

메기, *Silurus asotus* 사료의 어분 대체 단백질원으로 대두박 및 실용사료 사육효능 평가

김경덕*·임상구¹·황주애²·김진도²·강용진³

국립수산과학원 양식관리과, ¹경영정책과, ²내수면양식연구센터, ³중앙내수면연구소

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*)

Kyoung-Duck KIM*, Sang Gu LIM¹, Ju Ae HWANG²,
Jin Do KIM² and Yong Jin KANG³

Aquaculture Management Division, NFRDI, Pohang 791-923, Korea

¹Management & Economic Policy Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea

²Inland Aquaculture Research Center, NFRDI, Jinhae 645-806, Korea

³Inland Fisheries Research Institute, NFRDI, Gapyung 477-815, Korea

Two feeding trials were conducted to evaluate the soybean meal as a substitute for the fish meal in diet (experiment I), and experimental practical diet and commercial diet (experiment II) for growth of far eastern catfish. In the experiment I, three replicate groups of juveniles (average weight 7.2 g) were fed one of diets containing 0, 10 and 20% soybean meals for 66 days. Survival and final mean weight were not significantly affected by dietary soybean meal levels. No significant differences were observed in feed efficiency, protein efficiency ratio and protein retention of fish fed between 0% (control diet) and 20% soybean meal diets. However, fish fed 10% soybean meal diet showed the lower feed efficiency, protein efficiency ratio and protein retention, and higher daily feed intake compared with fish fed control diet and 20% soybean meal diet. The contents of moisture, crude protein, crude lipid and ash in the whole body were not significantly affected by dietary soybean meal levels. In the experiment II, three replicate groups of juveniles (average weight 7.3 g) were fed either the formulated diet or commercial diet for 66 days. Survival and final mean weight were not significantly different among treatment. Significantly higher feed efficiency, protein efficiency ratio and protein retention, and lower daily feed intake were observed in fish fed experimental practical diet compared with fish fed commercial diet ($P < 0.05$). Proximate compositions of the whole body were not significantly affected by diets. The results of these studies suggest that soybean meal can be used as a substitute for fish meal up to 20% in diet, and the dietary formulation used in the experiment II could be applied to the practical feed for far eastern catfish.

Key words: Far eastern catfish, *Silurus asotus*, Soybean meal, Practical diet, Growth

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.

어류는 육상동물에 비하여 단백질 요구량이 높아 사료원가 중 단백질원이 차지하는 비중이 높다. 또한, 육식성 어류는 잡식성이나 초식성 어류처럼 식물성 단백질의 이용성이 높지 않기 때문에 배합사료에 어분이 주 단백질원으로 사용되고

있으며, 사료내 어분의 첨가비율은 사료단가에 매우 중요한 요인이다. 이러한 어분은 여러 가지 영양소의 균형이 잘 갖춰진 양질의 사료 단백질원이지만, 최근 가격이 급등하였으며, 어획량 변동이 심해 공급이 다소 불안정한 하며, 금후 어분의 사용은 계속 제한적일 수밖에 없는 실정이다 (McCoy, 1990; Rodriguez-Serna et al., 1996). 따라서 경제적인 사료의 안정적 공급을 위해서는 사료중의 어분 첨가 비율을 줄이는 것이 중요하며, 이를 위해서는 어분을 대신할 수 있는 값싸고 공급이 안정적인 단백질원을 개발하는 것이 필요하다.

메기목 메기과에 속하는 메기 (*Silurus asotus*)는 우리나라의 전 하천과 일본, 중국 및 대만에 널리 서식하고 있는 어종이다. 메기는 특히 매운탕으로 소비자의 수요가 좋아 담수 양식종으로 가치가 높은 어종이다. 현재 국내에서는 상업적으로 개발된 메기 배합사료들이 생산되어 판매되고 있으나, 메기용 배합사료 개발을 위한 사료원료 이용성에 관한 연구는 매우

*Corresponding author: kdkim@nfrdi.go.kr

제한적인 실정이다. 그래서 본 연구에서는 경제적인 메기 배합사료 개발을 위한 연구의 일환으로 사료의 어분 대체 단백질원으로써 대두박 이용성 조사 및 식물성 단백질원을 첨가한 실험사료를 제조하여 시판 상품사료와 사육효과를 비교하였다.

