

경제적인 조피볼락용 배합사료 설계 및 평가

이상민 · 전임기 · 이창국 · 임치원 · 김태진 · 민진기

국립수산진흥원

Evaluation of Economical Feed Formulations for Korean Rockfish (*Sebastes schlegeli*)

Sang-Min Lee, Im-Gi Jeon, Chang-Kook Lee,
Chi-Won Im, Tae Jin Kim, and Jin Gi Min

National Fisheries Research and Development Agency, Pusan 619-900, Korea

A 15-week growth trial was conducted to evaluate the economical feed formulations for Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). Three replicate groups of fish averaging 33 g were fed one of 8 isoproteic (49%) and isolipidic (8%) diets containing various practical ingredients such as fish meal, meat meal, feather meal, blood meal, soybean meal, corn gluten meal, and wheat flour with or without supplemental essential amino acids. A control diet with white fish meal and brown fish meal as the only protein sources was included. Practical ingredients were substituted from 40% up to 65% for portions of the fish meals in the control diet. Essential amino acids (EAA) were added to the diets for balancing EAA composition of each dietary protein source. In addition, these experimental diets were compared with raw fish-based moist pellet containing 50% frozen horse mackerel and 50% commercial binder meal.

Results indicated that animal and plant protein sources could substitute for fish meal up to 55% in diet without any adverse effects on growth and chemical composition of fish. Fish growth, body composition, nutrient utilization, and cost of fish production are discussed in relation to nutritional values of the dietary protein sources.

Key words : Rockfish, Economical feeds, Protein sources, Amino acids, Feed cost

서 론

우리 나라 해산어 양식 생산량 중 넙치 다음으로 2위를 차지하는 조피볼락은 저온에 강하고(이 등, 1993f), 딱딱한 형태의 건조사료도 생사료 못지 않게 잘 받아먹고 성장하여(이·전, 1996b), 양식종으로 개발 가치가 매우 높은 것으로 생각된다. 하지만 현재 조피볼락을 양식하고 있는 양어가

들은 주로 냉동 전갱이, 까나리와 같은 생사료 위주의 먹이를 공급하고 있어, 병원균의 전염, 영양성 질병, 수질오염, 경제적 손실 등의 많은 불이익을 당하고 있을 뿐 아니라 연안 자원이 계속 감소될 것으로 예상되어 많은 문제점이 시사되고 있다. 따라서 조피볼락 양식 산업의 발전을 위해서는 하루 빨리 이 종에 적합한 경제적인 사료의 개발이 시급한 실정이다.

본 연구는 해양수산부 수산특정연구개발사업의 연구비로 수행되었음.

그 동안 조피볼락용 배합사료 개발을 위해, 조피볼락의 영양요구(단백질, 지질과 필수지방산, 에너지/단백질 비, 탄수화물)에 관한 연구(이 등, 1993a,b,c,d,e; 이, 1994; 이·이, 1994; Lee et al., 1994) 결과들을 바탕으로 조피볼락의 성장 패턴 및 대조사료의 효과(이 등, 1995a,b), 조피볼락 사료의 어분 평가(이 등, 1996a) 및 대체단백질원의 이용성(이 등, 1996b; 이·전, 1996a; 이·류, 1996)에 대해 연구되어 왔다. 이러한 일련의 연구는 조피볼락이 요구하는 영양소가 사료에 균형있게 배합되고, 이용 가능한 값싼 원료를 최대한 첨가하여 경제적인 배합사료를 개발하는데 기초적인 자료가 되고 있다. 또한, 이 등(1996b)과 이·전(1996a)은 그들의 실험에서 여러 가지의 원료를 혼합하여 첨가하는 것이 대체단백질원을 단독으로 첨가하는 것보다 더 효율적으로 어분을 대체할 수 있다고 하였다. 계속해서 이 등(1996c)과 이·이(1996)는 값싼 배합사료 개발을 위하여 어체 크기와 사료 단백질원의 필수 아미노산 조성을 고려하여 식물성 및 동물성 단백질원의 혼합 첨가효과를 조사하였는데, 이 등(1996c)은 평균체중 114 g의 조피볼락을 대상으로 대체단백질원 혼합 첨가를 조사하여 어분을 50%까지 대체할 수 있다고 보고하였고, 이·이(1996)는 4.7 g의 조피볼락 치어를 대상으로 혼합 대체 효과를 실험하여 40~45%까지 어분을 대체할 수 있을 것으로 발표하였다. 이들 실험 결과를 바탕으로, 본 실험에서는 조피볼락의 보다 경제적인 배합사료를 개발하기 위해 육분, 우모분, 혈분, 대두박 및 콘글루텐 밀 혼합물로 어분을 40~65%까지 대체한 실험사료를 설계하여 그 효능을 조사하였다.

