

배합사료의 우지와 덱스트린이 메기(*Silurus asotus*)의 성장과 체조성에 미치는 영향

김경덕* · 김진도¹ · 김강웅 · 손맹현 · 한현섭

국립수산과학원 사료연구센터, ¹내수면양식연구센터

Influence of Dietary Beef Tallow and Dextrin on the Growth and Body Composition of Juvenile Far Eastern Catfish *Silurus asotus*

Kyoung-Duck Kim*, Jin Do Kim¹, Kang-Woong Kim, Maeng Hyun Son and Hyon Sob Han

Aquafeed Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Pohang 791-923, Korea

¹Inland Aquaculture Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Jinhae 645-806, Korea

This study investigated the utilization of beef tallow and dextrin as non-protein energy sources in the diet of juvenile far eastern catfish *Silurus asotus*. Three replicated groups of juveniles (initial mean weight of 3.6 g) were fed diets containing high levels of beef tallow or dextrin for six weeks. The final mean weight of fish fed on a 17% lipid diet with a high level of beef tallow was significantly higher than that of fish fed on a 9% lipid diet with a high level of dextrin ($P=0.04$). No significant differences were observed in the feed efficiency and protein efficiency ratio of fish fed on the experimental diets. Crude lipid content and the C18:0, C18:1n-9 and C18:2n-6 contents of whole-body fish were significantly affected by diet ($P<0.05$). The results of this study suggest that beef tallow is better than dextrin as a non-protein energy source for improving the growth of juvenile far eastern catfish, and that beef tallow could be economically used as an ingredient in practical feed.

Key words; Far eastern catfish, *Silurus asotus*, Non-protein energy, Beef tallow, Dextrin

서 론

메기(*Silurus asotus*)는 우리나라의 전 하천과 일본, 중국 및 대만에 널리 서식하고 있는 어종이며, 특히 매운탕으로 수요가 많아 담수 양식종으로 가치가 높은 어종이다. 국내 메기 생산량은 2012년 3,825톤이었으며, 뱀장어(4,365톤) 다음으로 많은 양이 생산되고 있다(Statistics Korea 2012).

양식 대상종에 적합한 배합사료를 개발하기 위해서는 대상종의 성장에 필요한 영양소 및 영양소별 요구량을 규명하는 연구가 가장 먼저 수행되어야 하며, 이러한 자료를 바탕으로 영양소 균형을 고려하면서 그 어종이 이용할 수 있는 경제적인 원료 선택과 이용성을 조사하여야 한다. 사료 영양소 중 지질은 단백질이나 탄수화물보다 에너지가 높아 값비싼 사료 단백질을 절감시킬 수 있을 뿐만 아니라, 필수지방산 공급원으로 어류의 성장과 체내대사에 있어 중요한 영양소이다. 또한 사료의 지질

함량은 어류의 성장이나 체조성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며, 동일한 사료 단백질 함량에서 지질 함량을 조절함으로써 channel catfish *Ictalurus punctatus* (Garling and Wilson 1976) 및 rockfish *Sebastes schlegeli* (Lee et al. 2002)에서 성장 및 사료효율이 개선되었다고 보고된 바 있다.

우리나라의 메기 양식에 사용되고 있는 배합사료는 사료회사에서 상업적으로 개발된 사료들이 유통되고 있지만, 메기 사육에 적합한 배합사료 설계 및 제조에 주요한 기초자료가 되는 영양소 요구량 및 사료원료 이용성에 관한 연구들은 제한적인 실정이다(Kim et al. 2009). 기존에 수행된 메기 사료의 적정 단백질 및 지질 함량에 조사에 관한 연구(Kim et al. 2012)에서 지질 17% 사료 실험구는 지질 9% 사료 실험구에 비하여 메기의 성장을 향상시키는 것으로 보고되었다. 그러나 Kim et al. (2012)의 연구에는 실험사료의 지질원으로 대두유를 사용하여 사료 내의 지질 함량을 증가시켰다. 그래서 본 연구에서는 경제적인

Article history;

Received 10 April 2013; Revised 8 May 2013; Accepted 14 May 2013

*Corresponding author: Tel: +82. 54. 230. 3630 Fax: +82. 54. 000. 0000

E-mail address: kimkd92@korea.kr

Kor J Fish Aquat Sci 46(3) 310-314, June 2013

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0310>

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

© The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science. All rights reserved

