

넙치 사료내 어분대체 단백질원으로써 오징어간분말의 평가

김강웅[†] · 김경덕 · 손맹현 · 안철민
(국립수산과학원)

Evaluation of Squid Liver Powder as a Dietary Protein Source Replacing Fish Meal in Juvenile Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Kang-Woong KIM[†] · Kyoung-Duck KIM · Maeng-Hyun SON · Cheul-Min AN
(National Fisheries Research & Development Institute)

Abstract

This experiment was conducted to determine the each level of a newly developed squid liver powder (SLP) as a dietary protein source replacing fish meal (FM) in juvenile flounder. A diet excluding SLP (FM diet) and a commercial diet were two control diets. Six experimental diets were formulated to replace FM with three types of SLP at 5 and 10% level, respectively (SLP-A5, SLP-A10, SLP-B5, SLP-B10, SLP-C5, SLP-C10). Prior to the start of a feeding trial, fish were fed the commercial diet for 1 week to adjust to the experimental conditions. Fish with average weight of 22.8 ± 0.40 g (mean \pm SD), were randomly distributed to each aquarium as groups of 20 fish and fed the experimental diets in triplicate at satiation for 8 weeks. After 8 weeks, weight gain and specific growth rate of fish fed SLP-C10 was lower than those of fish fed FM diet and SLP-B5. Meanwhile, no significant difference was observed in WG and SGR among fish fed diets excluding SLP-C10. Feed efficiency (FE) and protein efficiency ratio (PER) of fish fed each level of three types of SLP were not different from those of fish fed FM diet. However, fish fed SLP-C5 and SLP-C10 has lower FE and PER than those of fish fed a commercial diet, SLP-A5 and SLP-B5.

Therefore, these results indicate clearly that dietary SLP-B could be a good protein source to develop inexpensive commercial diet in juvenile flounder.

Key words : Olive flounder, Protein sources, Squid liver powder, Fish meal, Growth

I. 서론

양어용 사료원료는 종류에 따라 영양소함량, 기호성 및 이용성 등이 다르기 때문에 어종의 생리적 특성에 맞는 사료원료의 선택이 중요하다. 해산어는 담수어나 육상동물과 비교하여 탄수화

물에 대한 생리적 이용성이 낮아 단백질을 많이 이용하며 이에 대한 의존도가 높다. 양식사료에서 단백질 원료의 비용이 차지하는 비율은 약 40~70%로 높기 때문에 단백질 사료원료의 선택은 사료단가에 큰 영향을 미친다. 단백질 사료원료 중에서 어분은 높은 단백질 함량과 기호성으

[†] Corresponding author : 054-232-5433, kwkim@nfrdi.go.kr

* 본 연구는 국립수산과학원(고효율 배합사료 개발 및 실용화 연구, RP-2011-AQ-051)의 지원에 의해 운영되었음.

로 양식사료에서 가장 많이 사용되어 왔다. 우리나라 주 양식어종인 넙치의 경우 배합사료 내 약 40~60% 정도의 어분이 사용되고 있다(Kim et al., 2009a,b; Kim et al., 2010). 전 세계적으로 바다의 수질환경은 악화되어 어업생산량이 정체 또는 감소하고 있으며, 어분 수급도 점차 어려워지고 있는 실정이다. 최근에 세계 1위 양식생산국가인 중국의 어분 대량 매입은 가격을 2배나 폭등시키는 원인이 되었으며, 2010년에는 1톤에 1,800 달러까지 상승하였다. 대부분의 어분을 수입에 의존하고 있는 우리나라로서는 큰 위기가 아닐 수 없으며, 어분을 대체할 수 있는 단백질 원료에 대한 연구가 시급한 상태이다.

전 세계적으로 사료 영양학자들은 이러한 문제점을 해결하기 위해 대체사료원료 개발에 대한 연구를 활발히 진행해 오고 있다. 대두박, 면실박, 밀, 콘글루텐밀, 채종박 등의 식물성 사료원료들(Takii et al., 1989; Webster et al., 1992; Pongmaneerat et al., 1993; Belal and Assem, 1995; Kaushik, 1995)과 혈분, 우모분, 육분, 육골분, 가금부산물 등의 동물성 사료원료들(Gallagher and Degani, 1988; Fowler et al., 1990; Kikuchi, 1994; Luzier and Summerfelt, 1995)에 대한 연구들이 보고되었다. 특히, 대두박 및 콘글루텐밀은 가격이 싸고 영양소 조성이 우수하여 대표적인 식물성 단백질원료로 사용되고 있다. 하지만, 넙치는 잡식성 어종임에도 불구하고 탄수화물에 대한 이용률이 낮아 식물성 사료원료에 대한 이용성이 미흡한 것으로 보고되고 있다. 한편, 동물성 사료원료 중에서 육분, 육골분 등은 광우병 위험에 노출될 가능성이 있어 사용을 자제하고 있는 실정이다. 앞에서 언급한 바와 같이 사료원료의 선택은 가격, 영양소함량 및 기호성 뿐만 아니라 어종의 생리적 이용성까지 고려하지 않으면 아무리 영양소 요구량에 맞추어 사료를 잘 배합하더라도 사용하기는 어렵다.

