

조피볼락 육성용 배합사료와 시판사료의 사육효과 비교*

이상민 · 전임기

국립수산진흥원 증식부

Evaluation of Experimental Formulated Diets and Commercial Diets for Growing Korean Rockfish (*Sebastes schlegeli*)*

Sang-Min Lee and Im-Gi Jeon

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

A 15-week of growth trial was conducted to evaluate practical diets for growing Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). Two replicate groups of the fish average weighing 125 g were fed one of four experimental diets containing 41~45% protein and 6~8% lipid. A control diet with 58% fish meal as protein source was included and practical form diets with 40% fish meal and various practical ingredients such as meat meal, blood meal, soybean meal, and corn gluten meal were included. These experimental dry pellet diets were compared with commercial diets containing 51~53% protein and 5~13% lipid for marine fish or raw fish-based moist pellet (RMP) diet containing 58% protein and 9% lipid consisted of 50% frozen horse mackerel and 50% commercial binder meal.

Weight gain, feed efficiency, daily feed intake and protein efficiency ratio in the fish fed the experimental diets and commercial diets were not significantly different to those in the fish fed the control diet. However weight gain, feed efficiency and protein efficiency ratio in the fish fed the RMP diet were significantly higher than those in the fish fed the experimental diets and commercial diets. These differences of growth performance between experimental diets and RMP diet may be reason for different dietary protein and energy levels. The experimental diet can save up to 20% cost of fish production compare with control diet, whereas RMP diet is more expensive than other diets in the fish production.

Key words : Rockfish, Practical feeds, Commercial feed, Raw fish feed, Feed cost

서 론

그 동안 많은 연구자와 양어가들의 노력에 힘입어 우리 나라의 해산어류양식 생산량은 매년 증가되어 왔다. 어류 양식에 있어 사료는 양식 생산비의 매우 높은 비율을 차지하고 있으므로 기본적으로 고려되어야 할 중요한 요인이지만,

현재까지 그 중요성에 비해 사료공급을 너무 쉽게 판단하여 온 것이 우리 나라의 실정이었다. 즉, 양식생산에 소요되는 비용을 최소화시켜 효율적인 양식 경영이 이루어 져야 하는데도 양어가들은 이러한 점보다는 조기 성장위주의 양식생산을 위해 경제적인 측면에 있어 사료의 중요성을 소홀히 판단하여 온 아쉬움이 남아있다. 효율적인 양식 생산과 어체의

* 본 연구는 해양수산부 수산특정연구개발사업의 연구비로 수행되었음.

성장을 위해서는 대상 양식어종에 사용되는 사료의 질과 경제성이 동시에 검토되어야 한다.