메기 배합사료 개발을 위한 연구의 일환으로 사료 중의 비단백질 에너지원으로 오징어간유 및 대두유에 비하여 가격이 저렴한 우지(beef tallow) 함량을 증가시킨 사료와 텍스트린 함량을 증가시킨 사료가 메기 치어의 성장 및 체조성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

실험사료

실험사료는 2종류를 설계하였으며, 원료조성과 일반성분 분석 결과를 Table 1에 나타내었다. 단백질원으로 갈색어분을 사용하여 사료의 단백질 함량이 40%가 되도록 하였고(Kim et al. 2012), 메기의 필수지방산 요구 충족을 위하여 오징어간유를 3%씩 첨가하였다(Kim et al. 2010). 메기 사료의 비단백질 에너지원으로 우지 및 텍스트린의 이용성을 조사하기 위하여 지질원으로 우지를 9% 첨가한 사료(HL)와 탄수화물원인 텍스트

Table 1. Ingredient and nutrient contents of the experimental diets

Ingredient (%)	Diets	
	HL	HD
Brown fish meal	55	55
Dextrin	15	35
Squid liver oil	3	3
Beef tallow	9	
α-Cellulose	11	
Carboxymethylcellulose	2.5	2.5
Vitamin premix ¹	2	2
Mineral premix ²	2	2
Choline chloride	0.5	0.5
Nutrient contents (dry matter basis)		
Crude protein (%)	40.6	40.6
Crude lipid (%)	17.1	9.0
Ash (%)	9.7	9.6
Gross energy (cal/g)	5183	4783
n-3 PUFA (%) ³	3.8	3.1

¹ 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.

² 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; CuCl₂, 0.2; AlCl₃·6H₂O, 0.15; KI, 0.15; MnSO₄·H₂O, 2.0; CoCl₂·6H₂O, 1.0.

³ n-3 poly unsaturated fatty acids (C≥18).

Table 2. Fatty acids content (%) of the experimental diets

Fatty acids	Diets	
	HL	HD
C14:0	0.4	0.2
C16:0	2.9	1.4
C16:1n	0.7	0.3
C17:0	0.2	0.1
C18:0	1.3	0.6
C18:1n-9	4.0	1.3
C18:2n-6	0.8	0.4
C18:3n-3	0.4	0.3
C20:2n-6	0.5	0.3
C20:4n-6	0.2	0.1
C20:4n-3	0.2	0.1
C20:5n-3	0.7	0.5
C22:2n-6	0.1	0.1
C22:4n-6	0.2	0.2
C22:5n-3	0.2	0.2
C22:6n-3	2.3	2.0

Fatty acids contents were calculated by total lipid % × area % × 0.892 (Yoshimatsu et al 1997).

린 함량을 20% 증가시킨 사료(HD)를 설계하였다. 이와 같이 설계된 원료들을 분말 형태로 잘 혼합한 후, 원료 100 g 당 물 40 g 내외를 첨가하여 실험용 펠렛 제조기로 압출 성형하였다. 제조된 실험사료는 상온에서 24시간 건조 시킨 후, -25℃에 보관하면서 사용하였다. 실험사료의 지방산 분석 결과를 Table 2에 나타내었다.

실험어 및 사육관리

사육실험은 순환 여과식 사육 시설을 사용하여 실시하였다. 실험어는 2주간 실험수조에 순치 시킨 후, 외형적으로 건강한 평균체중 3.6 g의 메기 치어를 선별하여 총 6개의 500 L 원형수조에 30마리씩 사료별로 3반복 수용하여, 실험사료를 1일 2회 (09:00, 17:00) 실험어가 먹을 때까지 손으로 공급하며 6주간 사육하였다. 사육수는 각 실험수조에 분당 10 L 내외로 조절하여 흘려주었다. 사육기간 동안 사육수의 평균 수온은 24±0.5℃ (±표준편차)였다.

어체측정 및 성분분석

어체측정은 사육실험 시작시와 종료시에 측정 전일 절식시킨 후, 각 수조에 수용된 모든 실험어의 전체 체중을 측정하였다. 어체 성분분석을 위하여 사육실험 종료시, 각 실험수조에서 10 마리의 실험어를 시료로 취하여 냉동보관(-40℃)하였다.