재료 및 방법

실험사료

실험사료의 대조구(Table 1)는 이·이(1996)의 실험에서 성장, 사료효율, 영양소이용율 및 사료단가면에서 좋은 결과를 보였던 사료 13(북

양어분 15% + 갈색어분 15%)을 기준으로 단백질원을 북양어분 간접식(간접식 건조: steam dry, 고려원양 개척호) 29%와 갈색어분(폐루산) 29% 첨가구로 하였다. 실험사료(사료 2~7)의 어분 대체는 이·이(1996)의 실험에서 효과가 좋았던 사료, 즉 사료 2, 6, 8과 13을 각각 참고로 하고, 어체크기 등을 고려하여 대두박, 콘글루텐 밀, 육분, 혈분, 우모분, 소맥분을 각각 다른 비율로 첨가함으로써 대조구의 북양어분과 갈색어분을 40~65% 대체한 사료 6종류를 설계하였다. 또한, 실험 배합사료와 양어들이 선호하고 있는 생사료를 비교하기 위해 생사료와 분말사료를 혼합한 raw fish-based moist pellet (RMP) 구를 선정하여 총 8종류의 실험사료를 설계, 제조하였다. RMP 사료를 제외한 모든 사료의 단백질 함량은 49%, 지질 함량은 8% 전후가 되도록 조정하였고, 그 외는 Lee and Lee (1994a)의 연구 결과에 따라 조피볼락의 필수 영양소 요구량을 충족시켜 주었다. 사료원료 중 대두박과 콘글루텐 밀은 0.25~0.5 mm screen이 부착된 분쇄기로 분쇄한 후 사료에 첨가하였다. 사료비의 산정은 1994년 원료 가격을 기준으로 하였고, vitamin과 mineral에 소요되는 비용과 사료제조 비용 및 보관 경비 등은 제외하였다.

실험어 및 사육관리

실험어는 1994년 거제산 치어를 2 ton 수조에 수용하여 이 등(1996c)에서와 같은 방법으로 예비 사육하다가 건강하고 고른 크기의 어체(33 g 전후)를 20마리씩 선별하여 42 l 플라스틱 수조에 실험 사료별로 각각 3반복으로 수용하여 15주간 사육하였다. 먹이는 실험 시작 1개월간은 42 l 수조에서 1일 2회 만복 급여하다가 그 후에는 100 l FRP 수조로 이동시켜 1일 1회 만복 급여하였다. 어체측정은 5~10주 간격으로 이 등(1996c)의 실험에서와 동일한 방법으로 측정하였다. 실험수조마다 여과된 해수를 실험 개시 후 1개월간(42 l 수조 수용시)은 3 l/min, 그 후

Table 1. Composition (%) of the experimental diets

Ingredients	Diets							
	1	2	3	4	5	6	7	RMP ⁵
White fish meal	29.0	15.0	17.0	12.5	12.5	12.5	10.0	
Brown fish meal	29.0	15.0	17.0	12.5	12.5	12.5	10.0	
Soybean meal		4.0	5.0	8.0	8.0	10.0	4.0	
Corn gluten meal		4.0			8.0	10.0	4.0	
Meat meal		10.0	13.0	15.0	10.0	15.0	15.0	
Blood meal		3.0			2.0		3.0	
Feather meal		5.0	5.0	9.0	5.0		10.0	
Wheat flour	23.8	28.8	28.8	27.7	27.8	25.8	29.8	
Yeast	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Squid liver oil	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
Vitamin premix ¹	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Mineral premix ²	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
Sodium alginate	4.0							
Lysine		0.5		0.7				
Methionine		0.5		0.2				
Tryptophan				0.2				
Enzyme mix ³	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
Proximate analysis (% in dry matter basis)								
Crude protein	47.7	50.7	49.1	49.0	46.9	48.1	48.1	52.0
Crude lipid	8.2	7.4	8.1	7.6	7.3	7.6	7.4	9.4
Crude fiber	3.3	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.3	0.0
Crude ash	13.5	9.6	12.2	9.9	10.7	9.3	8.1	13.1
N-free extract	23.4	28.2	26.5	29.4	31.1	31.0	32.1	25.5
Cost per kg (won) ⁴	467	419	389	389	372	365	360	1270

¹Halver (1957).

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

³Kemin Industries, Inc., Singapore.

⁴Cost of ingredients except for prices of vitamin and mineral premixes based on the price in 1994.

⁵Raw fish-based moist pellet, 50% frozen raw fish and 50% commercial binder meal.

부터 실험 종료시 까지(100 l 수조 수용시)는 5 l/min로 조정하여 흘러주었으며, 각 수조마다 약하게 폭기시켜 산소를 공급하였다. 분석용으로 실험 시작시 20마리, 종료시 각 수조에서 10마리씩 추출하여 어체의 일반성분을 분석하였다. 사육기간 중의 수온은 11.4~17.1°C (13.2±1.32°C)였고, 비중은 1.025~1.027 (1.026±0.0004)였다.