육상동물이나 담수어와는 달리 대부분의 해산어류는 육식성으로 단백질 요구량이 높아 사료원가 중 단백질원이 차지하는 비중이 높다. 해산어 사료의 주 단백질원으로 사용되는 어분은 영양소의 균형이 잘 갖추어진 단백질원이지만, 가격이 비싸고, 공급이 불안정할 뿐 아니라 그 생산량이 더 이상 증가될 전망없이 전 세계 어분 생산량의 10% 이상을 양어 사료에 사용하고 있어(Rumsey, 1994), 고급 어분의 사용은 앞으로 제한적일 수밖에 없는 실정이다. 따라서 양식 산업의 안정적인 발전을 위해서는 하루 빨리 양식 대상종에 적합한 경제적인 사료의 개발이 시급하다. 우리 나라의 해산어 양식은 방어 위주에서 80년대 중반 이후부터 넙치위주의 양식산업이 형성됨에 따라 해산어용 사료로 방어나 넙치용이 시판되어 왔다. 최근에 넙치 다음으로 조피볼락의 생산량이 급증하였고, 이 종의 배합사료 개발에 필요한 자료를 축적하기 위해, 조피볼락의 영양요구(이 등, 1993a,b,c; 이와 이, 1994; 이와 김, 1996), 성장 및 대조사료의 효과(이 등, 1995a,b) 및 어분 평가(이 등, 1996a)에 대하여 연구되었다. 이 등(1996b), 이와 전(1996a)과 이와 류(1996)가 조피볼락에 대해서 대두박, 콘글루텐 밀, 채종박, 면실박, 육분, 육골분, 혈분의 이용성을 평가하여 사료단가를 낮출 수 있을 것으로 보고하였다. 또한, 이 등(1996b)과 이와 전(1996a)은 그들의 실험에서 대체단백질원을 단독으로 첨가하는 것보다는 여러 가지의 원료를 혼합하여 첨가하는 것이 더 효과적으로 어분을 대체할 수 있다고 하였고, 이 등(1996c,d)과 이와 이(1996)는 단백질 함량이 45~50%인 사료의 대체 단백질원 혼합 첨가 효과를 조사하여 어체크기에 따라서 어분을 40~55%까지 대체할 수 있다고 하였다. 이와 전(1996b)은 건조 펠릿사료도 습사료 못지 않게 잘 받아먹고 성장한다고 발표하였으며, 이러한 연구들과 함께 최근에는 조피볼락용 배합사료가 시판되기 시작하였다. 위에서 언급한 일련의 실험들에 이어서, 본 실험에서는 조피볼락을 대상으로 대체단백질원을 혼합 첨가한 건조 펠릿사료의

어분 대체 효과를 조사하고, 시판되고 있는 해산어용 상용사료 및 생사료 MP (냉동 전갱이 50% + 분말사료 50%, moist pellet)와 사육효과를 비교하였다.

재료 및 방법

실험사료

Table 1에 표시한 바와 같이 단백질원으로 복양어분을 57.7% 첨가한 사료를 대조구(사료 1)로 하고, 복양어분을 갈색어분, 육분, 콘글루텐 밀, 대두박 및 혈분으로 각각 다른 비율로 대체한 실험사료들(사료 2~4)을 설계하였다. 실험사료는 대조구의 어분 30% 정도를 동물성 및 식물성 원료로 대체하였으며, 사료단가는 대조사료에 비해 10%까지 낮았다. 이 등(1993a)의 보고에 따라 실험사료 모두 단백질과 지질 함량이 각각 43%와 7% 전후가 되도록 하였으며, 지질원으로 오징어유를 첨가하여 필수지방산인 n-3HUFA 함량이 사료에 1% 이상(Lee et al., 1994) 함유되도록 설계하였다. 또한, 가용에너지 추정은 분석된 사료의 단백질, 지질 및 탄수화물을 각 g 당 4, 9 및 4 kcal로 각각 계산하였으며, 가소화에너지는 사료 단백질 원료에 대하여 이미 측정된 소화율(Lee, 1996a) 값으로 추정하여 실험사료 간에 그 값이 비슷하도록 하였다. 이와 같이 실험사료의 영양소 즉, 단백질, 지질 및 필수지방산, 에너지 및 탄수화물에 대해 이미 연구된 결과들을 바탕으로 조피볼락의 요구(Lee and Lee, 1994)에 맞도록 설계하여 dry pellet 장치로 실험사료를 성형하였다. Vitamin 및 mineral premix는 사료 회사에서 사용하는 것을 참고로 하여 사료 1 kg 당 vitamin C는 900 mg, vitamin E는 200 mg, choline은 3,000 mg, 유효인은 7,000 mg (어분중의 인 이용율을 35%로 계산) 이상이 되도록 조절하였다. 사료 A, B, C는 해산어용으로 시판되고 있는 것들을 구입하였으며, RMP (raw fish-based moist pellet) 사료는 넙치용 분말 사료와 냉동 전갱이를 1:1의 비율로 혼합하여

