

돌돔사료의 대체 단백질원으로서 육분, 혈분 및 대두박의 효과

강용진 · 이상민* · 양상근 · 배승철**

국립수산진흥원

*강릉대학교 해양생명공학부

**부경대학교 양식학과

Effects of Meat Meal, Blood Meal or Soybean Meal as a Dietary Protein Source Replacing Fish Meal in Parrot Fish, *Oplegnathus fasciatus*

Yong Jin Kang, Sang-Min Lee*, Sang Geun Yang and Sungchul C. Bai**

National Fisheries Research & Development Institute, Pusan 619-900, Korea

*Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

**Dept. of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

A feeding trial was conducted to evaluate dietary protein sources replacing fish meal for parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. A control diet with white fish meal as a protein source was included. White fish meal in the isonitrogenous diet was replaced with each of 22% meat meal, 17% blood meal, or 31% soybean meal. Triplicate groups of 25 fish initially averaging 26 g were fed four experimental diets for 7 weeks in a flow-through tank system. Weight gain and feed efficiency in fish fed diet containing 17% blood meal (this diet also contained 45% white fish meal) were not significantly different from those in fish fed the control diet ($P>0.05$). Fish fed diet containing 22% meat meal had lower weight gain and feed efficiency than those of fish fed the control diet ($P<0.05$). Weight gain of fish fed diet containing 31% soybean meal was not different from that of fish fed the control diet, but feed efficiency of fish fed the diet was lower than that of fish fed the control diet.

Key words : Protein sources, Meat meal, Blood meal, Soybean meal, Parrot fish

서론

돌돔, *Oplegnathus fasciatus*은 우리나라 연안에 서식하는 고급 어종으로 대량 종묘생산 기술이 확립되면서(황 등, 1998) 유망한 양식어종으로 부상하고 있다. 이 종은 저수온에서 성장이 늦은 단점이 있지만(Kumai, 1984), 빛 또는 수온으로 산란 시기를 조절하여 종묘생산 시기의 제어가 가능하기 때문에, 저수온기인 겨울에 종묘생산을 하여 고수온기인 봄부터 가을까지 양성을 하는 방법들

이 개발되고 있다(황, 1997). 그러나 돌돔은 성장 속도가 넙치나 조피볼락에 비해 다소 늦고, 사육 기술이 확립되지 않아 양식 생산량은 매우 낮은 실정이다. 대상어류를 양식종으로 발전시키기 위하여는 적정 사료의 개발 등 양식에 소요되는 비용 절감에 대한 연구가 수행되어야 한다. 그래서 Kang et al.(1998)은 돌돔의 단백질 요구량은 46% 이고 이때 적정 지질 함량은 16%라는 것을 구명하였다. 사료를 개발하기 위하여는 먼저 그 어종에 알맞는 영양소 요구량을 구명하고, 각 영양소

의 사료 원료는 어떤 종류를 선택할 것인가에 대하여도 실험을 통하여 밝혀내야 한다. 이렇게 얻어진 기초자료를 이용하여 어류는 최대 성장을 하고, 사료 원가가 최소화 되도록 사료배합을 해야 할 것이다.

양어사료의 단백질원으로는 어분, 혈분, 우모분, 육분, 육골분, 피혁분 등의 동물성 단백질원과 대두박, 콘글루텐밀, 면실박, 채종박 등의 식물성 단백질원이 이용된다(NRC, 1993). 그러나 아직까지도 해산어용 배합사료의 단백질원으로는 어분을 주로 사용하고 있으나, 어분 생산량은 감소하고 수요는 증가함에 따라, 가격이 급격히 상승하고 물량도 부족한 추세이다(McCoy, 1990 ; Rodriguez-Serna et al., 1996). 이러한 문제를 해결하기 위하여 어분 대체품의 개발이나(배 등, 1997), 상술한 동물성 및 식물성 단백질원들의 어분 대체원으로서 효과에 대한 연구가 어종별로 활발히 수행되고 있다(Shimeno et al., 1993 ; Lee et al., 1996 ; Bai et al., 1997 ; Lee and Lee, 1998).

본 연구에서는 돌돔 양식용 경제적인 배합사료를 개발하기 위하여 사료의 단백질원 중 값비싼 어분을 대체할 수 있는 대체 단백질원으로 육분, 혈분 및 대두박의 효과에 대해서 검토하였다.