성분분석 및 통계처리

사료 및 어체의 일반성분은 AOAC methods (1984)에 따라 분석하였는데, 조단백질(N×6.25)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt)를 사용하여 분석하였고, 조지방은

ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105°C의 dry oven에서 4 시간 동안 건조 후 함량값을 구해 측정하였다. 또한, 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 550°C의 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 정량하였다. Nitrogen free extract (NFE)는 100-(조단백질+조지방+조섬유+조회분)의 식으로 계산하였다. 아미노산분석은 시료를 6 N HCl로 110°C sand bath 상에서 24시간 가수분해시켰다. 가수분해된 시료는 감압농축하여 pH 2.20 Na-citrate buffer로써 정용하여, HITA-CHI Resin # 2619 컬럼(2.6×150mm)을 쓰는 HITACHI Model 835-50 아미노산 자동분석

기로 분석하였다. 결과의 통계처리는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1993) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

성장효과 및 영양소축적효율

각각 다른 비율로 어분을 식물성 및 동물성 원료로 대체한 실험사료로 15주간 3반복으로 사육실험 한 결과, Fig. 1에서와 같이 모든 실험구의 평균체중은 거의 직선적으로 증가되었고, 이 중에서 대조구의 성장속도가 가장 높았으며, 사료 2, 3, 4구 및 RMP구와는 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 또한, 모든 실험구들은 생사료 첨가구인 RMP구와 유의차없이 서로 비슷한 경향이었다($P>0.05$).

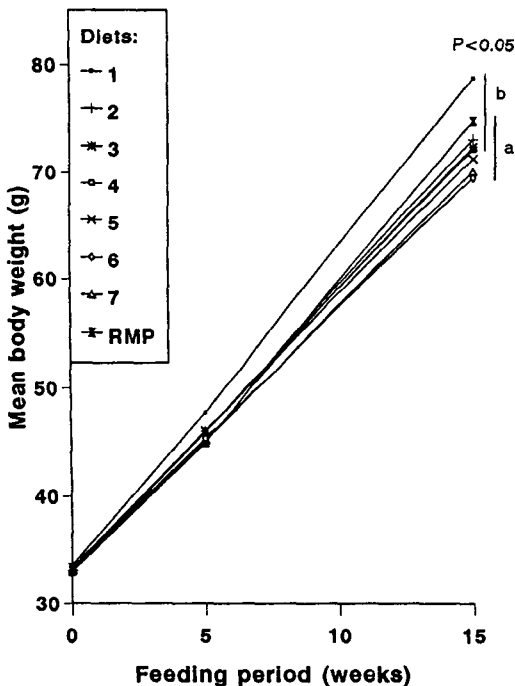


Fig. 1. Growth of Korean rockfish fed the experimental diets.

Fig. 2에 나타낸 바와 같이 증체율도 평균체중의 변화 경향과 비슷하여 사료 2, 3, 4구 및 RMP구가 대조구와 유의차없이 좋은 결과를 보였다($P>0.05$). 반면에 사료효율은 RMP구가 가장 높았고, 다음으로 대조구와 사료 2가 다른 실험구들보다 유의하게 좋았으며, 사료 7이 가장 낮은 결과를 보였다($P<0.05$).

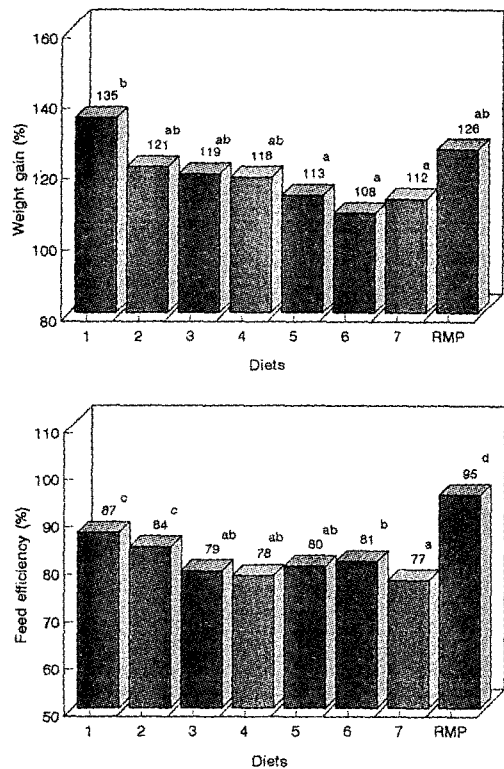


Fig. 2. Weight gain and feed efficiency of fish fed the experimental diets. Values with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

Fig. 3에 표시한 바와 같이 단백질 축적효율은 실험구간에 26~31%로 큰 차이는 없었지만 RMP구가 가장 높았고, 사료 7이 가장 낮았다($P<0.05$). 지질 축적효율은 대조구, 사료 2, 7구가 서로 통계적으로 유의차가 없었으며, 사료 3, 4, 5, 6구와 RMP구가 대조구보다 낮은 값을 보였다($P<0.05$).