Table 1. Composition and nutrient content of experimental diets

Ingredient	Experimental diets				Commercial diets			RMP ¹¹
	1	2	3	4	A	B	C	
White fish meal ¹	57.7	39.6	39.6	25.5	- Closed -			
Brown fish meal ²				15.0				
Meat meal		10.0	5.0	10.0				
Corn gluten meal		6.0	6.0	3.0				
Soybean meal		5.0	5.0	3.0				
Blood meal			3.0	3.0				
Starch	2.0	2.0	2.0	2.0				
Wheat flour	28.9	26.3	28.0	30.2				
Squid oil	4.0	4.0	4.0	4.0				
Yeast	3.0	3.0	3.0					
Vitamin premix ³	1.9	1.8	1.8	1.8				
Mineral premix ⁴	2.3	2.1	2.4	2.3				
Enzyme mix ⁵	0.2	0.2	0.2	0.2				
Chemical composition (based on dry matter)								
(Moisture)	(10.6)	(10.7)	(10.4)	(13.6)	(9.6)	(9.7)	(4.4)	(40.3)
Protein (%)	41.0	44.0	45.2	45.0	52.9	51.0	50.6	58.2
Lipid (%)	8.2	7.5	6.3	7.7	8.5	4.8	12.8	8.7
N-free extract (%) ⁶	33.1	32.1	32.6	32.7	25.0	29.4	24.6	19.5
Fiber (%)	1.6	1.5	1.5	1.9	2.1	2.3	2.3	1.0
Ash (%)	16.1	14.9	14.4	12.7	11.5	12.5	9.7	12.6
Estimated energy (kcal/100 g) ⁷	370	372	368	380	388	365	416	389
Digestible energy (DE) (kcal/100 g) ⁸	366	366	359	360				
DE/protein	8.9	8.3	7.9	8.0				
n-3HUFA ⁹	2.0	1.7	1.7	1.7				
Ca	4.4	4.0	3.6	3.6				
Total P	2.3	2.1	2.0	2.1				
Available P	0.7	0.7	0.7	0.7				
Cost per kg (won) ¹⁰	641	592	585	577				1200

¹Produced by steam dry method. ²Imported from Peru.

^{3,4}Provided by Kumseong Feeds Co., Pusan, Korea. ⁵Kemin Industries, Inc., Singapore.

⁶Calculated by difference. ⁷Based on 4 kcal/g protein, 9 kcal/g lipid and 4 kcal/g NFE.

⁸Calculated based on Lee's data (1996a). ⁹Highly unsaturated fatty acids (C_≥20).

¹⁰Cost of ingredients based on the price in 1996, except for cost of feed production.

¹¹Raw fish-based moist pellet, 50% frozen horse mackerel and 50% commercial binder meal.

moist pellet 제조기로 성형하였다. 제조된 실험 건조 펠릿사료, 구입한 상품사료 및 RMP 사료 들을 냉동보관 (-30°C)하면서 먹이 급여시마다 사용하였다.

실험사료의 필수아미노산(EAA) 조성과 필수 아미노산 비 (A/E ratio), 즉 전체 필수아미노 산에 대한 각 필수아미노산 비를 Table 2에 표 시하였는데, 사료 2~4의 Ile, Lys, Met+Cys과 Thr이 대조구나 RMP구보다 대체로 낮은 경향

을 보였다.

실험어 및 사육 관리

실험어는 동일 친어로부터 산출된 치어를 2 ton FRP 사각수조에서 이 등(1996c)과 같은 방법으로 예비 사육하다가 평균체중 125 g을 선별하여 사료마다 2반복으로 배치된 각각의 실험수조(300 l FRP)에 20마리씩 수용하였다. 최초 어체의 성분분석용으로 10마리를 무작위로 표본