재료 및 방법

실험사료

실험 1에서는 단백질원으로 어분만을 사용한 대조사료와 대두박을 사료의 10% 및 20%씩 첨가한 3종류의 실험사료를 설계하였다 (Table 1). 지질원으로는 오징어간유와 대두유를 사용하였으며, 탄수화물원으로는 텍스트린과 전분을 사용하였다. 실험 2에서는 단백질원으로 어분, 대두박, 콘글루텐밀과 효모를, 지질원으로 오징어간유와 대두유를, 탄수화물원으로는 소맥분을 사용한 실험사료와 시판용 메기사료를 실험사료로 이용하였다. 이와 같이 설계된 원료들을 분말형태로 잘 혼합한 후, 혼합된 원료 분말 100 g 당 물 40 g 내외를 첨가하여 실험용 펠렛 제조기로 압출 성형하였다. 제조된 실험사료는 상온에서 24시간 건조시킨 후, -30℃에 보관하면서 사료 공급시 마다 사용하였다.

실험어 및 사육관리

사육실험은 순환여과식 사육시설을 사용하여 실시하였다. 실험어는 2주간 실험수조에 순치시킨 후, 외형적으로 건강한 평균체중 7.2 g(실험 1) 및 7.3 g(실험 2)의 메기 치어를 선별하여 총 15개의 1톤 원형수조에 60마리씩 사료별 3반복 수용하여, 실험사료를 1일 2회(09:00, 17:00) 실험어가 먹을 때까지 손으로 공급하며 66일간 사육하였다. 사육수는 각 실험수조에 분당 10 L 내외로 조절하여 흘러주었다. 사육기간 동안 사육수의 평균수온은 25±1.7℃(평균±표준편차)였으며, 사육수의 용존산소는 6.9±0.7, pH는 7.7±0.3 였다.

어체측정 및 성분분석

어체측정은 실험 시작시와 종료시, 각 수조에 수용된 실험어 전체의 무게를 측정하였다. 어체 성분분석을 위하여 실험 시작시 20마리와 실험 종료시 각 실험수조에서 10마리의 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 회화 후 측정하였고, 사료의 에너지량은 열량분석기 (Parr-6200, USA)로 측정하였다. 실험사료의 인 (P) 분석을 위하여 시료를 600℃에서 24시간 회화한 후, 질산과 증류수 (1:1) 혼합액로 가하여 분해시킨 시료액을 유도결합플라즈마분광계 (Jobinyvon, USA)로 측정하였으며, 아미노산 조성은 6N-HCl 용액으로 시료를 분해하여 전처리한 후, 아미노산자동분석기 (Biochrom, Netherd)로 분석하였다.

통계처리

실험 1에서 결과의 통계처리는 SPSS 프로그램을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였으며, 실험 2에서는 t-test로 평균간의 유의성을 검정하였다.