실험사료와 실험어의 수분은 135℃에서 2시간 건조 후 측정하였으며, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Gerhardt VAP500T/ TT125, Germany)을 사용하여 분석하였다. 조지방은 조지방추출기(Velp SER148, Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후 측정하였으며, 조회분은 550℃에서 4시간 동안

Table 3. Growth performance of juvenile far eastern catfish *Silurus asotus* fed the experimental diets for 6 weeks

	Diets		P value
	HL	HD	
Initial mean body weight (g/fish)	3.6±0.23	3.6±0.23	1.00
Survival (%)	99±1.1	97±0.0	0.12
Final mean weight (g/fish)	38±2.80	30±0.23	0.04
Feed efficiency (%) ¹	120±8.4	99±0.5	0.06
Protein efficiency ratio ²	2.96±0.20	2.43±0.01	0.06
Daily feed intake ³	4.19±0.31	4.77±0.04	0.14

Values are mean ±SE of three replications.

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

² Fish wet weight gain×100/protein intake.

³ Feed intake (dry matter)×100/[(initial fish weight + final fish weight + dead fish weight)×days fed/2].

회화 후 측정하였고, 사료의 에너지 함량은 열량분석기(Parr-6200, USA)로 분석하였다. 지방산 분석을 위하여 Folch et al. (1957)의 방법에 따라 클로로포름과 메탄올 혼합액(2:1)으로 총 지질을 추출하였고, 14% BF₃-methanol로 지방산을 methylation 시킨 후, capillary column (SPTM-2560, 100 m×0.25 mm i.d., film thickness 0.2 µm, USA)이 장착된 gas chromatography (HP-6890 II, USA)로 지방산을 분석하였다.

통계처리

결과의 통계처리는 SPSS 프로그램(Version 11.5)으로 t-test를 실시하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

결 과

우지 및 텍스트린 함량을 다르게 한 사료로 메기 치어를 6주간 사육한 결과를 표 3에 나타내었다. 사육기간 동안의 생존율은 97-99%였고, 두 실험구간에 유의한 차이가 없었다. 최종체중은 사료의 우지 함량을 높인 실험구가 텍스트린 함량을 높인 실험구에 비하여 유의하게 높았다($P=0.04$). 사료효율 및 단백질효율은 사료의 우지 함량을 높인 실험구가 텍스트린 함량을 높인 실험구에 비하여 높은 값을 보였으나, 유의한 차이는 없었다($P=0.06$). 일일사료섭취율은 두 실험구간에 통계적인 차이가

Table 4. Proximate composition of whole body in juvenile far eastern catfish *Silurus asotus* fed the experimental diets for 6 weeks

	Diets		P value
	HL	HD	
Moisture (%)	74.5±0.77	76.9±0.83	0.10
Crude protein (%)	16.2±0.08	16.2±0.48	0.83
Crude lipid (%)	6.7±0.76	4.4±0.16	0.04
Ash (%)	2.3±0.03	2.5±0.08	0.20

Values are mean ±SE of three replications.

Table 5. Fatty acids composition (%) of the juvenile far eastern catfish *Silurus asotus* fed the experimental diets

Fatty acids	Diets		P value
	HL	HD	
C14:0	0.17±0.02	0.13±0.00	0.14
C15:0	0.02±0.00	0.02±0.00	1.00
C15:1n	0.02±0.00	0.02±0.00	1.00
C16:0	1.06±0.11	0.68±0.03	0.06
C16:1n	0.37±0.05	0.33±0.03	0.56
C17:0	0.05±0.01	0.03±0.00	0.19
C17:1n	0.03±0.00	0.02±0.00	0.59
C18:0	0.44±0.05	0.18±0.01	0.04
C18:1n-9	1.97±0.20	0.97±0.05	0.03
C18:2n-6	0.34±0.03	0.14±0.00	0.03
C18:3n-3	0.08±0.01	0.08±0.00	0.47
C20:1n-9	0.04±0.01	0.03±0.00	.70
C20:2n-6	0.22±0.03	0.22±0.01	0.92
C20:3n-6	0.03±0.00	0.02±0.00	0.16
C20:4n-6	0.07±0.01	0.06±0.00	0.39
C20:4n-3	0.07±0.01	0.08±0.01	0.29
C20:5n-3	0.19±0.02	0.19±0.00	0.78
C22:2n-6	0.04±0.01	0.04±0.00	1.00
C22:3n-6	0.02±0.01	0.02±0.00	0.60
C22:3n-3	0.04±0.01	0.04±0.00	0.65
C22:4n-6	0.02±0.00	0.02±0.00	0.73
C22:5n-3	0.10±0.02	0.09±0.00	0.82
C22:6n-3	0.58±0.06	0.55±0.01	0.74

Values are mean ±SE of three replications.

없었다($P=0.14$).