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

Amino acids	Diets				RMP ²
	1	2	3	4	
	Composition (% in protein)				
Arg	6.8	6.7	6.4	6.7	6.8
His	1.7	1.6	1.7	1.9	2.1
Ile	3.6	3.3	3.2	3.2	3.6
Leu	8.0	8.4	9.0	8.4	8.5
Lys	4.6	3.9	4.1	4.3	4.7
Met+Cys	4.2	3.7	3.7	3.5	4.0
Phe+Tyr	7.8	7.8	8.2	7.7	8.3
Thr	4.7	4.3	4.4	4.4	4.8
Trp	1.5	1.1	1.2	1.1	1.1
Val	4.0	3.8	4.0	4.0	4.0
Total	46.9	44.6	45.8	45.1	47.9
	A/E ratio ¹				
Arg	145	150	139	148	142
His	37	36	38	41	44
Ile	77	73	70	70	75
Leu	170	189	196	187	177
Lys	98	88	90	95	98
Met+Cys	89	83	80	77	84
Phe+Tyr	166	175	179	171	173
Thr	101	96	96	97	100
Trp	32	24	25	24	23
Val	86	85	87	89	84

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

²Data from Lee et al. (1996c).

추출하여 냉동보관(-70°C)하였다. 고압모래여과 장치로 여과된 자연해수를 각 실험수조마다 5 l/min씩 흘려주어 우수시켰고, 사육기간 중의 수온은 11.0~16.5°C (평균 13.6°C)로 조피블락의 적정 성장범위(이 등, 1993d, 1995a,b)였다. 사육실험은 15주간 실시하였으며, 사료공급은 1일 1회 만복에 가깝도록 손으로 던져주었다. 실험 시작시와 종료시에 각 실험수조에 수용된 실험어 전체무게를 MS₂₂₂ 100 ppm에 마취시켜 측정하였고, 실험 종료시에는 각 실험수조마다 3마리씩 sample하여 냉동보관(-70°C)하다가 근육과 간을 분리하여 성분분석하였다.

성분 분석

사료 및 어체의 일반성분은 AOAC (1990)의 방법에 따라 조단백질(N×6.25)은 Automatic

analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt, W-Germany)를 사용하여 분석되었고, 조지방은 Automatic analyzer (Soxtec, Tecator, Sweden)를 사용하여 ether로 추출되었으며, 수분은 105°C의 dry oven에서 4시간 동안 건조 후 함량값을 구해 측정되었다. 또한, 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator, Sweden)를 이용하여 분석되었고, 조회분은 550°C의 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 정량되었다. Nitrogen-free extract (NFE)는 100-(수분+조단백질+조지방+조섬유+조회분)의 식으로 계산되었다. 아미노산은 이 등(1996a)이, 지방산은 Lee et al. (1994)이 실시했던 방법과 동일하게 분석되었다.

통계 처리

결과의 통계 처리는 ANOVA-test를 실시하여

Table 3. Growth performance of Korean rockfish fed various practical diets for 15 weeks¹

Diets	Initial mean weight (g)	Final mean weight (g)	Feed efficiency (%)		Weight gain (% of initial body wt.)		Daily feed intake (%)	Protein efficiency ratio	HSI ²
1	123.5	186.9±13.22 ^{ab}	68.2±4.45 ^{ab}	51.3±8.98 ^{ab}	8.69 ^{ab}	43.3±8.83 ^a	0.662±0.049 ^a	1.86±0.12 ^{ab}	2.69±0.40 ^a
2	122.9	176.1±7.28 ^a	63.0±8.69 ^{ab}	47.9±9.75 ^a	4.59 ^{ab}	47.9±9.75 ^a	0.626±0.019 ^a	1.60±0.21 ^{ab}	2.96±0.04 ^a
3	124.7	184.4±11.52 ^a	67.4±4.59 ^{ab}	48.2±4.17 ^a	78.9±15.06 ^{abc}	48.2±4.17 ^a	0.633±0.061 ^a	1.66±0.11 ^{ab}	2.84±0.37 ^a
4	128.6	184.4±4.59 ^a	78.9±15.06 ^{abc}	46.6±1.83 ^a	5.86 ^{bc}	46.6±1.83 ^a	0.540±0.173 ^a	2.03±0.38 ^b	2.77±0.35 ^a
A	124.9	183.0±2.12 ^a	83.0±5.86 ^{bc}	29.3±6.08 ^a	0.35 ^a	29.3±6.08 ^a	0.501±0.027 ^a	1.74±0.12 ^{ab}	3.34±0.46 ^a
B	124.3	160.7±8.20 ^a	53.9±0.35 ^a	36.2±4.80 ^a	0.35 ^a	36.2±4.80 ^a	0.525±0.091 ^a	1.24±0.01 ^a	2.76±0.36 ^a
C	124.3	169.2±6.15 ^a	75.7±13.93 ^{ab}	72.3±20.22 ^b	0.35 ^a	72.3±20.22 ^b	0.461±0.135 ^a	1.62±0.29 ^{ab}	2.94±0.36 ^a
RMP	123.1	211.9±22.62 ^b	101.7±16.34 ^c	72.3±20.22 ^b	0.574±0.026 ^a	72.3±20.22 ^b	0.574±0.026 ^a	2.86±0.46 ^c	3.24±1.15 ^a