오징어간분말(squid liver powder)은 오징어의 가공과정에서 폐기되는 식도, 위장, 간장, 생식선

등을 이용하여 분말화하기 위하여 대두박과 혼합하여 생산되는 사료원료이다. 상기 오징어간분말 제품은 DHA 및 EPA 등 오메가-3 지방산, 단백질 및 필수아미노산을 매우 높게 함유하고, 인(P) 함량도 어분의 절반수준으로 제조되었다.

따라서, 본 연구는 넙치 치어에 있어 어분대체 사료원료로서 새롭게 개발된 오징어간분말에 대한 이용성을 평가하는 그 목적이 있다.

II. 연구내용 및 방법

1. 실험사료

넙치 실험사료의 조성은 <Table 1>에 나타내었고, 3종류의 오징어간분말(SLP-A, SLP-B, SLP-C)에 대한 성분분석은 <Table 2와 3>에 나타내었다.

<Table 1> Ingredients and nutrient contents of experimental diets

Ingredients ¹	Diets (%)							Com
	FM	SLP-A5	SLP-A10	SLP-B5	SLP-B10	SLP-C5	SLP-C10	
White fish meal	66.0	61.0	56.0	61.0	56.0	61.0	56.0	
SLP-A	-	5	10	-	-	-	-	
SLP-B	-	-	-	5	10	-	-	
SLP-C	-	-	-	-	-	5	10	
Corn gluten meal	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	Closed
Fish oil	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	
Wheat Flour	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	
Others ²³	6.00	6.00	68.00	6.00	6.00	6.00	6.00	
Proximate analysis (% dry matter basis)								
Moisture	23.6	24.3	24.2	22.5	19.8	24.1	22.9	5.8
Crude protein	54.4	53.0	51.8	52.2	51.8	53.7	52.3	54.5
Crude fat	9.70	10.2	10.4	10.7	10.8	11.0	11.5	11.1
Crude ash	12.8	12.2	11.7	12.0	11.5	12.2	11.9	11.4

¹ Provided by Suhyup Feed Co., Kyong-Nam, Korea.

² Premix (mg/kg) : KI 250, MnSO₄·H₂O 2800, ZnSO₄·H₂O 2350, vitamin K 225, biotin (2%) 3500, niacin 4850, calcium pantothenate 11000, folic acid 2000, vitamin B₁ 1500, vitamin B₂ 2000, vitamin B₆ 2000 and vitamin C 50000.

³ Anti-oxidant, glucan, gelatin, betaine, choline, lecithin and enzyme.

상기 넙치 치어 실험에 있어 3종류의 오징어간분말(SLP-A, SLP-B, SLP-C)은 단백질 및 필수아미노산을 매우 높이거나(SLP-A), DHA 및 EPA 등의 오메가-3 지방산(SLP-B, SLP-C)을 함유한

오징어간분말 3종을 제조하였다

<Table 2> Proximate analysis of three types of squid liver powder (DM basis, %)¹

	SLP-A	SLP-B	SLP-C
Moisture	7.35	8.81	9.75
Crude protein	52.4	50.6	50.8
Crude fat	10.1	13.1	16.1
Crude ash	7.35	7.23	7.25

¹Values (mean of three replications) in each row with a different superscript are significantly different ($P<0.05$).

