

조피볼락의 배합사료 개발을 위한 대조사료 효과 ; 생사료 및 moist pellet과의 비교*

이종윤 · 이상민 · 전임기

국립수산진흥원

Effects of a Practical Korean Rockfish (*Sebastes schlegeli*) Diet ; Comparison with Raw Fish and Moist Pellet Diet*

Jong-Yun Lee, Sang-Min Lee and Im-Gi Jeon

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

ABSTRACT

A practical control diet was prepared and compared with raw fish (80% frozen horse mackerel + 20% commercial binder meal) and moist pellet (50% frozen horse mackerel + 50% commercial binder meal) diets to develop a practical diet formulation for Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*).

Korean rockfish averaging 68.5 g were fed with the three experimental diets for 11 months. Final average body weight was approximately 330 g and showed no significant difference between fish groups ($P > 0.05$). Feed efficiency of fish from control diet was significantly lower than those of fish from raw fish and moist pellet diets ($P < 0.05$). Protein and lipid retention efficiency of fish ranged 26.9–28.8% and 86.5–110.2%, respectively, without any significant difference between the different diets.

At the end of the experiment, chemical composition for the various parts of fish body and flesh quality of the raw fish were examined. The data showed that there was no significant difference between fish from the different diet groups for moisture, protein and lipid contents of whole body, liver, and dorsal muscle. Also, thirty three panelists did not find any difference in color, smell, texture, and taste of the raw fish flesh.

These results suggest that Korean rockfish can be cultured with a laboratory practical feed without any negative effects on growth, nutrient utilization, chemical composition of fish, and quality of raw fish. Therefore, the next step in developing practical feed is to modify the control diet for improving fish performance and reducing feed cost.

* 본 연구는 수산청 수산 특정 연구 개발 사업의 연구비로 수행되었음.

서 론

사료는 양식 경영비의 약 60% 이상을 차지하는 중요한 요소로서 값싸고 질 좋은 사료의 안정적 확보가 양식의 성패를 좌우한다. 현재까지 우리 나라에서는 해산어 양식시 주로 생사료를 사용하고 있어 이로 인해 병원균의 전염, 영양소의 불균형에서 유래되는 영양성 질병, 사료 유실로 인한 수질오염, 수급의 불안정, 원료 원가 상승으로 인한 경제적 손실 등에 문제를 야기할 뿐 아니라 생사료의 냉동 보관, 유통 및 준비하는데 소요되는 노동력이나 시간의 낭비로 인한 많은 불이익이 초래되고 있다. 이는 국가적으로 외화 낭비일 뿐 아니라, 국제 경쟁력에도 큰 손실이 되는 요인이다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 배합 사료를 개발하여 이용하는 것이 절실한 과제이나, 일부 담수어를 제외하고는 적절한 배합 사료가 개발되지 않아 효율적인 양식이 이루어지지 않는 실정이다. 따라서 현재까지 구명된 조피볼락 영양 요구에 관한 연구 결과를 토대로 성장과 사료효율이 우수하고 경제성이 있는 실용 배합 사료를 개발함으로써, 양식 원가 절감을 통한 양식 경영의 안정 및 어민의 소득을 증대시키는 것이 중요한 과제이다.

1980년대 후반에 들어서면서 우리 나라 조피볼락 양식 생산량은 넘치 다음으로 계속 증가하여 총 해산어 생산량의 약 10%를 차지하고 있고, 앞으로도 이러한 증가 경향은 지속될 전망이다. 하지만 현재 조피볼락을 양식하고 있는 대부분의 양어가들은 조피볼락이 요구하는 영양 성분을 전혀 고려하지 않고 냉동 전갱이, 까나리와 같은 생사료를 먹이로 공급하고 있으며, 극히 부분적으로 생사료와 분말 상품 사료를 혼합한 moist pellet을 사용하고 있다. 사료 개발은 대상 어종에 필요한 영양소 및 영양소 종류별 최소 요구량을 구명하는 것이 가장 먼저 선행되어야 하며, 최근 이에 필요한 기초 자료를 축적하기 위해 조피볼락의 영양 요구에 관한 연구를 계속 수행하여 왔다(李 등 1993 a, b, c, d, e, f; 이 등 1993; 이 1994; 이·이 1994; Lee and Lee 1994; Lee et al. 1994). 이러한 기초적인 정보를 바탕으로 하여 영양소의 균형을 고려하면서 그 어종이 최대의 이용할 수 있는 값싼 원료의 선택과 이용성을 구명한 후, 여러 가지의 원료를 적절히 혼합하여 사료 원가가 최소인 최적의 사료를 설계해야 한다. 이와 동시에 그 어종을 계속 사육하면서 얻을 수 있는 경험, 급여 체계 확립 등의 수많은 노력이 필요하다. 그래서 본 실험은 조피볼락용 배합 사료를 개발하는데 필요한 실험용 배합 사료(대조구)를 설계하여 그 사료 효과를 생사료(냉동 전갱이) 및 생사료+분말 사료와 비교하기 위하여 장시간의 사육 실험을 통해 성장, 사료효율, 영양소 이용율, 체성분 변화 및 품질 평가를 실시하였다.