¹Values (mean±s.d. of replicate groups) in the same column having the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²Hepatosomatic index : liver wet wt. (g) x 100/body wet wt. (g).

Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 SPSS (SPSS Inc., 1993) program을 사용하여 검정하였다.

결과 및 고찰

성장효과 : 증체율, 사료효율, 사료섭취율, 단백질 효율 및 경제성

Table 3에 나타난 것처럼 실험시작시 125 g 전후의 조피볼락을 15주간 사육한 후에는 RMP 구를 제외한 실험사료와 상품사료를 급여한 실험구들이 161~212 g으로 성장하여 증체율이 29~72%로 나타났으며, 모든 실험구들은 대조구와 통계적인 차이는 없었다(P>0.05). RMP 사료 섭취구는 최종평균체중 및 증체율이 대조구와는 유의한 차이가 없었지만, 실험사료(사료 2~4)와 상품사료(사료 A~C)보다 유의적으로 높은 값을 보였다(P<0.05). 사료효율은 RMP 구가 102%로 가장 높았으며, 사료 4와 상품사료 A가 79~83%로 RMP 구와 유의차없이(P>0.05) 양호한 결과를 보였다. 단백질효율도 역시 RMP 구가 가장 높았으며, 실험사료와 상품사료 중에서는 사료 4가 상품사료 B보다 유의하게 높았다(P<0.05). 일일사료섭취율 및 간중량비는 실험사료, 상품사료 및 RMP 급여구에서 서로 유의차가 없었다(P>0.05).

통계적인 차이를 무시하고 위와 같은 성장효과들을 살펴보면, RMP 구, 대조구 및 사료 4가 대체로 좋았고, 상품사료 B가 가장 낮은 경향을 나타내었다. 조피볼락에 있어 실험 배합사료가 RMP 사료에 비해 성장이나 체조성 면에서 손색이 없다고 보고(이 등, 1995b; 이와 전, 1996b)되어 있음에도 불구하고, 이처럼 본 실험에 사용된 실험사료나 상품사료가 RMP 사료보다 성장효과 면에서 다소 낮아진 것은 여러 가지 면에서 판단할 수 있다. 이미 dry pellet (DP) 형태의 사료가 RMP 형태의 사료에 비해 성장이나 체성분에 전혀 차이가 없다고 보고(이와 전, 1996b)된 것으로 미루어 보아, 본 실험의 실험사료나 상품사료가 딱딱한 DP 형태이기 때문에 RMP 구에 비해 성장이 떨어진 것으로는 생각되지 않는다. 따라서 이와 같이 RMP 구의 성장이나 사료효율이 좋은 결과를 보인 것은 RMP 사료의 단백질 함량이 58.2%, 가용에너지 함량이 389 kcal/100 g diet로 실험사료(사료 1~4)보다 단백질 함량이 무려 13~17% 더 높고, 에너지 함량은 9~31 kcal 더 높았기 때문으로 판단된다. 이 등(1993a)은 조피볼락의 단백질 요구량을 40%로 보고하였으며, 최대성장에 필요한 단백질 요구량은 51~57%로 추정하였다. 본 실험에서는 이 등(1993a)의 보고에 따라 실험사료의 단백질 함량이 43% 전후가 되도록 설계하였는데, 실용