<Table 3> Fatty acid composition of three types of squid liver powder (% of total fatty acids)¹

	SLP-A	SLP-B	SLP-C
C12:0	0.2	0.3	0.2
C13:0	1.7	1.6	2.3
C14:0	2.0	2.5	2.6
C15:0	0.4	0.4	0.4
C16:0	18.0	18.6	18.5
C16:1n	1.8	2.4	2.4
C17:0	0.6	0.7	0.7
C17:1n	1.3	0.0	0.0
C18:0	5.2	5.2	5.1
C18:1n-9	14.8	17.5	16.0
C18:2n-6	18.7	15.8	13.5
C18:3n-3	2.6	2.3	2.0
C18:4n-3	4.3	0.6	0.6
C20:1n-9	5.0	6.4	6.7
C20:2n-6	0.0	0.0	0.5
C20:4n-3	0.0	0.0	0.5
C20:4n-6	1.7	1.7	1.6
C20:5n-3	7.5	8.1	8.4
C22:1n-9	1.0	1.9	2.8
C22:5n-3	0.0	0.0	0.5
C22:6n-3	12.5	13.1	13.6
C24:0	0.8	1.0	1.0
n-3 HUFA	20.0	21.2	23.0

¹Values (mean of two replications) in each row with a different superscript are significantly different ($P<0.05$).

실험사료는 넙치 영양요구(Kim, 2001)를 고려하여 설계하였으며, 주 단백질원으로는 백색어분

을 사용하였고, 지질원으로 어유를 그리고 탄수화물원으로 밀가루를 사용하였다.

어분대체 수준을 평가하기 위해 대조구인 어분구에서 어분대신에 3종류의 오징어부산물을 각각 5, 10%씩 대체하여 설계하였다(FM, SLP-A5, SLP-A10, SLP-B5, SLP-B10, SLP-C5, SLP-C10). 또한, 상업용 배합사료 실험구(Com)도 추가하여 실험사료 7종과 비교하였다. 모든 실험사료는 원료를 혼합한 후 강릉대학교에서 익스트루더를 이용하여 압출·성형하였으며 사료크기는 직경 5.0 mm로 제작되었다. 모든 실험사료는 포장하여 -20℃에 냉동 보관하면서 사용하였다.

2. 실험어 및 사육관리

넙치 치어는 경상북도 포항에서 국립수산과학원 사료연구센터 사육실로 운반하여 3000 l 수조에서 실험 환경에 적응할 수 있도록 예비 사육하였으며, 실험시작 전에 실험어를 실험사료에 적응시키기 위해 상업용 사료를 2주간 공급하였다. 예비사육 후, 평균무게 22.8±0.40g (mean±SD)인 넙치 치어를 300 l 원형수조에 각각 20 마리씩 수용하여 실험구당 3반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 10 l/min 되도록 조절하였다. 각 수조에는 산소를 충분히 공급하기 위해 에어 스톤을 설치하였으며, 실험기간 동안 수온은 17~26℃로 자연수온에 의존하였다. 사료공급량은 전 실험기간 동안 1일 2회(오전 10시, 오후 4시) 반복으로 공급하였으며, 사육실험은 8주간 실시하였다.

어체 측정은 4주 간격으로 실시하였으며, 24시간 절식시킨 후 MS-222 (100ppm)로 마취시켜 전 체무게를 측정하였다. 실험종료 후, 증체율(percent weight gain, %), 일간성장률(specific growth rate, %/day), 단백질전환효율(protein efficiency ratio), 사료효율(feed efficiency, %), 간중량지수(hepatosomatic index), 비만도(condition factor) 및 생존율(survival rate, %)을 조사하였다. 간중량지수를 조사하기

위해 각 수조별로 3마리씩 간의 무게를 측정하였다.

3. 성분분석

일반성분은 3 종류의 오징어간분말, 실험사료 및 각 수조별로 3마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전이체를 대상으로 분석하였으며, AOAC (1990) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(135 °C, 2시간), 조단백질은 kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조회분은 직접회화법으로 분석하였다. 조지방은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, soxtec system 1046 (Tacator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다. 오징어부산물물의 지방산은 GC (Gas Chromatography, Thermo finnigan trace GC, USA)를 이용하여 분석하였다.

실험종료 후, 혈액성분 분석을 위하여 실험어를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식시켰다. 실험어를 각 수조당 3마리씩 무작위로 추출한 후 일회용 주사기를 이용하여 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채취하여 원심분리관에 넣고 실온에 30분간 방치한 후 7,800rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장보관하면서 16시간 이내에 분석하였다. 혈청성분은 혈액분석기 CH 100(대광메디텍, 한국)을 이용하여 GOT (glutamate oxaloacetate transaminase), GPT (glutamate pyruvate transaminase)는 Kinetic 방법으로, T-P (total protein), Glucose, Cholesterol는 End-Point 방법을 이용하여 분석하였다.