재료 및 방법

실험사료

단백질원으로는 북양어분, 육분, 혈분 및 대두박분을 사용하였으며, 그들의 아미노산 함량은 Table 1에 나타내었다. 실험구는 Table 2와 같이 북양어분을 대조구로 하고 대체 단백질원으로 육분구, 혈분구 및 대두박구를 설정하여 단백질 함량은 47%로 맞추어 4종의 사료를 설계하였다. 지질원으로는 오징어간유 및 대두유를, 탄수화물원은 감자전분을 사용하여 모든 실험사료의 가용에너지가 390 kcal/100 g이 되도록 조절하였으며, 이때 가용에너지는 사료의 단백질, 지질 및 가용성 무질소물을 각각 4.0, 9.0 및 4.0 kcal/g으로 계산하였다(Garling and Wilson, 1976). Vitamin

Table 1. Crude protein (% DM) and essential amino acid composition (% of protein) of the dietary protein sources¹

	WFM	MM	BM	SBM
Crude protein	70.7	81.1	96.4	53.1
Arginine	7.7	8.3	4.3	7.8
Histidine	1.7	1.2	3.3	1.9
Isoleucine	3.7	2.2	0.3	3.7
Leucine	8.1	6.1	14.5	8.1
Lysine	4.9	3.2	6.1	4.1
Methionine	3.2	1.5	0.6	1.2
Cystine	1.1	1.0	0.6	1.4
Phenylalanine	4.4	3.7	8.8	5.5
Tyrosine	3.5	2.1	2.7	3.3
Threonine	4.9	3.3	5.1	4.4
Tryptophan	1.6	0.3	1.0	0.6
Valine	4.1	3.4	6.7	3.7
Total	48.0	36.3	53.8	45.7

¹WFM : White fish meal, MM : Meat meal, BM : Blood meal, SBM : Soybean meal.

premix는 Halver(1957) 처방을, mineral premix는 H-440 premix(NAS, 1973)를 첨가하였다. 이와 같이 배합된 원료들을 잘 혼합하여 분말사료를 제조하고, 분말사료 100 g당 물 40 g을 첨가하여 MP 제조기로 성형하고, -25℃의 냉동고에 보관하면서 사용하였다.

실험어 및 사육관리

국립수산진흥원 남제주시험장에서 인공 종묘 생산하여 배합사료로 사육한 돌돔을 건강하고 크기가 고른 중간어체를 선별하여 실험 시작전 1주간은 실험수조에서 예비 사육한 후 사용하였다. 실험어는 평균체중 26 g의 돌돔을 250 ℓ 원형수조(지름 66 cm, 높이 70 cm)에 처리당 3반복으로 각각 25마리씩 수용하여 7주간 사육실험하였다. 각 수조에 에어스톤을 설치하여 산소를 보충하고, 여과해수를 분당 4 ℓ 로 흘려 주었다. 사육기간중 수온은 17.0~20.4℃로서 저수온기에는 보일러를 이용하여 가온한 물을 흘려주어 조절하였다.

사료는 1일 2회(10:00, 17:00) 반복 공급하였으며, 일요일과 어체측정 전일에는 공급하지 않았

Table 2. Composition (%) of the experimental diets used to evaluate protein sources replacing fishmeal in parrot fish diets

Ingredient	Diets ¹			
	WFM	MM	BM	SBM
White fish meal	69.0	45.0	45.0	45.0
Meat meal		22.0		
Blood meal			17.0	
Soybean meal				31.0
α -potato starch	14.5	15.0	15.0	5.0
Squid liver oil	6.0	7.0	7.0	7.0
Soybean oil	4.5	5.0	5.0	4.5
Vitamin mixture ²	3.0	3.0	3.0	3.0
Mineral mixture ³	3.0	3.0	3.0	3.0
Alpha cellulose	0.0	0.0	5.0	1.5
Nutrient content on a dry matter basis (%)				
Protein	47.1	47.5	47.5	47.5
Lipid	15.4	15.2	15.3	15.2
Ash	22.1	21.7	16.4	18.2
Fiber	0.0	0.0	5.1	3.0
Nitrogen-free extract ⁴	15.4	15.6	15.7	16.1
Available energy (kcal/100g) ⁵	388.6	389.2	390.5	391.2

¹WFM : white fish meal, MM : meat meal, BM : blood meal, SBM : soybean meal.