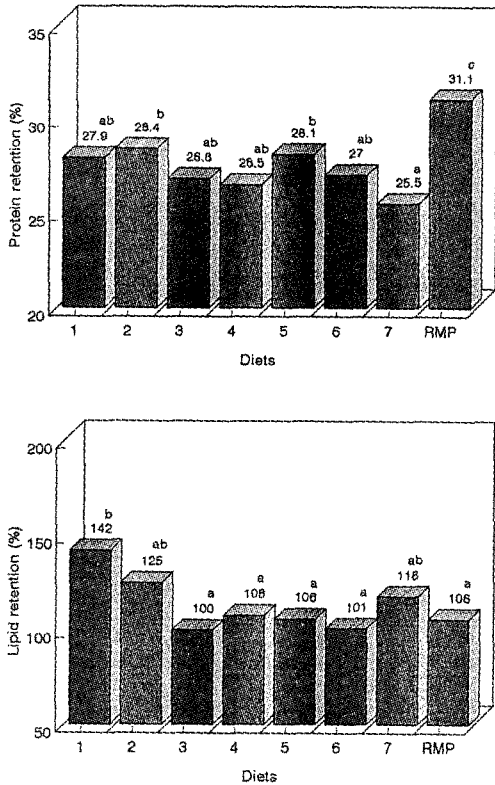


Fig. 3. Protein and lipid retention of the fish fed the experimental diets. Values with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

일반적으로 해산어는 담수어에 비해 단백질 요구량이 높기 때문에 사료에 첨가되는 단백질 원의 원가가 담수어 사료보다 높은 편이며, 사료원가를 낮추기 위해서는 어분을 대체할 수 있는 대체단백질원을 개발하는 연구가 먼저 수행되어야 한다. 이러한 대체단백질원에는 식물성과 동물성 원료가 있으며, 식물성 원료로는 대두박, 콘글루텐 밀, 채종박, 면실박 등이 있고, 동물성으로서는 육분, 육골분, 혈분, 우모분 등이 있지만, 어종마다 기호성이 다르기 때문에 각각의 이용성을 평가하여 사료의 적정 첨가량이 정해져야 한다. 이 중에서 대두박은 담수어용 사료의 어분 대체단백질원으로 가장 많이 연구되고 있는데(Dabrowski and Kozak, 1979; Robinson et al, 19

85; Wee and Shu, 1989), 이는 대두박의 단백질 함량과 아미노산 조성 등 영양성분이 비교적 잘 갖추어져 있을 뿐 아니라(NRC, 1993), 가격이 싸고 공급이 안정적이기 때문이다. 최근에 해산어인 방어(이 등, 1991)와 조피볼락(이 등, 1996b; 이·전, 1996a)에 대해서도 연구되어 있는데, 조피볼락의 경우, 평균체중 10 g 이하의 치어 사료에 10%까지, 어체크기가 커짐에 따라 20 g 이상의 사료에는 20%까지 대두박 첨가가 가능한 것으로 보고되어 있다. 대두박 이외에도 콘글루텐 밀은 15%, 육분, 혈분, 우모분은 각각 10%까지 조피볼락 치어용 사료에 첨가할 수 있는 것으로 이 등(1996b)이 발표하였다. 또한, 이 등(1996b)과 이·전(1996a)은 위와 같은 식물성 및 동물성 단백질원들을 각각 단독으로 사료에 첨가하는 것보다는 단백질원 중에 함유되어 있는 필수아미노산, 미네랄, 비타민 등의 필수 영양성분을 고려하여 여러 가지 단백질원들을 적절히 혼합 첨가하는 것이 어분을 더 효과적으로 대체할 수 있다고 지적하였다. 이는 각 단백질원에 부족한 영양소를 고려하여 단백질원들을 적절히 혼합 첨가함으로써 상호 보완적인 효과를 얻을 수 있기 때문으로 판단된다. 그래서 이 등(1996c)은 100 g 이상의 조피볼락 육성용 사료에 대하여 식물성 및 동물성 단백질원의 혼합 첨가효과를 검토한 결과, 대두박, 콘글루텐 밀, 육분, 혈분, 우모분, 소맥분을 적절히 첨가하면 사료의 주 단백질원인 북양어분을 50% 정도까지 대체 가능한 것으로 보고하였다. 계속하여 이·이(1996)는 어체크기를 고려하여 평균체중 4.7 g의 조피볼락 치어에 대하여 값싼 식물성 및 동물성 원료를 적절히 혼합 첨가한 13종의 실험사료로 사육 실험한 결과, 앞 실험과는 달리 어체크기가 어릴 때에는 사료 단백질원의 종류 및 사료 조성에 따라 성장효과가 아주 민감하게 반응하였지만, 이 시기에도 북양어분을 약 45%까지 대체하는 것이 가능한 것으로 나타났고, 특히 갈색어분이 첨가된 사료의 성장 효과에서 좋은 결과를 보였다고 보고하였다. 이러한 연구들은 비슷한 어체 크기에서 대두박을