Table 1. Ingredients and nutrient contents of the experimental diets

	Experiment-I			Experiment-II	
	Con	S10	S20	ED	CD
Ingredients (%)					
Brown fish meal	40.5	33.5	26.5	33.5	closed
Soybean meal ¹		10	20	15	
Corn gluten meal				4.5	
Brewer yeast				1	
Squid liver oil	2.4	2.4	2.4	1	
Soybean oil	3.5	4	4.5	4	
Dextrin	32	32	32		
α-Starch	15	13.6	10.1		
Wheat flour				38.5	
α-Cellulose	2.1				
Vitamin premix ²	2	2	2	1	
Mineral premix ³	2	2	2	1	
Choline chloride	0.5	0.5	0.5	0.5	
Nutrient contents (dry matter basis)					
Crude protein (%)	29.7	29.9	29.9	41.3	47.2
Crude lipid (%)	9.0	7.4	9.7	10.1	9.8
Ash (%)	6.7	6.4	6.0	6.9	9.5
Gross energy (cal/g)	4801	4702	4771	4984	5170
Phosphorus (%)	1.1	1.1	1.0	1.1	1.5
Essential amino acids (% in protein)					
Arg	4.6	5.8	5.9	5.8	5.5
His	5.7	3.6	3.3	2.6	2.4
Ile	3.8	4.4	4.3	4.1	4.0
Leu	8.1	7.6	7.4	7.7	8.7
Lys	9.2	8.2	7.6	6.3	5.5
Met	2.4	2.2	2.2	2.2	2.1
Cys	4.3	0.9	0.9	1.1	1.0
Phe	4.5	4.5	4.4	4.4	4.5
Thr	4.3	4.4	4.1	4.0	3.8
Val	7.4	5.3	5.3	5.0	4.8

¹ Dehulled, solvent extracted.

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.

결과 및 고찰

어분 대체 단백질원으로 대두박 함량을 달리한 사료로 메기 치어를 사육 실험한 실험 1의 경우, 생존율은 88~95%로 실험 구간에 통계적인 차이는 없었으며, 최종체중도 실험구간에 유의한 차이가 없었다 (Table 2). 사료효율, 단백질효율 및 단백질축적률은 대두박을 첨가하지 않은 대조사료 실험구와 비교하여 대두박 20% 첨가구는 차이를 보이지 않았으나, 대두박 10% 실험구는 대조사료 및 대두박 20% 첨가구에 비해 유의하게 낮았다 ($P<0.05$). 그러나 일일사료섭취율은 대두박 10% 첨가구가 타 실험구에 비해 높은 결과를 보였다 ($P<0.05$). 사육실험 종료 후, 어체의 수분, 조단백질, 조지질 및 조회분 함량은 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었다 (Table 3).

어분은 어류용 배합사료에 사용되고 있는 가장 값비싼 원료 중에 하나이며, 사료의 단백질원으로써 어분을 대체하기 위한 경제적인 식물성 사료원료인 대두박의 이용에 관한 연구들은 활발하게 진행되어져 왔다 (Dabrowski and Kozak, 1979;

Wilson and Poe, 1985). 그러나 사료내 적정 수준 이상의 대두박 첨가는 일반적으로 어류의 성장을 감소시키는 결과를 나타내는 것으로 보고되었는데 (Kim et al., 2000), 이러한 어류의 성장 저하는 메티오닌 및 라이신과 같은 필수아미노산 조성의 불균형 (Murai et al., 1986) 및 부적합하게 열처리된 대두박의 trypsin inhibitor나 phytic acid와 같은 항영양인자 (antinutritional factors) (Dabrowski and Kozak, 1979)와 어분에 비해 상대적으로 낮은 대두박의 단백질소화를 의한 것으로 알려져 있다 (Tacon, 1993).