²Halver (1957). ³H-440 premix NO.5 (mineral) (NAS, 1973).

⁴Calculated by nitrogen-free extract = 100 - (protein + lipid + ash + fiber).

⁵Based on 4 kcal/g protein, 9 kcal/g lipid and 4 kcal/g nitrogen-free extract (Garling and Wilson, 1976).

다. 실험어는 매 2주마다 MS-222 100 ppm에 마취시켜 각 수조에 수용된 실험어 전체무게를 측정하였다. 실험종료시 각 수조에서 20마리를 무작위 채취하여 -25℃에 냉동 보관했다가 비만도, 간체중비 및 내장체중비를 구했으며, 전어체 및 등근육, 간 및 내장의 성분분석용 시료로 사용하였다.

성분분석

실험사료 및 어체의 일반성분 분석에서 수분은 105℃에서 건조하여 함량을 구하는 상압가열 건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소 정량법(N×6.25), 조지방은 ether을 용매로한 soxhlet 추출법, 조섬유는 automatic analyzer(Fibertec, Tecator, Sweden)를 이용하여 분석하였고, 조회분은 550℃에서 태운 후 정량하는 직접 회화법으로 각각 분석하였으며, 가용성 무질소물은 100-(수분+조단백질

+조지방+조섬유+조회분)의 식으로 계산하였다(AOAC, 1990). 아미노산 분석을 위해서 시료를 6N HCl로 110℃ sand bath에서 24시간 가수분해시켰다. 가수분해된 시료는 감압 농축하여 pH 2.2 Na-citrate buffer로써 정용하여 HITACHI Resin #2619 칼럼(2.6×150mm)이 장착된 HITACHI (Model 835-50) 아미노산 자동분석기로 분석하였다.

통계처리

모든 자료는 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하여 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 평균간의 유의성(P<0.05)을 검정하였다.

결 과

사육실험 결과

사육결과 Table 3과 같이 증체율은 대조구인

Table 3. Effects of various protein sources on growth and feed efficiency in parrot fish for 7 weeks¹

	Diets ²				Pooled SEM ⁷
	WFM	MM	BM	SBM	
Initial mean weight(g)	26.3	26.3	26.3	26.3	0.02
Final mean weight(g)	44.9 ^a	40.1 ^b	43.2 ^a	43.9 ^a	0.44
Weight gain(%) ³	69.3 ^a	52.1 ^b	64.4 ^a	67.2 ^a	1.63
Feed efficiency(%) ⁴	69.8 ^a	52.3 ^b	67.3 ^a	55.1 ^b	1.70
Daily feed intake ⁵	1.54 ^{bc}	1.62 ^b	1.48 ^c	1.86 ^a	0.03
Daily protein intake ⁵	0.72 ^{bc}	0.77 ^b	0.70 ^c	0.89 ^a	0.02
Daily lipid intake ⁵	0.24 ^{bc}	0.25 ^b	0.23 ^c	0.28 ^a	0.01
Protein efficiency ratio ⁶	1.48 ^a	1.10 ^b	1.42 ^a	1.16 ^b	0.04

¹Values in the same row not sharing a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

²WFM : white fish meal, MM : meat meal, BM : blood meal, SBM : soybean meal.

³(Final fish weight - initial fish weight) × 100 / initial fish weight.

⁴(Fish weight gain / feed intake in DM basis) × 100.

⁵% of body weight.

⁶Fish weight gain / protein intake.

⁷Pooled standard error of the mean.