단독으로 첨가하는 것보다 혼합 첨가하는 것이 어분을 3~4배정도 더 대체 가능한 것으로 나타나, 이 등(1996c)과 이·이(1996)가 지적하였듯이 대체단백질원들을 혼합하여 첨가하는 것이 대체단백질원을 단독으로 첨가하는 것보다 어분을 더 많이 대체할 수 있음이 분명하다. 그래서 본 실험에서는 이들의 결과를 토대로 단백질원 대체효과를 더 상세히 조사하기 위해 이 등(1996c)의 실험(실험기간중의 평균체중 : 110 g~170 g)과 이·이(1996)의 실험(실험기간중의 평균체중 : 5 g~25 g)의 중간 크기인 어체, 즉, 실험 시작시 평균체중 33 g을 대상으로 사육 실험한 결과, 사료 5~7를 제외한 사료들은 성장 및 증체율에서 대조구와 유의차가 없는 것으로 나타나 30 g 이상의 어체에서는 식물성 및 동물성 원료들을

적절히 혼합하면 어분을 55%까지 무난히 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

앞 실험들(이 등, 1996c ; 이·이, 1996)에서도 언급한 바 있듯이 사료의 단백질의 품질은 그 사료의 필수아미노산(EAA) 균형을 고려하여 평가되기도 하는데(Arai, 1981 ; Ogata et al., 1983 ; Wilson and Poe, 1985), 이 등(1996c) 및 이·이(1996)의 실험에서도 사료의 EAA량 보다는 필수아미노산 비 (A/E ratio), 즉 전체 필수아미노산에 대한 각 필수아미노산 비가 성장효과에 더 상관도가 높다고 하였다. 본 실험의 사료 EAA 조성과 A/E ratio를 Table 2에 표시하였는데, 대조구보다 성장이 낮았던 사료, 즉 사료 5, 6, 7구들의 몇 종류 EAA (Ile, Lys, Met+Cys, Trp)가 대조구나 RMP구보다 대체

Table 2. Essential amino acids and A/E ratio¹ in the experimental diets

Amino acids	Korean rockfish whole body	Diets							
		1	2	3	4	5	6	7	RMP
Amino acids (% in protein)									
Arg	5.6	6.8	6.5	7.1	7.2	6.4	6.5	6.6	6.8
His	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.8	1.7	1.8	2.1
Ile	4.0	3.7	3.1	3.3	3.2	3.1	3.1	2.8	3.6
Leu	6.7	8.1	8.6	7.5	7.4	9.1	8.8	8.4	8.5
Lys	9.2	4.9	4.6	4.2	4.7	3.8	3.6	3.8	4.7
Met+Cys	3.2	3.9	3.8	3.4	3.5	3.3	3.3	3.1	4.0
Phe+Tyr	5.9	7.6	7.7	7.2	7.1	8.0	7.8	7.6	8.3
Thr	3.6	4.8	4.3	4.3	4.2	4.1	4.0	4.1	4.8
Trp	1.2	1.4	1.0	1.0	1.1	0.9	0.8	0.8	1.1
Val	4.6	4.1	4.0	3.9	3.8	3.8	3.7	3.9	4.0
Total	46.0	47.4	45.6	43.7	43.8	44.2	43.3	43.0	47.9
A/E ratio ¹									
Arg	121	144	143	162	164	144	151	154	142
His	44	43	41	41	40	41	39	42	44
Ile	88	78	67	75	72	69	72	66	75
Leu	147	171	189	172	169	205	204	197	177
Lys	201	103	102	97	108	86	83	89	98
Met+Cys	69	83	84	79	79	75	77	72	84
Phe+Tyr	128	160	170	164	162	180	179	176	173
Thr	77	101	94	98	95	94	93	94	100
Trp	27	30	22	23	25	20	18	19	23
Val	99	86	88	88	86	87	85	91	84

¹(Each essential amino acid/total essential amino acid including Cys and Tyr)×1000.

로 낮은 경향을 보였다. Table 3에 표시한 것처럼 사료의 A/E ratio는 성장효과(증체율 및 사료 효율)와 역시 높은 상관도를 보였고, 단백질 축적율과는 특별히 상관도가 인정되지 않았다. 하지만 아직까지 조피볼락의 필수아미노산 요구량이 구명되어 있지 않을 뿐 아니라, 이미 경제적인 형태의 조피볼락 사료에 부족한 합성 아미노산의 보충효과가 없는 것으로 보고되어 있어(이·전, 1996a ; 이 등, 1996c ; 이·이, 1996), 위와 같이 부족한 아미노산으로 인해 성장율이 낮아진 것 인지에 대해서는 보다 상세한 연구가 있어야 할 것이다. 예를 들면, 대체단백질원의 소화율 등이 고려되어야 할 것으로 간주되며, 조피볼락의 각종 단백질원 소화율에 대해서는 어체 크기별로 단백질, 지질, 에너지 및 아미노산에 관하여 현재 연구중에 있다.