본 연구에서 사료에 대두박을 20% 첨가한 실험구는 대두박을 첨가하지 않고 어분만을 사용한 대조구와 비교하여 성장 및 사료효율에서 차이를 보이지 않아, 메기 치어의 적정 성장을 위하여 사료에 어분 대체 단백질원으로써 대두박을 20% (어분 단백질의 34%)까지 첨가하여도 좋을 것으로 판단된다. African catfish (*Clarias gariepinus*) 및 channel catfish (*Ictalurus punctatus*)의 경우 대두박을 사료내 어분 단백질의 50% 수준까지 첨가하여도 성장 및 사료효율이 저하되지 않았으며 (Mohsen and Lovell, 1990; Fagbenro and Davies, 2001), southern catfish (*Silurus meridionalis*)는 성장 및 사료효율 감소 없이 사료내 어분 단백질의 39%까지 대두박을 첨가할 수 있는 것으로 보고되었다 (Ai and Xie, 2005). 또한 African catfish와 channel catfish는 사료에 methionine을 부가적으로 첨가할 경우, 대두박의 어분 대체 비율을 더 높일 수 있는 것으로 보고되었다 (Fagbenro and Davies, 2001; Ai and Xie, 2005). 본 연구에서 대두박을 20%까지 첨가한 실험구에서 성장이 감소하지 않았는데, 이는 대두박 첨가 사료에 methionine 및 lysine과 같은 필수아미노산 함량이 대조 사료에 비하여 다소 낮기는 하지만, channel catfish의 lysine 및 methionine 요구량이 각각 5.0% 및 2.3%(cysteine 0%의 경우)인 점을 감안하여 볼 때 (Harding et al., 1977; Robinson et al., 1980), 대두박 첨가사료의 경우에도 메기의 이 두 아미노산 요구량이 충족되었을 가능성이 높을 것으로 추정된다. 그러나 메기에 필수 아미노산 요구량에 대해서는 금후 상세한 연구가 계속 수행되어야 할 것이다.

어류의 대두박 이용성은 열처리 조건에 따른 trypsin inhibitor 활성도에 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Wilson and Poe, 1985). 부적합하게 열처리된 대두박의 높은 trypsin inhibitor 활성은 무지개송어의 경우 단백질 및 에너지 소화율을 감소시키며 (Sandholm et al., 1976), 잉어 및 channel catfish의 성장을 저하시키는 것으로 보고되었다 (Robinson et al., 1981; Viola et al., 1983). 그러나 본 연구에 사용된 대두박은 탈지 압착하고, 가열 처리하여 상품화된 것이므로 이와 같은 trypsin inhibitor 활성은 대부분 제거되었을 것으로 판단된다.

본 실험에서 대두박 10% 첨가구는 대조구 및 대두박 20% 첨가구와 비교하여 성장은 차이가 없었으나 사료효율은 감소하였는데, 이는 대두박 10% 첨가구의 사료섭취량이 증가하였기 때문인 것으로 판단된다. 비록 모든 사료의 영양소 에너지 함량이 동일한 수준이 되도록 설계하였으나, 제조된 대두박 10% 첨가 사료의 에너지 함량이 다른 실험사료들에 비하여 다소 낮은 값을 보였으며, 이로 인하여 사료섭취량이 상대적

Table 2. Growth performance of juvenile far eastern catfish fed the diets containing different level of soybean meal for 66 days

	Soybean meal levels (%)		
	0	10	20
Survival (%)	95±1.5 ^{ns}	88±2.9	88±2.4
Initial mean weight (g/fish)	7.1±0.06 ^{ns}	7.2±0.06	7.3±0.25
Final mean weight (g/fish)	59.4±1.11 ^{ns}	56.2±2.52	57.5±1.99
Feed efficiency (%) ¹	78.4±0.15 ^a	66.4±2.77 ^b	75.8±2.62 ^a
Protein efficiency ratio ²	2.73±0.01 ^a	2.29±0.11 ^b	2.57±0.07 ^a
Daily feed intake ³	3.00±0.01 ^b	3.45±0.10 ^a	3.04±0.08 ^b
Protein retention ⁴	41.1±1.40 ^a	34.1±0.81 ^b	38.3±1.86 ^{ab}

Values (mean±SE of three replications) in each row with the different superscript are significantly different ($P<0.05$). ^{ns}, not significant ($P>0.05$).

- 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].
- ⁴ Fish protein deposited × 100/protein intake.