북양어분구, 혈분구 및 대두박구가 각각 69.3%, 64.1% 및 67.2%로서 유의적인 차이가 없었으며 ($P > 0.05$), 육분구는 52.1%로서 타 실험구보다 낮았다 ($P < 0.05$). 사료효율은 북양어분구 및 혈분구가 69.8% 및 67.3%로서 육분구 및 대두박구의 52.3% 및 55.1% 보다 높았다. 일간 사료섭취율, 단백질 섭취율 및 지질섭취율은 모두 대두박구가 다른 실험구들보다 높았으며, 북양어분구와 혈분구는 유의차가 없었다. 단백질효율은 사료효율과 같은 경향으로 북양어분구 및 혈분구가 각각 1.48 및 1.42로서 육분구 및 대두박구의 1.10 및 1.16보다 유의하게 높았다. 이상의 결과로부터 혈분은 17% 까지, 대두박은 31% 미만에서 북양어분 대체 단백질원으로 사용이 가능할 것으로 판단된다. 그리고 육분을 22% 대체한 경우에는 성장과 사료효율이 모두 대조구에 비해 유의적으로 낮았으므로 적정 대체량에 대해서는 더 많은 검토가 필요하다.

어체성분

사육실험을 완료한 실험어의 전어체 및 등근육의 성분분석 결과는 Table 4와 같고, 간 및 내장의 성분은 Table 5와 같다. 전어체의 성분에서 단백질 함량은 15.8~16.5%로 실험사료의 단백질원

에 따라 유의적인 차이가 없었다 ($P > 0.05$). 지질은 대두박구가 8.4%로 북양어분구(11.1%) 및 육분구(10.2%)보다 낮았고, 혈분구(9.4%)와는 차이가 없었다. 비만도는 북양어분구가 2.51로 대두박구의 2.26보다 유의하게 높았고 ($P < 0.05$), 육분구(2.42) 및 혈분구(2.37)는 다른 실험구들과 차이가 없었다. 등근육의 성분은 수분, 단백질, 지질 및 회분 모두 실험구에 따라 유의차가 없었다.

간의 성분에서 단백질은 대두박구(9.5%)가 타 실험구들(7.7~8.6%)보다 높았다. 지질은 18.4~20.7%로 실험구들 사이에 차이가 없었다. 간체중비는 대두박구(2.53)가 육분구(3.59) 및 혈분구(3.51)보다 낮았고, 북양어분구(3.02)는 다른 실험구들과 차이가 없었다. 내장의 성분에서 단백질은 8.0~9.2%로 실험구들 간에 유의차가 없었다. 지질은 북양어분구(42.4%) 및 육분구(42.7%)가 대두박구(34.6%)보다 높았고, 혈분구(38.9%)는 서로 간에 유의차가 없었다. 내장체중비는 8.23~8.99로 실험구간에 유의차가 없었다.

고 찰

북양어분은 해산어류에 필요한 필수 아미노산

Table 4. Proximate composition (%) of whole body and dorsal muscle in parrot fish fed the experimental diets containing different protein sources for 7 weeks¹

	Diets ²				Pooled SEM
	WFM	MM	BM	SBM	
Whole body					
Moisture	66.7 ^a	67.7 ^a	67.1 ^a	68.5 ^a	0.21
Protein	15.8 ^a	16.0 ^a	16.5 ^a	16.3 ^a	0.10
Lipid	11.1 ^a	10.2 ^a	9.4 ^{ab}	8.4 ^b	0.27
Ash	4.4 ^a	4.5 ^a	4.9 ^a	4.9 ^a	0.11
Condition factor ³	2.51 ^a	2.42 ^{ab}	2.37 ^{ab}	2.26 ^b	0.03
Dorsal muscle					
Moisture	75.5 ^a	75.3 ^a	75.5 ^a	75.4 ^a	0.10
Protein	19.1 ^a	19.0 ^a	19.4 ^a	19.2 ^a	0.07
Lipid	3.7 ^a	3.7 ^a	3.6 ^a	3.5 ^a	0.07
Ash	1.5 ^a	1.4 ^a	1.4 ^a	1.3 ^a	0.02

¹Values in the same row not sharing a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

²WFM : white fish meal, MM : meat meal, BM : blood meal, SBM : soybean meal.

³(Body weight / total length³) × 100.