4. 통계처리

Computer Program Statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul MN. USA)로 분산분석 (ANOVA test)을 실시하여 최소유의차검정 (Least significant difference)으로 평균간의 유의성 (P<0.05)을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

오징어간분말은 순수 오징어 내장과 대두박을 혼합(1:1)한 것으로, 오메가-3 계열의 DHA 및 EPA 함량이 풍부하며, 단백질 함량이 45% 이상이고 아미노산 조성이 양호할. 특히 단백질 이용성이 높으며, 가격이 1톤에 500~800 달러로 어분의 절반수준으로 가격이 싸며 공급이 안정적인 원료이다. 단백질함량은 SLP-A가 52.4%로 SLP-B와 SLP-C 보다 약 1.7% 정도 높았지만, 지질함량은 SLP-A가 10%로 가장 낮았고, SLP-B는 13%, SLP-C는 16%로 가장 높았다. 총 지방산 내 n-HUFA 함량은 지질함량 마찬가지로 SLP-A가 20.0%, SLP-B는 21.2%, SLP-C는 23.0%로 나타났다.

넙치 치어기에 있어서 8주간의 사육시험결과 (<Table 4>), 증체율 및 일간성장률에서 SLP-C 10% 실험구를 제외하고는 대조구인 어분구와 유의적인 차이가 없었다. 사료효율 및 단백질 전환 효율에서는 SLP-A 5%와 SLP-B 5% 실험구가 오

<Table 4> Growth performance of juvenile olive flounder fed eight experimental diets for 8 weeks¹

	Diets							Pooled Com.	SEM
	FM	SLP -A5	SLP -A10	SLP -B5	SLP -B10	SLP -C5	SLP -C10		
Initial wt. (g/fish)	22.7	22.6	22.6	22.7	22.8	22.7	22.8	22.9	0.08
Final wt. (g/fish)	67.6 ^a	66.0 ^{ab}	62.9 ^{ab}	70.0 ^a	67.5 ^{ab}	64.2 ^{ab}	59.9 ^b	64.2 ^{ab}	0.92
WG (%) ²	198 ^a	192 ^{ab}	176 ^{ab}	208 ^a	196 ^{ab}	183 ^{ab}	162 ^b	184 ^{ab}	4.02
SGR (%) ³	1.95 ^a	1.91 ^{ab}	1.81 ^{ab}	2.00 ^a	1.93 ^{ab}	1.85 ^{ab}	1.72 ^b	1.86 ^{ab}	0.02
FE (%) ⁴	131 ^{bc}	146 ^a	129 ^{bc}	146 ^a	132 ^{bc}	126 ^c	123 ^c	139 ^{ab}	1.93
PER ⁵	2.40 ^{bc}	2.75 ^a	2.50 ^{bc}	2.80 ^a	2.55 ^b	2.34 ^c	2.35 ^c	2.55 ^b	0.04
CF ⁶	0.95	0.97	0.91	0.94	0.99	0.93	0.96	0.95	0.01
HSI ⁷	1.09	1.21	1.14	1.02	1.17	1.11	1.20	1.23	0.04

¹Values (mean of two replications) in each row with a different superscript are significantly different (P<0.05).

²(Final body weight - initial body weight)×100/initial body weight.

³[(log_e final weight - log_e initial weight)/days] ×100.

⁴Fish wet weight gain × 100/feed intake (dry matter).

⁵Fish wet weight gain × 100/protein intake.

⁶[fish wt. (g) / fish length (cm)³] × 100.

⁷(liver wt.(g) / body wt.(g) × 100.

히려 어분구보다 유의적으로 높게 나타났으며, 다른 실험구에서는 어분구와 유의적인 차이가 없었다. 간중량지수와 비만도는 어류의 일반적인 건강상태를 나타내는 평가항목으로 이용되고 있다. 본 실험에서 간중량지수와 비만도의 경우 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 사료종류에 따라 건강상태에는 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다. 이러한 결과로 볼 때, SLP-A와 SLP-B는 10%까지, SLP-C는 5%까지 넙치 치어 사료내 어분을 대체할 수 있을 것으로 판단된다. 특히, 가장 우수한 성장결과를 보인 SLP-B에 대해서는 10% 이상 첨가가능성에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 본 실험의 결과인 사료내 10% 대체수준은 탈피대두박으로 20%(Lim et al., 2004), 콘글루텐밀 40%(Kikuchi et al., 1999), 우모분 40%(Kikuchi et al., 1994), 육분 60%(Sato and Kikuchi, 1997), 육골분 20%(Kikuchi, 1997) 대체수준 보다는 낮게 나타났다. 하지만, 상기 사용된 오징어간분말은 이러한 사료원에 비해 DHA 및 EPA의 불포화지방산 함량이 높아 추가적으로 어유를 보충해 줄 필요가 없는 장점이 있다. 또한, 단백질 소화율이 90% 이상으로, 대두박의 82%, 옥수수밀의 75%, 육분의 72%보다 높은 이용성을 보이기 때문에(Choi et al., 2004) 실제 산업에 적용시 효과가 높을 것으로 예상된다.