Table 3. Proximate composition of whole body of juvenile far eastern catfish fed the diets containing different level of soybean meal for 66 days

	Soybean meal levels (%)		
	0	10	20
Moisture (%)	74.6±0.62 ^{ns}	74.7±0.68	74.2±0.60
Crude protein (%)	14.6±0.44 ^{ns}	14.4±0.46	14.4±0.34
Crude lipid (%)	5.5±0.41 ^{ns}	6.5±1.30	7.4±0.35
Ash (%)	2.3±0.26 ^{ns}	2.3±0.06	2.4±0.11

Values are mean±SE of three replications. ^{ns}, not significant ($P>0.05$).

으로 높아졌을 것으로 생각된다.

사육실험 종료 후, 전어체의 수분, 단백질, 지질 및 회분 함량은 사료의 대두박 함량에 영향을 받지 않았으며, African catfish의 경우에도 대두박 함량을 달리한 사료로 사육한 결과, 성장 차이가 없는 실험구간에는 실험어의 일반성분에 차이를 보이지 않아 본 연구와 유사한 경향을 보였다 (Fagbenro and Davies, 2001).

메기용 실용배합사료 개발을 위한 기초연구로써 사료의 단백질원으로 어분, 대두박 및 콘글루텐밀을 사용하여 제조한 실험사료와 시판 상품사료의 사육효과를 비교한 실험 2의 경우, 생존율 및 최종체중은 두 실험구간에 유의한 차이가 없었다 (Table 4). 사료효율 ($P=0.018$), 단백질효율 ($P=0.006$) 및 단백질 축적률 ($P=0.01$)은 실험사료가 상품사료에 비하여 유의하게 높았으나, 일일사료섭취율은 실험사료가 상품사료 보다 유의하게 낮았다 ($P=0.003$). 사육실험 종료 후, 전어체의 수분, 조단백질, 조지질 및 조회분 함량은 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었다 (Table 5).

Table 4. Growth performance of juvenile far eastern catfish fed the experimental diets for 66 days

	Diets		P-value
	ED	CD	
Survival (%)	84±0.6	86±1.5	0.26
Initial mean weight (g/fish)	7.2±0.29	7.5±0.33	0.63
Final mean weight (g/fish)	86.3±2.81	84.2±0.95	0.53
Feed efficiency (%) ¹	94.8±2.33	79.9±0.64	0.018
Protein efficiency ratio ²	2.30±0.06	1.68±0.01	0.006
Daily feed intake ³	2.66±0.05	3.13±0.03	0.003
Protein retention ⁴	34.7±1.04	26.1±0.24	0.011

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].

⁴ Fish protein deposited × 100/protein intake.

Table 5. Proximate composition of whole body of juvenile far eastern catfish fed the experimental diets for 66 days

	Diets		P-value
	ED	CD	
Moisture (%)	74.6±0.44	76.1±0.24	0.055
Crude protein (%)	14.7±0.14	15.2±0.24	0.209
Crude lipid (%)	6.0±0.66	5.3±0.73	0.509
Ash (%)	2.2±0.18	2.7±0.16	0.077

Values are mean±SE of three replications.

본 실험에서 시판사료는 실험사료에 비하여 단백질 함량이 더 높았으나 실험사료와 성장이 동일한 것은 단백질원료의 품질에 의한 차이 때문으로 생각된다. 이러한 결과는 사료단백질 함량 뿐 아니라 단백질내의 필수아미노산 균형이 사료단백질의 질에 더 많은 영향을 미친다는 것을 의미하기도

한다. 그리고 본 연구에서 상품사료는 실험사료에 비하여 사료에너지 함량이 더 높았음에도 불구하고, 오히려 사료섭취율은 증가하였는데, 이는 상품사료의 원료조성은 모르지만 상품사료에 사용된 원료에 대한 메기의 소화율 감소 등으로 가소화에너지가 낮았기 때문으로 판단된다. 이와 같이 부족한 에너지를 충족시키기 위하여 사료섭취량이 상대적으로 높아질 수밖에 없었을 것이며, 이로 인하여 사료효율 및 단백질 효율이 감소한 것으로 판단된다. 이상의 결과로 볼 때, 본 연구에 사용된 실험사료의 조성은 치어기 메기 사육을 위한 실용사료의 조성으로 사용하여도 손색이 없을 것으로 판단되며, 금후 배합사료의 품질향상을 위해서는 메기의 필수영양소 요구량 구명 및 상품사료와의 지속적인 품질 비교를 통하여 사료제조시에 사료원료 및 영양소의 배합비율과 가공조건 등을 계속적으로 개선시켜 나가야 할 것이다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원(메기류 배합사료 개발, RP-2009-AQ-049)의 지원에 의해 운영되었습니다.