사육실험 종료 후, 실험어의 전어체 일반성분 분석결과를 Table 4에 나타내었다. 전어체의 조지질 함량은 실험사료에 유의한 영향을 받아, 사료의 우지 함량을 높인 실험구가 텍스트린 함량을 높인 실험구에 비하여 높았다($P=0.04$). 전어체의 수분, 조단백질 및 회분 함량은 두 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았다.

실험어의 전어체 지방산 조성 분석결과를 Table 5에 나타내었다. C16:0, C18:1n-9 및 C22:6n-3이 주 지방산으로 다량 함유되어 있었다. C18:0, C18:1n-9, C18:2n-6은 실험구간에 유의한 차이를 보였으나($P<0.05$), 그 외의 지방산들은 두 실험구간에 유의한 차이가 없었다.

고 찰

사료 내 영양소 중 단백질은 어류의 성장과 사료비용에 많은 영향을 미치는 중요한 영양소이므로(Lovell 1989) 양식 생산성을 높이고 사료단가를 낮추기 위해서는 섭취된 사료 중의 단백질이 에너지원으로 사용되는 것을 최소화 시키고 성장을 위해 사용되어야 한다. 어류의 성장과 관련된 단백질효율은 비단백질 에너지원인 지질 및 탄수화물 함량을 조절하여 향상시킬 수 있는 것으로 알려져 있다(Page and Andrew, 1973). 이 중에

서 지질은 단백질이나 탄수화물보다 에너지가 높아 대상어 종에 대한 이용성을 조사하여 사료 중에 적절한 함량을 첨가하면 단백질을 절약할 수 있는 영양소이다(El-Sayed and Teshima 1992; Kim et al., 2002).

본 연구에서 우지를 첨가하여 사료의 지질을 17%로 높인 실험구는 사료 지질 9%인 실험구와 비교하여 성장이 증가하는 결과를 보였다. 단백질 함량 20%, 30% 및 40%에 지질원으로 오징어간유와 대두유를 사용하여 지질 함량을 17%와 9%로 다르게 한 사료로 메기를 사육한 기존 연구(Kim et al. 2012)에서도 실험어의 성장은 고지질 실험구가 저지질 실험구에 비하여 유의하게 증가하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 본 연구의 사료효율 및 단백질효율은 지질 17% 실험구가 지질 9% 실험구와 비교하여 유의적인 차이는 없었으나 증가하는 경향을 보여, 사료 중에 적절한 량의 지질 첨가는 섭취된 사료 중의 단백질이 메기 치어의 성장을 위해 효율적으로 사용되는 것으로 판단된다. 메기를 대상으로 한 Kim et al. (2012)의 연구에서도 단백질 30%에 지질 17% 사료를 섭취한 메기는 단백질 40%에 지질 9% 사료를 섭취한 실험어와 성장 및 사료효율에서 차이를 보이지 않았다. 이와 같은 사료 내 지질(에너지) 함량 증가에 따른 어류의 성장 및 단백질효율 개선 효과는 channel catfish 및 Chinese longsnout catfish *Leiocassis longirostris*와 같은 타 메기 어종에서도 보고되었다(Page and Andrew 1973; Pei et al. 2004).

지질원으로 오징어간유, 아마인유, 옥수수유 및 우지를 첨가한 사료로 메기를 사육한 Kim et al. (2010) 연구에서 우지 사료 실험구는 오징어간유 및 아마인유 첨가 실험구에 비하여 성장 및 사료효율이 저하되는 결과를 보였으며, 메기의 치어의 최적 성장을 위해서는 n-3계의 불포화지방산이 함유된 아마인유나 오징어간유를 사용하는 것이 바람직하다고 보고되었다. 그러나 본 연구에서는 메기의 필수지방산 요구 충족을 위하여 오징어간유를 3%씩 첨가하였고, 어분에 함유된 지질에도 n-3계의 불포화지방산이 다량 함유되어 있으므로 본 연구의 실험사료는 메기 치어의 필수지방산 요구를 충족시켰을 것으로 판단되며, 본 연구의 두 실험구의 성장 및 사료효율은 기존 연구(Kim et al. 2010)와 비교해 보아도 양호한 결과를 보였다.

따라서 본 연구의 실험사료에 에너지 함량 증가를 위하여 지질원으로 사용된 우지는 어유 및 아마인유 등에 비하여 가격이 저렴하므로 메기 치어 사육을 위한 실용사료의 지질원으로 사용할 경우, 사료 단가를 낮출 수 있으므로 경제적인 메기 배합 사료 제조에 유용한 사료원료가 될 것으로 판단된다. Channel catfish의 경우에도 지질원으로 우지를 첨가한 실험구가 청어유를 첨가한 실험구와 유사한 성장 및 사료이용률을 보였으며, channel catfish가 우지에 대한 이용성이 좋은 것은 우지에 포함되어 있는 다량의 포화지방산과 단일불포화지방산에 대한 이용률이 좋기 때문인 것으로 보고되었다(Stickndy and Andrews 1972).