어체성분

실험 시작시에 비하여 15주간 사육실험 후의

전어체 수분, 단백질 및 회분 함량(Table 4)은 차이가 없었으나, 지질 함량은 각 사료별로 1~2.7 % 증가되었다. 또한, 사육실험 종료시 전어체의 수분, 단백질 및 회분 함량은 각 사료간에 유의 차이가 없는(P>0.05) 반면, 지질 함량은 대조구가 유의하게 높았다(P<0.05). 간의 단백질 함량은 사료 1과 4가 타 실험구보다 유의하게 높았다(P<0.05). 지질 함량은 사료 7에서 가장 높고, RMP 사료에서 가장 낮았으며(P<0.05), 사료 1~6에서는 서로 차이가 없었다(P>0.05). 수분 함량은 사료 7에서 가장 낮고, 대조구가 가장 높았으며(P<0.05), 그 외 실험구들은 서로 비슷하였다. 회분 함량은 실험구간에 차이가 없었다. 따라서 사료 7의 간 지질 함량이 높은 것 외에는 어체성분이 사료에 큰 영향을 받지 않은 것으로 나타났다.

사료원가

어체 1 kg 증중시키는데 소요되는 사료비를 계산해 본 결과, 이 등(1996c)의 실험에서는

Table 3. Correlation coefficients between EAA index or fish meal in the diets and performance of Korean rockfish

Dietary EAA index and fish meal	Performance		
	Weight gain (%)	Feed efficiency (%)	Protein retention (%)
EAAI ¹	P=0.002, R=0.6	P=0.02, R=0.5	P=0.5, R=0.2
Fish meal (%)	P=0.003, R=0.6	P=0.001, R=0.7	P=0.2, R=0.3

¹Murai et al. (1986). P : probability, R : correlation coefficient.

Table 4. Chemical composition (%) of whole body and liver¹

	Initial	Diets							RMP	SEM ²
		1	2	3	4	5	6	7		
Whole body										
Moisture	69.8	68.2 ^a	68.6 ^a	69.6 ^a	69.2 ^a	69.1 ^a	69.5 ^a	69.0 ^a	69.2 ^a	0.46
Crude protein	16.9	16.1 ^a	17.0 ^a	16.8 ^a	16.7 ^a	16.7 ^a	16.7 ^a	16.4 ^a	17.0 ^a	0.32
Crude lipid	8.6	11.3 ^b	9.9 ^a	9.5 ^a	9.6 ^a	9.2 ^a	9.1 ^a	10.0 ^a	9.6 ^a	0.41
Crude ash	4.0	3.9 ^a	4.3 ^a	4.3 ^a	4.0 ^a	4.1 ^a	4.7 ^a	4.0 ^a	4.6 ^a	0.20
Liver										
Moisture		58.8 ^d	54.9 ^{bc}	54.3 ^{abc}	56.5 ^{cd}	55.3 ^{bc}	52.7 ^{ab}	51.5 ^a	55.0 ^{bc}	0.96
Crude protein		11.0 ^b	9.8 ^a	9.9 ^a	10.7 ^b	9.4 ^a	9.4 ^a	9.5 ^a	9.9 ^a	0.17
Crude lipid		27.4 ^{abc}	30.3 ^{bc}	26.5 ^{ab}	28.9 ^{bc}	29.6 ^{bc}	27.0 ^{abc}	32.8 ^c	22.3 ^a	1.82
Crude ash		0.9 ^a	0.9 ^a	0.8 ^a	0.9 ^a	0.9 ^a	0.9 ^a	0.8 ^a	0.8 ^a	0.06

¹Values in same row having the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²Standard error of the mean.

사료종류에 따라 732~905원, 이·이(1996)의 실험에서는 481~636원, 본 실험에서는 RMP 사료를 제외하고 452~539원으로 나타나(Fig. 4) 실험간에 차이를 보였다. 실험시기, 즉, 어체 크기에 따라서 1 kg 증중시키는데 소요되는 사료비가 차이를 보이는 것은 실험시기의 성장율, 사육환경 또는 사료조성의 차이 때문으로 생각된다. 본 실험에서 각 실험구별로 경제적인 형태로 설계된 배합사료를 공급할 경우, 대조구에 비해 15% 정도까지 생산비를 절감할 수 있을 것으로 판단된다. 특히, RMP 사료(냉동전갱이+상품분말사료)의 경우에는 어체 1 kg 생산하는데 1,332원으로 실험 배합사료의 250% 정도가 더 소요되어 생사료+분말사료의 사용은 엄청난 경제적 손실을 초래하는 것으로 나타났다. 본 실험에서 생산단가의 계산은 실험 배합사료의 경우 비타민과 미네랄 혼합물에 소요되는 비용과 사료제조 비용 등을 포함시키지 않았고, RMP 사료는 냉동보관비, 제조시설 및 인건비를 계산하지 않았기 때문에 이를 감안하면 사료원가는 다소 높아질 것으로 예상된다. 또한, 최근에 생사료 자원의 변화폭이 심하고, 앞으로 자원량이 계속 감소될 것으로 예상되기 때문에 생사료를 사용하고 있는 양어가들은 합리적이고 체계적인 양식경영을 위하여 하루빨리 배합사료를 사용하는 것이 더

합리적이고 경제적인 것으로 판단되며, 이와 함께 사료업계에서도 양식산업의 발전을 위해서 뿐 아니라 양어가들의 기대에 벗어나지 않는 양질의 배합사료를 공급하는 것이 무엇보다도 필요한 것으로 생각된다.