넙치 전어체 성분 결과(<Table 5>), 사료구별로 수분, 단백질, 지질, 회분함량에 유의적인 차이가 나타나지 않았기 때문에, 넙치 및 조피볼락의 상품성은 오징어 부산물의 첨가에 의해 영향을 받지 않는 것으로 판단된다. 이러한 결과는 넙치(Choi et al., 2004) 및 조피볼락(Lim et al., 2004)의 대두박 어분대체 연구에서와 유사하게 나타났다. 혈청성분 결과(Table 6), GOT, GPT, 총단백질, 콜레스테롤, 글루코오스에서 어분구, SLP 첨가구, 상업사료구에서 모두 유의적인 차이가 나타나지 않은 것으로 볼 때, 오징어간분으로 어분을 10%까지 대체하더라도 어류의 건강상태에는 영

향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 일반적으로 GOT와 GPT는 생체내에서 당, 지질, 단백질 대사에 관여하는 효소로서, 간, 심장 및 근육 등의 조직 손상의 지표로 사용하며, 대개 간에 장애가 있을 경우 그 값이 증가한다(Gordon, 1968). 체내 지질대사의 척도를 나타내는 Total cholesterol과 Glucose는 어체의 대사가 원활할 때, 그 값이 감소한다고 보고되고 있다(Gordon, 1968).

<Table 5> Whole body composition of olive flounder fed experimental diets for 8 weeks¹

	Diets								Pooled SEM
	FM	SLP -A5	SLP -A10	SLP -B5	SLP -B10	SLP -C5	SLP -C10	Co m.	
Moisture (%)	76.7	77.0	77.3	77.2	76.8	76.5	75.8	76.8	0.30
Crude protein(%)	17.4	17.5	17.8	17.6	17.4	17.8	17.4	17.6	0.11
Crude lipid (%)	1.49	1.34	1.39	1.57	1.47	1.51	1.50	1.48	0.09
Crude ash(%)	3.89	4.06	3.81	3.74	3.72	4.01	3.59	3.84	0.21

¹Values (mean±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

<Table 6> Serological characteristics of olive flounder fed experimental diets for 8 weeks¹

	Diets								Pooled SEM
	FM	SLP -A5	SLP -A10	SLP -B5	SLP -B10	SLP -C5	SLP -C10	Co m.	
GOT (IU/l ¹)	15.718	15.7	15.0	15.0	18.3	17.7	16.7	15.0	0.65
GPT (IU/l)	7.677	7.00	7.33	7.00	8.00	7.33	7.33	7.33	0.29
TP (g/dl)	4.364	3.0	4.40	4.33	4.27	4.53	4.20	4.33	0.05
T-Chol (mg/dl)	214	216	241	234	227	237	232	212	0.93
Glucose (g/dl)	25.026	26.7	27.3	28.0	29.3	28.0	29.0	28.7	4.42

¹Values are means pooled SEM from triplicate groups of three pooled blood. Means in each row with a different superscript are significantly different (P < 0.05).

따라서, 넙치 치어에 있어 새롭게 개발된 오징어간분말은 10%까지 대체하더라도 경제성 및 산업적인 측면에서 이용 가능할 것으로 사료되며, 특히 넙치에 있어서는 SLP-B가 앞으로 좋은 단백질원이 될 것으로 기대된다.