사육실험 종료 후, 어체의 지질 함량은 지질 17% 사료 실험구

가 9% 실험구에 비하여 높은 결과를 보였으며, 이는 사료의 지질 함량 증가에 의한 것으로 판단된다. 일반적으로 지질 함량이 높은 사료를 섭취한 어류는 체내 지질 함량이 증가하는 것으로 알려져 있으며, 기존 연구에서도 유사한 결과를 보였다(Kim et al. 2012). 어체의 지방산 조성은 사료 지질의 지방산 조성에 영향을 받는다는 것은 알려져 있다(Mugrditchians et al. 1981). 본 연구에서도 전어체의 대부분의 지방산 함량은 실험사료의 각 지방산 함량과 유사하였으며, 기존의 메기 연구에서도 이러한 결과가 보고되었다(Kim et al. 2010). 어체의 지방산 중 18:1n-9 함량은 지질 17% 사료 실험구가 현저히 높은 결과를 보였는데, 이는 고지질 실험구의 지질원으로 사용된 우지에 18:1n-9가 다량 함유되어 있기 때문으로 판단된다(Lee 2001; Kim et al. 2010). 또한 어체의 20:5n-3 및 22:6n-3 함량은 두 실험구간에 유의한 차이가 없었다.

비단백질원으로 텍스트린보다 우지를 혼합한 사료를 메기에 공급한 실험구에서 양호한 성장 결과가 나온 것으로 보아, 경제적인 메기 치어 배합사료 제조를 위하여 에너지원으로 가격이 저렴한 우지를 사용하여도 좋을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원(친환경 실용배합사료 개발 및 품질 관리 연구, RP-2013-AQ-109)의 지원에 의해 운영되었습니다.

참고문헌

- El-Sayed AM and Teshima S. 1992. Protein and energy requirements of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, fry. *Aquaculture* 103, 55-63.
- 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.
- Garling DL and Wilson RP. 1976. Optimum dietary protein to energy ratios for channel catfish fingerlings *Ictalurus punctatus*. *J Nutr* 106, 1368-1375.
- 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*. *J World Aquac Soc* 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*. *Korean J Fish Aquat Sci* 42, 349-353.
- Kim KD, Kim JD, Lim SG, Kang YJ and Son MH. 2010. Effects of dietary lipid sources on the growth and body composition of the far eastern catfish *Silurus asotus*. *Korean J Fish Aquat Sci* 43, 445-450.
- Kim KD, Lim SG, Kang YJ, Kim KW and Son MH. 2012. Effects of dietary protein and lipid levels on growth and

- body composition of juvenile far eastern catfish *Silurus asotus*. Asian-Aust J Anim Sci 25, 369-374. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2011.11089>.
- Lee SM. 2001. Review of the lipid and essential fatty acid requirements of rockfish *Sebastes schlegeli*. Aquacult Res 32 Supplement 1, 8-17.
- Lee SM, Jeon IG and Lee JY. 2002. Effects of digestible protein and lipid levels in practical feed on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish *Sebastes schlegeli*. Aquaculture 211, 227-239.
- Lovell RT. 1989. Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand Reinhold, New York, USA, 260.
- Mugrditchian DS, Hardy RW and Iwaoka WT. 1981. Linseed oil and animal fat as alternative lipid sources in dry diets of chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. Aquaculture 25, 161-172.
- Page JW and Andrews JW. 1973. Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish *Ictalurus punctatus*. J Nutr 103, 1339-1346.
- Pei Z, Xie S, Lei W, Zhu X and Yang Y. 2004. Comparative study on the effect of dietary lipid level on growth and feed utilization for gibel carp *Carassius auratus gibelio* and Chinese longsnout catfish *Leiocassis longirostris* Gunther. Aquac Nutr 10, 209-216.
- Statistics Korea. 2012. Fishery production survey. Retrieved from <http://kosis.kr> on March 14, 2013.
- 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.
- Yoshimatsu T, Imoto H, Hayash M, Toda K and Yoshimura K. 1997. Preliminary results in improving essential fatty acids enrichments of rotifer cultured in high density. Hydrobiologia 358, 153-157.