Table 5. Proximate composition (%) of the liver and viscera in parrot fish fed the experimental diets containing different protein sources for 7 weeks¹

	Diets ²				Pooled SEM
	WFM	MM	BM	SBM	
Liver					
Moisture	60.7 ^{ab}	59.7 ^{ab}	58.1 ^b	62.7 ^a	0.46
Protein	8.3 ^b	7.7 ^b	8.6 ^b	9.5 ^a	0.19
Lipid	19.2 ^a	18.4 ^a	20.7 ^a	18.4 ^a	0.37
Ash	1.0 ^a	1.0 ^a	0.9 ^a	1.1 ^a	0.02
HSI ³	3.02 ^{ab}	3.59 ^a	3.51 ^a	2.53 ^b	0.11
Viscera					
Moisture	48.3 ^{ab}	44.9 ^b	47.3 ^b	53.6 ^a	0.92
Protein	8.0 ^a	9.2 ^a	9.2 ^a	8.0 ^a	0.26
Lipid	42.4 ^a	42.7 ^a	38.9 ^{ab}	34.6 ^b	1.04
Ash	0.8 ^a	0.9 ^a	0.9 ^a	0.9 ^a	0.02
VSI ⁴	8.23 ^a	8.82 ^a	8.99 ^a	8.72 ^a	0.10

¹Values in the same row not sharing a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

²WFM : white fish meal, MM : meat meal, BM : blood meal, SBM : soybean meal.

³Hepatosomatic index : (liver weight / body weight) × 100.

⁴Viscerasomatic index : (viscera weight / body weight) × 100.

및 지방산 등 영양성분이 고루 함유되어 있고 기호성이 좋기 때문에(NRC, 1993), 양어 사료의 단백질원으로 많이 이용되고 있다. 그러나 어분의 수요증가로 인한 가격 상승으로 양어 사료의 대

체단백원에 대해 꾸준히 연구되고 있다.

이 실험에서 단백질원으로 복양어분 45%에 육분을 22% 첨가한 육분구는 증체율 및 사료효율이 대조구인 복양어분구보다 유의차 있게 낮았다.

Lee et al.(1996)은 육분을 복양어분 대신 5% 및 10% 첨가하여 조피볼락에 대한 사육실험 결과 10%까지 첨가하여도 좋고, 그 이상에 대해서도 검토가 필요하다고 하였다. 본 연구에서 첨가한 22%는 돌돔에 대해 다소 높은 것으로 추정되어 그 이하에 대한 추가적인 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다. 육분은 도살장이나 가공공장에서 생기는 육편, 내장 등 비가식부를 가열처리한 후 압착해서 지방을 제거하고 고형분을 건조 분쇄한 것으로서 필수아미노산중 methionine + cystine, lysine 및 tryptophan은 복양어분에 비해 다소 낮은 편이지만(Table 1), 조단백질 함량은 81.1%로 매우 높다. 따라서 어종에 따라서 적정 첨가량에 대한 실험을 거친다면 좋은 대체 단백질원으로 이용이 가능할 것이다.

Lee et al.(1996)은 조피볼락 사료에 어분 대체 원으로서 혈분을 10%까지 첨가할 수 있다고 보고했고, Bai and Kim(1997)은 혈분을 26.6% 첨가하여 조피볼락에 대한 사육실험을 한 결과 복양어분구보다는 사육성적이 못했지만, 첨가량을 적절히 조절하면 우수한 대체 단백질원이 될 수 있다고 보고했다. 또 담수어인 무지개송어에서는 단백질 기준으로 어분의 65%까지 대체가 가능하고(Luzier and Summerfelt, 1995), 잉어에서도 혈분 단백질이 어분의 100%까지 대체가 가능한(Song et al., 1995) 것으로 보고되어 있다. 혈분은 육가공시 생기는 가축의 혈액을 가열 응고시켜 수분을 제거한 후 건조하여 분말로 만든 것으로서 조단백질 함량이 90% 이상이고, 필수아미노산중 arginine, isoleucine, methionine+cystine 함량은 낮지만, leucine, lysine, phenylalaine, tryptophan 및 valine의 함량이 높아서, 다른 원료와 혼합하여 사용하면 좋은 사료원이 될 것이다. 본 연구에서 혈분을 17% 첨가한 혈분구의 증체율 및 사료효율이 복양어분구와 유의차가 없어서(Table 3), 돌돔에서도 17%까지 첨가하면 혈분은 어분의 동물성 대체 단백질원으로 좋은 원료라 기대된다.