적인 측면에서 본 실험에서 제조된 실험사료의 단백질 함량은 다소 낮은 것으로 생각된다. 앞 실험들(이와 전, 1996b; 이 등, 1995b; 이 등, 1996d)에서도 RMP 사료와 성장차이가 없었던 실험사료의 단백질 함량은 본 실험의 배합사료보다 더 높은 47~51%였다. Lee (1996b)는 실용적인 측면에서 여러 가지 대체 단백질원을 사료에 혼합첨가하여 최적 성장에 필요한 단백질과 에너지 함량을 조사한 결과, 사료의 단백질이 45~50%, 지질이 14%일 때가 성장 및 사료효율 등이 가장 좋은 결과를 보였다. 또한, 이(1996)는 조피불락의 경우 탄수화물의 이용성(소화율)이 단백질이나 지질보다 훨씬 낮다고 보고하고 있어 에너지원으로 탄수화물보다는 지질을 사용하는 편이 사료효율을 더 높일 수 있을 것으로 생각된다. 본 실험에서 특히 실험사료들이 RMP 사료보다 에너지 함량은 낮는데 비하여 탄수화물 함량은 12% 이상이나 높아서 상대적으로 사료효율이 저하된 것으로 간주된다. 이러한 결과들로 미루어 보아, 본 실험에서 실험사료의 단백질 함량이나 지질과 같은 에너지 함량이 다소 낮았던 것으로 판단되며, 위의 연구결과를 토대로 실험사료의 단백질 함량을 50%, 지질함량을 14%로 증가시켜 환산하면, 증체율과 사료효율이 20% 전후로 높아질 것으로 추정되어 RMP 구와 비슷한 성적을 올릴 수 있을 것으로 전망된다. 반면에 상품사료(사료 A~C)는 실험사료보다 단백질 함량이 5~12%, 가용에너지 함량이 최고 48 kcal가 더 높음에도 불구하고 실험사료에 비해 성장효과가 대체로 낮은 값을 보였으며, 상품사료 B는 그 효과가 현저히 낮았다. 이는 상품사료에 사용된 단백질원의 품질, 가공방법, 비타민이나 미네랄 등의 첨가제 및 영양소 균형에 따른 차이로 판단된다. 이 등(1996b), 이와 이(1996)와 이와 전(1996a)은 여러 가지 식물성 및 동물성 단백질원으로 어분을 동일한 비율로 대체하더라도 사용되는 대체단백질원의 혼합비에 따라 조피불락의 성장이 달라진다고 보고하였으며, Lee (1996b)는 대체단백질원을 증가시켜 실용사료의

단백질 함량을 높이는 것은 조피불락의 성장율을 높이는데 효과가 없는 것으로 판단하였다. 또한, 이와 김(1996)은 실험사료의 비타민 혼합물 첨가비에 따라서 성장율이 달라지는 것으로 보고 하여 적정 비타민 혼합물의 개발이 필요하다고 하였다.

이상의 결과로부터 본 실험에서 사용된 실험사료의 경우 단백질과 지질 함량을 다소 증가시키고 탄수화물 함량을 낮출 필요가 있을 것으로 보이며, 시판사료의 경우 사료효율을 더 높일 수 있도록 품질 개선이 필요할 것으로 판단된다. 특히 상품사료 B의 경우는 단백질 함량은 높지만 지질 함량은 낮은 것으로 보이며, 이 점을 우선적으로 고려하여 사료의 영양소 균형이 재 조정되어야 할 것으로 생각된다.