참고 문헌

- AOAC(1990). Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298.
- Belal, I.E.H. · H. Assem(1995). Substitution of soybean meal and oil for fish meal in practical diets fed to channel catfish, *Ictalurus punctatus*(Rafinesque) : effects on body composition. *Aquaculture Research*, 26. 141~145.
- Choi, Se-Min · X.J. Wang · G.J. Park · S.R. Lim · K.W. Kim · S.C. Bai · I.S. Shin(2004). Dietary dehulled soybean meal as a replacement for fish meal in fingerling and growing olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture research*, 35. 410~418.
- Fowler, L.G.(1990). Feather meal as a dietary protein source during parr-smolt transformation in fall chinook salmon. *Aquaculture*, 89. 301~314.
- Gallagher, M.L. · G. Degani(1988). Poultry meal and poultry oil as sources of protein and lipid in the diet of European eels (*Anguilla anguilla*). *Aquaculture*, 73. 177~187.
- Gordon, R.B.(1968). Distribution of transaminase (Aminotransferases) in the tissues of the pacific salmon, with emphasis on the properties and diagnostic use of glutamic oxaloacetic transaminase. *Journal of fish. Res. Bd. Can.*, 25. 1247~1268.
- Kaushik, S.J.(1995). Nutrient requirement, supply and utilization in the context of carp culture. *Aquaculture*, 129. 225~241.
- Kikuchi K.(1997). Use of Meat and Bone Meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder. *Fisheries science*, 63(1). 29~32.
- Kikuchi, K.(1999). Partial replacement of fish meal with corn gluten meal in diets for Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 30. 357~363.
- Kikuchi, K · H. Honda · M. Kiyono(1994). Utilization of feather meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder. *Fisheries Sci.*, 60. 203~306.
- Kim, K.W.(2001). Evaluation of the optimum dietary protein to energy ratio of olive flounder, Korean rockfish and parrot fish. Ph. D. thesis, Pukyong National University, Busan, Rep. of Korea, 123.
- Kim, K.W. · M.G. Kwon · K.D. Kim · M.H. Son · M.A. Park · S.K. Kim(2010). Effects of Extruded Pellet on Growth and Health Parameters in Farm Cultured Olive Flounder *Paralichthys Olivaceus*. *Jour. Fish. Mar. Sci. Edu.*, 22(4). 529~536.
- Kim, K.W. · S.B. Heo · K.D. Kim · M.H. Son · M.W. Park · S.C. Bai(2009b). A commercial farm feeding trial to evaluate the laboratory formulated extruded pellet for olive flounder in the East Sea. *Jour. Fish. Mar. Sci. Edu.*, 21(4). 556~561.
- Kim, K.W. · S.B. Heo · K.D. Kim · M.H. Son · S.K. Kim · M.W. Park · S.C. Bai(2009a). Evaluation of the improving extruded pellet for juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *Jour. Fish. Mar. Sci. Edu.*, 21(4). 562~567.
- Lim, S.R. · S.M. Choi · X.J. Wang · K.W. Kim · I.S. Shin · T.S. Min · S.C. Bai(2004). Effects of dehulled soybean meal as a fish meal replacer in diets for fingerling and growing Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Aquaculture*, 231. 457~468.
- Luzier, J.M. · R.C. Summerfelt · H.G. Ketola (1995). Partial replacement of fish meal with spray-dried blood powder to reduce phosphorus concentrations in diets for juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*(Walbaum). *Aquaculture Res.*, 26. 577~587.
- Pongmaneerat, J. · T. Watanabe · T. Takeuchi · S. Satoh(1993). Use of different protein meals as partial or total substitution for fish meal in carp diets. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59. 1249~1257.
- Sato, T. · Kikuchi, K.(1997). Meat meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder, *Fisheries Science*, 63. 877~880.
- Son, M.G. · M.W. Park · K.W. Kim · K.D. Kim · S.K. Kim(2010). Status of the ablone aquaculture for optimal rearing technique in

- marine net cage. Jour. Fish. Mar. Sci. Edu., 22(3). 362~373.
- Takii, K · S. Shimeno · M. Nakamura · Y. Itoh · A. Obatake · H. Kumai · M. Tekeda(1989). Evaluation of soy protein as a partial substitute for fish meal protein partical diet for yellowtail. In M. Takeda and T. Watanabe(editors), The current status of fish nutrition in aquaculture, The Proceedings of the Third International Symposium fo Feeding and Nutrition in Fish, Aug. 28-Sep. 1., 1989, Toba, Japan, 281~288.
- Webster, C.D. · D.H. Yancey · J.H. Tidwell(1992). Effect of partially or totally replacing fish meal with soybean meal on growth of blue catfish(*Ictalurus furcatus*). Aquaculture, 103. 141~152.
-
- 논문접수일 : 2011년 06월 15일
 - 심사완료일 : 1차 - 2011년 07월 18일
 - 게재확정일 : 2011년 08월 05일