한편 복양어분 45%에 식물성 단백질원인 대두박을 31% 첨가한 대두박구는 증체율에서는 복양

어분구와 유의차가 없었으나, 사료효율은 유의차 있게 낮았다. 대두박의 어분 대체원으로서의 이용성에 대한 연구결과를 보면 해산어인 경우 방어(Lee et al., 1991 ; Shimeno et al., 1993)에서는 30%까지 첨가하여 어분을 약 20%까지, red drum(Reigh and Ellis, 1992)에서는 어분을 26%까지 대체하는 것이 경제적이다 하였고, 조피볼락(Lee et al., 1996)은 대두박의 이용성이 다소 낮아 10%까지 첨가하는 것이 적절하다고 보고되어 있다. 본 실험에서 첨가한 대두박 31%는 단백질 기준으로 복양어분을 35% 대체한 양으로서 사육실험 결과 사료효율이 낮았기 때문에 다소 높게 첨가한 것으로 생각되며, 이 이하에서 적정 첨가량에 대한 실험을 거친다면 좋은 대체 단백질원이 될 것이다. 대두박에는 trypsin inhibitor와 같은 영양 저해요소가 함유되어 있어 단백질의 이용성을 감소시킬 수 있을 뿐 아니라 methionine이나 lysine 같은 필수 아미노산이 어분에 비해 낮게 함유되어 있으며, 대두박 중의 인은 phytic acid에 결합되어 있어 그 이용성이 낮은 편이다(NRC, 1993). 이러한 단점들을 보완하기 위하여 여러 학자들이 연구하고 있는데, 열에 약한 trypsin inhibitor를 파괴시키기 위하여 대두박을 적당히 열처리하여 성장효과를 개선할 수 있다고 보고하였고(Wilson and Poe, 1985 ; Viola et al., 1983), 대두박에 부족한 methionine 같은 아미노산이나 인을 사료에 보충하여 성장을 개선시키는 연구도 수행되고 있다(Murai et al., 1982 ; Shiau et al., 1988). 본 연구에 사용한 대두박은 탈지 압착하고 가열 처리되어 상품화 된 것이기 때문에 trypsin inhibitor가 제거되었을 것으로 추정되며, 이 외의 요인인 필수아미노산 조성, 소화율 등에 대해서는 앞으로 검토해야할 과제이다.

이와 같이 돌돔 사료의 어분 대체 단백질원으로 육분, 혈분 및 대두박의 이용성이 비교적 높은 것으로 판단되며, 이 외의 단백질원에 대하여도 더 많은 연구가 필요하고, 조피볼락(Lee et al., 1996 ; Kim and Bai, 1997)에서와 같이 여러 가지 단백원을 혼합 첨가하여 영양적인 균형과 경제적

인 사료 설계가 되도록 다각적인 검토가 필요하다고 생각된다.

요 약

돌돔사료의 대체 단백질원을 평가하기 위하여 북양어분을 24% 줄이고 대신 육분 22%, 혈분 17% 및 대두박 31%를 첨가한 4종의 실험사료를 제조하고, 평균체중 26 g의 돌돔을 대상으로 7주간 사육실험하였다. 육분 22% 첨가구는 증체율 및 사료효율에서 대조구인 북양어분구보다 낮았다 ($P < 0.05$). 혈분 17% 첨가구는 증체율 및 사료효율에서 북양어분구와 차이가 없었고 ($P > 0.05$), 대두박 31% 첨가구의 증체율은 북양어분구와 차이가 없었지만 사료효율은 낮았다. 단백질 효율은 북양어분구 및 혈분구가 육분구 및 대두박구보다 높았다. 어체 성분은 전어체의 지질만 대두박구에서 낮았을 뿐, 실험사료의 단백질원에 따라 뚜렷한 차이는 없었다. 따라서 북양어분 대신 혈분은 17%까지 첨가가 가능하였고, 대두박 및 육분은 각각 31% 및 22% 미만에서 검토가 필요하였다.

