms. *J Nutr* 102, 77-86.
- Castell JD, Sinnhuber RO, Lee DJ and Wales JH. 1972b. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): Physiological symptoms of EFA deficiency. *J Nutr* 102, 87-92.
- Castell JD, Lee DJ and Sinnhuber RO. 1972c. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): Lipid metabolism and fatty acid composition. *J Nutr* 102, 93-100.
- Chung, MK. 1996. The fishes of Korea. 5th edition, Ilji Co, Seoul, Korea. 218-219.
- Duncan, DB. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics* 11, 1-42.
- Folch J, Lees M and Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226, 497-509.
- Gatlin DM and Stickney RR. 1982. Fall-winter growth of young channel catfish in response to quantity and source of dietary lipid. *American fisheries society* 111, 90-93.
- Geurden I, Charlon N, Marion D and Bergot P. 1997. Influence of purified soybean phospholipids on early development of common carp. *Aquaculture International* 5, 137-149.
- Ibeas C, Cejas J, Gomez T, Jerez S and Lorenzo A. 1996. Influence of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids levels on juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata*) growth and tissue fatty acid composition. *Aquaculture* 142, 221-235.
- Juaneda P and Rocquelin G. 1985. Rapid and convenient separation of phospholipids and nonphosphorous lipids from rat heart using silica cartridges. *Lipids* 21, 40-41.
- Kanazawa A, Teshima S, Sakamoto M and Awal MA. 1980. Requirement of *Tilapia zillii* for essential fatty acids. *Bull Japan Soc Sci Fish* 46, 1353-1356.
- Kim KD, Lee SM, Park HG, Bai SC and Lee YH. 2002. Essentiality of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids in juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *Journal of the world aquaculture society* 33, 432-440.
- Kim KD, Lim SG, Hwang JA, Kim JD and Kang YJ. 2009. Evaluation of soybean meal as a partial substitute for fish meal in diet and experimental practical diet for growth in the far eastern catfish (*Silurus asotus*). *Kor J Fish Aquat Sci* 42, 349-353.
- Kissil G, Uoungson A and Cowey CB. 1987. Capacity of the european eel (*Anguilla anguilla*) to elongate and desaturate dietary linoleic acid. *J Nutr* 117, 1379-1384.
- Lee SM. 2001. Review of the lipid and essential fatty acid requirements of rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture Research* 32, 8-17.
- Lee SM and Lim TJ. 2005. Effects of dietary protein and energy level on growth and lipid composition of juvenile snail (*Semisulcospira gottschei*). *J Shell Res* 24, 99-102.
- Ng WK, Lim PK and Boey PL. 2003. Dietary lipid and palm oil source affects growth, fatty acid composition and muscle a-tocopherol concentration of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture* 215, 229-243.
- Satoh S, Poe WE and Wilson RP. 1989a. Effect of dietary n-3 fatty acids on weight gain and liver polar lipid fatty acid composition of fingerling channel catfish. *J Nutr* 119, 23-28.

- Sargent JR, Henderson RJ and Tocher DR. 1989. The lipids. In: Halver, J.E. (Ed.), Fish Nutrition. Academic Press San Diego CA, U.S.A. 153-218.
- Silver GR, Higgs DA, Dosanjh BA, McKeown BA, Deacon G and French D. 1993. Effect of dietary protein to lipid ratio on growth and chemical composition of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water, Fish nutrition in practice. Paris: Les Colloques No. 61 INRA Edns, 459-468.
- Stickney RR and Andrews JW. 1972. Effects of Dietary Lipids on Growth, Food Conversion, Lipid and Fatty Acid Composition of Channel Catfish. J Nutr 102, 249-258.
- Takeuchi T and Watanabe T. 1977. Dietary levels of methyl laurate and essential fatty acid requirement of rainbow trout. Bull Japan Soc Sci Fish 43, 893-898.
- Takeuchi T, Arai S, Watanabe T and Shimma Y. 1980. Requirement of eel *Anguilla japonica* for essential fatty acids. Bull Japan Soc Sci Fish 46, 345-353.
- Yamada K, Kobayashi K and Yone Y. 1980. Conversion of linolenic acid to n-3 highly unsaturated fatty acids in marine fishes and rainbow trout. Bull Japan Soc Sci Fish 46, 1231-1233.

2010년 7월 2일 접수

2010년 8월 25일 수정

2010년 10월 11일 수리