위의 결과들을 종합하여 보면, 본 실험의 배합사료의 성장효과, 어체성분 등이 RMP 사료에 비해 차이가 없는 것으로 나타나, 본 실험에서 설계된 배합비가 실용배합사료로 제조되어도 양어가들이 선호하는 생사료에 비해 손색이 없을 것으로 판단된다. 이 등(1995b)과 이·진(1996b)도 배합사료가 생사료나 생사료+분말사료에 비해 성장, 체성분, 영양소 이용율, 어체품질 등에서 차이가 없음을 밝혀 경제적인 조피볼락용 배합사료 개발의 필요성을 지적한 바 있다. 본 실험에서 도출된 결과들과 각종 영양소 요구를 고려하여 실용사료의 형태, 급여체계, 경제성 분석 등으로 그 효과를 현재 검증하고 있다. 이와 같은 결과들과 개발된 사료의 급여체계 등이 확립되면, 본 실험에서 성적이 좋았던 실험사료들은 상품사료로서 손색이 없을 것으로 생각되며, 단지, 실용화 단계에서 고려되어야 할 것은 배합사료에 첨가되는 비타민과 미네랄 혼합물의 적정 첨가비이다. 이·김(1996)은 어분 첨가사료에 4종류의 비타민 혼합물을 평가한 연구에서 본 실험의 실험사료에 첨가된 수준과 비슷한 비타민 혼합물인 premix-1 첨가 사료가 가장 좋은 성장 결과를 보였는데, 이 수준의 비타민 혼합물을 실용 배합사료에 첨가하기에는 경제적인 면에서 아직 연구가 더 필요한 실정이다. 이러한 결과들을 바탕으로 연구를 계속하여 개발된 사료의 질을 더 향상시키는 한편, 저 오염 사료가 되도록 계속 연구를 질주하여야 할 것이다.

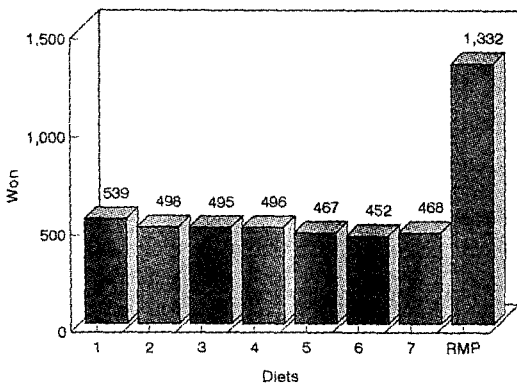


Fig. 4. Feed cost to kg fish gain of Korean rockfish fed the experimental diets.

요 약

여러 가지 종류의 단백질 원료를 혼합하여 성장이 좋고, 가격이 싼 조피볼락용 배합사료를 개발하기 위해 설계한 사료의 효과를 사육실험을

통해 조사하였다. 북양어분 간접식 29%와 갈색어분 29% 첨가구를 대조구로 정하고 원료의 필수아미노산 조성을 고려하여 대두박, 콘글루텐 밀, 육분, 혈분, 우모분, 소맥분을 각각 다른 비율로 첨가하여 어분 단백질원인 북양어분과 갈색어분을 40%에서 65%까지 대체한 사료 6종류와 RMP (생사료+분말사료)구를 선정하여 총 8종류의 실험사료를 제조하였다. 33 g 전후의 조피볼락을 실험사료마다 각각 3반복으로 15주간 사육 실험한 결과, 증체율은 사료 2, 3, 4구와 RMP 사료가 대조구와 유의차없이 좋은 결과를 보였다(P)0.05). 반면에 사료효율은 RMP구가 가장 높았고, 사료 7이 가장 낮았다. 어체 1 kg 증육시키는데 소요되는 사료원가는 RMP구가 1,332원으로 가장 높았고, 대조구가 539원으로 나타났으며, 그 외 사료들은 452~498원으로 비슷하였다. 위와 같이 사료 5~7을 제외한 사료들은 성장효과가 대조구와 유의차가 없어 30 g 이상의 어체에서는 식물성 및 동물성 원료를 적절히 혼합 첨가하면 사료중의 어분을 55%까지 대체 가능하였으며, 양식 생산비를 절감할 수 있을 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- AOAC., 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemicals, 14th edition. Arlington. AV. 1141 pp.
- Arai, S., 1981. A purified test diet for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, fry. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 47(4) : 547-550.
- Dabrowski, K. and B. Kozak, 1979. The use of fish meal and soybean meal as a protein source in the diet of grass carp fry. Aquaculture, 18 : 107-114.
- Duncan, D.B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11 : 1-42.
- Halver, J. E., 1957. Nutrition of salmonoid fishes III. Water-soluble vitamin requirements of chinook salmon. J. Nutr., 62 : 225-243.
- Lee, S. -M., J. Y. Lee and S. B. Hur, 1994. Essentiality of dietary EPA (eicosapentaenoic acid) and DHA (docosahexaenoic acid), and importance of dietary EPA/DHA ratio in the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. Bull. Korean Fish. Soc., 26 : 477-492.
- Lee, J. Y. and S. -M. Lee, 1994. Nutritional studies and feed development for Korea rockfish (*Sebastes schlegeli*) Proceedings of FOID, '94 The Third International Conference on Fisheries and Ocean Industrial Development for Productivity Enhancement of the Coastal Waters. pp.75-92.
- 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.
- N.A.S. (National Academy of Sciences), 1973. Nutrient requirements of trout, salmon and catfish. N.A.S., Washington, D.C., p. 50.
- NRC (National Research Council), 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Acad. Press, Washington, D.C. 114 pp.
- Ogata, H., S. Arai and T. Nose, 1983. Growth responses of cherry salmon (*Oncorhynchus masou*) and amago salmon (*O. rhodurus*) fry fed purified casein diets supplemented with amino acids. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 49 : 1381-1385.
- Robinson, E.H., J.K. Muler and V.M. Vergara, 1985. Evaluation of dry extrusion cooked protein mixes as replacements for soybean meal and fish meal in catfish diets. Prog. Fish. Cult., 47(2) : 102-109.
- SPSS for Window, 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Wee, K.L. and S.W. Shu, 1989. The nutritive value of boiled full-fat soybean in pelleted feed for Nile tilapia. Aquaculture, 81 : 303-312.
- 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.
- 이상민 · 이종윤 · 강용진, 1991. 방어 사료 단백질 대체원으로서의 대두박 첨가효과. 수진연구보고, 45 : 247-257.
- 이종윤 · 강용진 · 이상민 · 김인배, 1993a. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 단백질 요구량. 한국양식