참 고 문 헌

- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298 pp.
- Bai, S. C. and K. W. Kim, 1997. Effects of dietary animal protein sources on growth and body composition in Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Aquacult. 10 : 77-885. (in Korean with English abstract).
- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11 : 1-42.
- Garling, D. L. Jr. and R. P. Wilson, 1976. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. J. Nutr., 106 : 1368-1375.
- Halver, J. E., 1957. Nutrition of salmonid fishes. III. Water-soluble vitamin requirements of chinook salmon. J. Nutr. 62 : 225-243.
- Kang, Y. J., S. M. Lee, H. K. Hwang and S. C. Bai, 1998. Optimum dietary protein and lipid levels on growth in parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). J. Aquacult., 11 : 1-10. (in Korean with English abstract).
- Kim, K. W. and S. C. Bai, 1997. Fishmeal analog as a dietary protein source in Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. J. Aquacult., 10 : 143-151. (in Korean with English abstract).
- Kumai, H., 1984. Biological studies on culture of the Japanese parrot fish, *Oplegnathus fasciatus* (Temminck et Schlegel). Bull. fish. Lab. Kinki Univ., No. 2, 127 pp.
- Lee, S. M., Y. J. Kang and J. Y. Lee, 1991. The effect of soybean meal as a partial replacement for white fish meal in diet for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 45 : 247-257. (in Korean with English abstract).
- Lee, J. Y., Y. J. Kang, S. M. Lee and I. B. Kim, 1993. Protein requirements of the Korean rockfish *Sebastes Schlegeli*. J. Aquacult., 6 : 13-27. (in Korean with English abstract).
- Lee, S. M., J. H. Yoo and J. Y. Lee, 1996. The use of soybean meal, corn gluten meal, meat meal, meat and bone meal, or blood meal as a dietary protein source replacing fish meal in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). Kor. J. Anim. Nutr. Feed., 20 : 21-30. (in Korean with English abstract).
- Lee, J. K., and S. M. Lee, 1998. Evaluation of soybean meal or feather meal as a partial substitute for fish meal in formulated diets for Fat cod (*Hexagrammos otakii* Tordan et Starks). J. Aquacult., 11 : 13-27. (in Korean with English abstract).
- Luzier, J. M. and R. C. Summerfelt, 1995. Partial replacement of fish meal with spray-dried blood powder to reduce phosphorus concentration in diets for juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (walbaum). Aquacult. Res., 26 : 577-587.
- McCoy, H. D. II, 1990. Fishmeal - The critical ingredient in aquaculture feeds. Aquacult. Mag., 16(2) : 43-50.
- Murai, T., H. Ogata, and T. Nose, 1982. Methionine coated with various materials supplemented to soybean meal diet for fingerling carp *Cyprinus carpio* and channel catfish *Ictalurus punctatus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48 : 85-88.

- NAS (National Academy of Sciences), 1973. Nutrient requirements of trout, salmon and catfish. NAS, Washington, D. C. 50 pp.
- NRC (National Research Council), 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Acad. Press, Washington, D.C. 114 pp.
- Reigh, R. C. and S. C. Ellis, 1992. Effects of dietary soybean and fish-protein ratios on growth and body composition of red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed isonitrogenous diets. *Aquaculture*, 104 : 279-292.
- Rodriguez-Serna, M., M. A. Olvera-Novoa and Carmona-Osaldade, 1996. Nutritional value of animal by-product meal in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fry. *Aquacult. Res.*, 27 : 67-73.
- Shiau, S. Y., B. S. Pan, S. Chen, H. L. Yu and S. L. Lin, 1988. Successful use of soybean meal with a methionine supplement to replace fish meal in diets fed to milkfish *Chanos chanos* Forskal. *J. World Aquacult. Soc.* 19 : 14-19.
- Shimeno, S., T. Mima, T. Imanaga and K. Tomaru, 1993. Inclusion of combination of defatted soybean meal, meat meal and corn gluten meal to yellowtail diet. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59 : 1889-1895.
- Song, M. H., K. J. Lee and S. C. Bai, 1995. Effects of dietary blood meal as a protein source in growing common carp (*Cyprinus carpio*). *J. Aquacult.*, 8 : 343-354. (in Korean with English abstract).
- Viola, S., S. Mokady and Y. Arieli, 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 32 : 27-28.
- 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.
- 황형규, 1977. 해산어류의 신제품 양식개발 전망과 대처방안. 한국양식 학회 현장세미나요지집. p.7-8.
- 황형규 · 강용진 · 김성철 · 양상근, 1998. 돌돔 종묘 생산. 1997 남해수연사업보고 : 478-482.
- 배승철 · 류홍수의 21인, 1997. 양어사료의 어분대체품 개발. 해양수산부. 223 pp.