참 고 문 헌

- Ai, Q. and X. Xie. 2005. Effects of dietary soybean protein levels on energy budget of the southern catfish, *Silurus meridionalis*. Comp. Biochem. Physiol. A, 141, 461-469.
- Chyung, M.K. 1996. The fishes of Korea. 5th ed. pp. 218-219. Il Ji Co, Seoul.
- Dabrowski, H. and B. Kozak. 1979. The use of fish meal and soybean meal as a protein source in the diet of grass carp. Aquaculture, 18, 107-114.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11, 1-42.
- Harding, E.E., O.W. Allen, Jr. and R.P. Wilson. 1977. Sulfur amino acid requirement of channel catfish: L-methionine and L-cystine. J. Nutr., 107, 2031-2035.
- Fagbenro, O.A. and S.J. Davies. 2001. Use of soybean flour (dehulled, solvent-extracted soybean) as a fish meal substitute in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822): growth, feed utilization and digestibility. J. Appl. Ichthyol., 17, 64-69.
- Kim, Y.S., B.S. Kim, T.S. Moon and S.M. Lee. 2000. Utilization of defatted soybean meal as a substitute for fish meal in the diet of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). J. Kor. Fish. Soc., 33, 469-474.
- McCoy, H.D. 1990. Fishmeal-the critical ingredient in aquaculture feeds. Aquacult. Mag., 16, 43-50.
- Mohsen, A.A. and R.T. Lovell. 1990. Partial substitution

- of soybean meal with animal protein sources in diets for channel catfish. *Aquaculture*, 90, 303-311.
- Murai, T., H. Ogata, P. Kosutarak and S. Arai. 1986. Effects of amino acid supplementation and methanol treatment on utilization of soy flour by fingerling carp. *Aquaculture*, 56, 197-206.
- Robinson, K.R., H.W. Norton and D.H. Baker. 1980. Re-evaluation of the lysine requirement and lysine utilization by fingerling channel catfish. *J. Nutr.*, 110, 2313-2316.
- Robinson, E.H., R.P. Wilson, W.E. Poe and J.M. Grizzle. 1981. Effect of residual antinutritional factors in processed soybean meal on fingerling channel catfish. *Fed. Proc., Fed. Am. Soc. Exp. Bio.*, 40, 3705.
- Rodriguez-Serna, M., M.A. Olvera-Novoa and Carmona-Osaldae. 1996. Nutritional value of animal by-product meal in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus (L.)* fry. *Aquacult. Res.*, 27, 76-73.
- Sandholm, M., R.R. Smith, J.C.H. Shih and M.L. Scott. 1976. Determination of antitrypsin activity on agar plates: relationship between antitrypsin and biological value of soybean meal for trout. *J. Nutr.*, 106, 761-766.
- Tacon, A.G.J. 1993. Feed ingredients for warmwater fish: fish meal and other processed feedstuffs. *FAO Fisheries Circular No. 856*, FAO, Rome.
- Viola, S., S. Mokady and Y. Arieli. 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 32, 27-38.
- Wilson, R.P. and W.E. Poe. 1985. Effects of feeding soybean meal with varying trypsin inhibitor activities on growth of fingerling channel catfish. *Aquaculture*, 46, 19-25.

2009년 7월 2일 접수
 2009년 8월 6일 수정
 2009년 8월 24일 수리