- 학회지, 6 : 13-27.
- 이종윤 · 강용진 · 이상민 · 김인배, 1993b. 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 사료의 적정 에너지/단백질비. 한국양식학회지, 6 : 29-46.
- 이상민 · 이종윤 · 강용진 · 윤호동 · 허성범, 1993c. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 n-3 계고도불포화지방산 요구량. 한국수산학회지, 26 : 477-492.
- 이상민 · 이종윤 · 강용진 · 허성범, 1993d. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 생화학적 변화 I. 성장효과 및 체성분의 변화. 한국양식학회지, 6 : 89-105.
- 이상민 · 이종윤 · 강용진 · 허성범, 1993e. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 생화학적 변화 II. 혈액성분 변화 및 간세포 성장. 한국양식학회지, 6 : 107-123.
- 이상민 · 이종윤 · 강용진, 1993f. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량과 사육 수온에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 체성분의 변화. 수진연구보고, 48 : 107-124
- 이상민, 1994. 사료 지질원으로 우지, 대두유 및 오징어 간유 첨가에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 체성분의 변화와 절식시 체내 대사. 한국양식학회지, 7 : 63-76.
- 이상민 · 이종윤, 1994. 사료의 α -cellulose 함량이 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장, 사료효율 및 체성분에 미치는 영향. 한국양식학회지, 7 : 97-107.
- 이상민 · 이종윤 · 전임기, 1995a. 육상 사육 수조에 서의 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 성장 패턴. 한국양식학회지, 8 : 221-229.
- 이종윤 · 이상민 · 전임기, 1995b. 조피볼락 용 배합 사료 개발을 위한 대조사료의 효과; 생사료 및 moist pellet과의 비교. 한국양식학회지, 8 : 261-269.
- 이상민 · 전임기 · 이종윤, 1996a. 조피볼락 사료의 어분 평가. 한국수산학회지, 29 : 135-142.
- 이상민 · 류진형 · 이종윤, 1996b. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서는 대두박, 콩글루텐 밀, 육골분, 육분 및 혈분의 이용성. 한국영양사료학회지, 20 : 21-30.
- 이상민 · 전임기 · 이종윤 · 박승렬 · 강용진 · 정관식, 1996c. 조피볼락 육성용 사료의 어분 대체원으로서는 식물성 및 동물성 단백질 혼합 첨가 효과. 한국수산학회지, 29 : 인쇄중.
- 이상민 · 류진형, 1996. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서는 면실박 및 채종박의 첨가 효과. 한국영양사료학회지, 20 : 128-135.
- 이상민 · 김선명, 1996. 단백질원으로 어분이 첨가된 조피볼락 실험사료의 비타민 혼합물 평가. 한국양식학회지, 9 : 159-166.
- 이상민 · 이종윤, 1996. 조피볼락 치어용 사료의 어분 대체원으로서는 식물성 및 동물성 단백질 혼합 첨가 효과. 한국영양사료학회지, 20 : 인쇄중.
- 이상민 · 전임기, 1996a. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서는 대두박 평가. 한국수산학회지, 29 : 인쇄중.
- 이상민 · 전임기, 1996b. 조피볼락 습사료에 대한 건조사료의 사육효과. 한국양식학회지, 9 : 247-254.