최근에 인건비는 계속 상승하고 있고 양식어의 판매가격이 하락하고 있는 추세이기 때문에 양식에 투자되는 비용을 최소한으로 하는 것이 합리적인 양식방법으로 판단된다. 본 실험의 대조사료로 1 kg의 어체를 증체시키는데 소요되는 사료비를 100으로 환산하였을 때, 사료 2 급여구는 101, 사료 3 급여구는 92, 사료 4 급여구는 79로 나타나, 사료에 따라서 대조구보다 10~20% 정도의 비용이 절감되는 것으로 나타났고, RMP 사료 급여구는 대조구보다 27%의 비용이 더 소요되는 것으로 나타났다. 또한, 위에서 언급한 것처럼 본 실험의 실험사료에 부족한 요인을 더 보완하여 사료를 제조한다면 사료비는 더 절감될 것이며, 여기에 사료공급 및 보관에 소요되는 인건비 및 보관비 등을 감안하면 생산사료 급여보다 그 절감효과는 더 높아질 것으로 생각된다.

어체성분 : 간 및 근육의 일반성분

실험 종료시의 사료에 따른 어체 부위별(간과 근육)의 일반성분 분석결과를 Table 4와 5에 나타내었다. 간과 근육의 수분, 단백질, 지질 및 회분 함량은 모든 실험구간에서 유의적인 차이가 없어($P < 0.05$), 사료에 따른 영향은 없는 것으로 나타났다.

Table 4. Chemical composition (%) of the liver after 15 weeks feeding trials¹

Diets	Moisture	Protein	Lipid	Ash
1	58.5±5.05 ^a	9.1±0.43 ^a	21.4±3.18 ^a	0.9±0.01 ^a
2	56.6±0.34 ^a	9.2±0.19 ^a	24.2±3.42 ^a	0.8±0.14 ^a
3	53.8±1.77 ^a	8.5±1.30 ^a	26.4±1.42 ^a	0.8±0.02 ^a
4	56.7±1.20 ^a	9.4±0.21 ^a	23.5±0.07 ^a	0.8±0.02 ^a
A	58.9±0.96 ^a	8.9±0.35 ^a	19.4±0.10 ^a	0.9±0.04 ^a
B	57.3±0.88 ^a	9.3±0.55 ^a	24.9±0.48 ^a	0.8±0.04 ^a
C	56.4±0.45 ^a	9.0±0.25 ^a	22.6±0.26 ^a	0.9±0.04 ^a
RMP	54.4±2.31 ^a	8.9±0.64 ^a	24.6±4.13 ^a	0.8±0.04 ^a

¹Values (mean±s.d. of replicate groups) in the same column having the different superscripts are significantly different (P<0.05).

Table 5. Chemical composition (%) of the dorsal muscle after 15 weeks feeding trials¹

Diets	Moisture	Protein	Lipid	Ash
1	75.3±0.44 ^a	20.8±0.04 ^a	2.4±0.52 ^a	1.4±0.03 ^a
2	75.1±1.43 ^a	20.1±1.51 ^a	2.5±1.06 ^a	1.3±0.16 ^a
3	74.3±0.72 ^a	20.9±0.49 ^a	2.7±0.48 ^a	1.4±0.01 ^a
4	75.9±0.14 ^a	20.3±0.42 ^a	2.2±0.26 ^a	1.3±0.22 ^a
A	75.3±0.92 ^a	20.8±0.24 ^a	2.5±0.31 ^a	1.2±0.05 ^a
B	75.6±1.13 ^a	20.2±0.26 ^a	2.2±0.36 ^a	1.3±0.03 ^a
C	75.4±0.12 ^a	19.9±0.61 ^a	2.8±0.36 ^a	1.2±0.01 ^a
RMP	75.9±1.05 ^a	20.5±0.11 ^a	2.5±0.14 ^a	1.2±0.01 ^a

¹Values (mean±s.d. of replicate groups) in the same column having the different superscripts are significantly different (P<0.05).

요 약

실용적인 사료의 효과를 검토하기 위해 단백질 함량이 41~45%인 4종류의 실험사료를 dry pellet 형태로 제조하였다. 단백질원으로 어분을 58% 첨가한 사료를 대조구(사료 1)로 하고, 대조구의 어분을 육분, 콘글루텐 밀, 대두박 및 혈분으로 각각 다른 비율로 대체하여 어분 함량을 40% 전후로 감소시킨 실험사료들(사료 2~4)을 설계하여 시판되고 있는 해산어용 배합사료 A, B, C (단백질 함량: 51~53%) 및 양어들이 선호하는 RMP 사료(넙지용 분말사료와 냉동 메가리를 1:1의 비율로 혼합한 moist pellet, 단백질 함량: 58%)와 그 효과를 사육 실험을 통해 비교하였다.

평균체중 125 g의 조피볼락을 선별하여 실험 사료마다 2반복으로 15주간 사육실험한 결과, 최종 평균체중, 증체율, 사료효율, 일일사료섭취

율, 일일단백질섭취율, 단백질효율 및 간 중량지수가 RMP 구를 제외한 실험사료와 상품사료를 급여한 실험구들은 대조구와 통계적인 차이는 없었다(P>0.05). RMP 섭취구의 증체율이 대조구와는 유의한 차이가 없었지만, 실험사료(사료 2~4)와 상품사료(사료 A~C)보다 유의적으로 높은 값을 보였다(P<0.05). 또한, 단백질효율은 RMP 구가 가장 높았고, 상품사료 B가 가장 낮은 값을 보였다. 대조사료에서 1 kg의 어체를 증체시키는데 소요되는 사료비용을 100으로 환산하였을 때, 사료 3 급여구는 92, 사료 4 급여구는 79로 나타나, 대조구보다 10~20% 정도의 사료비가 절감되었고, RMP 사료 급여구는 대조구보다 27%의 사료비가 더 소요되는 것으로 나타났다. 실험 종료시 간과 근육의 수분, 단백질, 지질 및 회분 함량은 모든 실험구간에 유의차는 없었다(P>0.05).

참 고 문 헌

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11 : 1-42.
- 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.
- Lee, S. M. 1996a. Apparent digestibility of nutrient from dietary proteins for the juvenile and adult Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture*, preparing.
- Lee, S. M. 1996b. Optimal protein and energy in the practical diet for the Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture*, preparing.
- Rumsey, R. 1994. What is the future of fish meal use? *Feed International*, 15(3) : 10-17.
- SPSS for Window. 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- 이종윤 · 강용진 · 이상민 · 김인배. 1993a. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 단백질 요구량. *한국양식학회지*, 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. 1993d. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량과 사육 수온에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 체성분의 변화. *수진연보*, 48 : 107-124
- 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 대체원으로 서 식물성 및 동물성 단백질 혼합 첨가 효과. *한국수산학회지*, 29 : 인쇄중.
- 이상민 · 전임기 · 이창국 · 임치원 · 김태진 · 민진기. 1996d. 경제적인 조피볼락용 배합사료 설계 및 평가. *한국양식학회지*, 9 : 255-264.
- 이상민 · 류진형. 1996. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서는 면실박 및 채종박의 첨가 효과. *한국영양사료학회지*, 20 : 128-135.
- 이상민 · 전임기. 1996a. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서는 대두박 평가. *한국수산학회지*, 29 : 인쇄중.
- 이상민 · 전임기. 1996b. 조피볼락 습사료에 대한 건조사료의 사육효과. *한국양식학회지*, 9 : 247-254.
- 이상민. 1996. 조피볼락 치어 및 성어에서 분수집 방법에 따른 영양소 소화율. *한국수산학회지*, 29 : 인쇄중.
- 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.