재료 및 방법

실험 사료

Table 1과 같이 세가지의 실험 사료를 제조하였는데, 실험 사료 1은 실험용 배합 사료(대조구)로서 북양어분을 주단백원으로 하여 단백질, 지질, 탄수화물(dextrin), 에너지, α -cellulose 및 n-3HUFA (highly unsaturated fatty acids) 함량이 조피볼락의 요구량에 맞도록 설계(Lee and Lee 1994)하여 제조하였으며, 실험 사료 2는 앞 실험의 사료 조성과 동일(이 등 1995)하게 냉동 전갱이와 상품 분말 사료를 1:1의 비율로, 실험 사료 3은 냉동 전갱이와 비교하기 위한 실험구로서, 사료 성형을 위해서 냉동 전갱이 80%에 19%의 상품 분말 사료와 1%의 구아검을 혼합하여 moist pellet을 제조하였다.

Pellet 크기는 실험어의 크기에 따라서 조정하였다. 사료 제조 및 보관은 *Lee et al.*(1993a) 및 *Lee et al.*(1995)이 사용한 방법과 동일하게 하였다.

Table 1. Compositions (%) of the experimental diets used to compare a practical (control) diet with raw fish and moist pellet diets

Ingredient	Diets :	1	2	3
White fish meal ¹		54		
Wheat flour		33		
Squid liver oil		3		
Vitamin mixture ²		3		
Mineral mixture ³		5		
Sodium alginate		2		
Commercial binder meal ⁴			50	19
Frozen horse mackerel			50	80
Guar gum				1
Nutrient content				
Moisture		35.2	39.5	57.2
Protein (% in dry matter)		46.3	54.9	58.3
Lipid (% in dry matter)		8.1	7.9	12.0
Ash (% in dry matter)		11.7	12.8	12.5

¹ Contained 0.015% ethoxyquin.

² Halver (1957).

³ H-440 premix NO.5 (mineral) (NAS 1973).

⁴ Contained commercial vitamin and mineral mixture.

실험어 및 사육 관리

1992년 5월 6일 국립수산진흥원 부안수산종묘배양장에서 한 어미로부터 산출된 조피볼락 치어를 부산시 양산군에 위치한 국립수산진흥원 본원으로 수송하여 2 ton FRP 수조에 수용하여 생사료와 상품 분말 사료를 1 : 1의 비율로 제조한 moist pellet으로 예비 사육한 것을 실험어로 사용하였다. 실험 수조는 300ℓ 원형 FRP 수조에 40마리씩 2반복으로 6개 수조에 수용하여 1993년 1월 12일부터 1993년 12월 5일까지 11개월간 사육 실험하였다. 먹이는 1일 2회 반복에 가깝도록 급여하였으며, 사육수는 여과 해수를 분당 약 6 ℓ로 조정하였다.

어체 측정

어체 측정은 1-2개월 간격으로 측정 전일 절식시킨 후 MS222로 마취시켜 각 수조의 실험어 전체 무게를 측정하였다. 실험개시 및 종료시에 각 실험 수조에서 임의로 10마리씩 무작위로 추출하여 전어체 일반성분을 분석하기 위해 냉동 보관(-30℃)하였다.

성분 분석

사료 및 어체의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조지방은 Soxhlet

추출법(ether 추출법), 조회분은 직접회화법으로 각각 분석하였다(AOAC 1984).

통계 처리

실험 결과는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성을 SPSS for Window (SPSS Inc. 1993) program을 사용하여 검정하였다.

품질 평가

실험종료시 분석용으로 sample하고 남은 어체를 4일간 절식시킨 후 1993년 12월 10일 각 사료별로 40마리씩 무작위로 추출하여 품질 평가용으로 회를 만들어 색, 냄새, 탄력 및 맛을 33명을 대상으로 관능 평가를 실시하였다. 관능평가시 점수는 5점 만점으로 3점에 기준을 두어 평가하도록 하였다.

결과 및 고찰

Table 2에서와 같이 평균 체중은 실험개시시 68.5 g 이었던 것이 11개월 후인 실험종료시에는

Table 2. Performance of Korean rockfish fed the three different diets for 11 months¹

Diets :	1	2	3	SEM ²
Initial mean weight (g)	68.1	68.9	68.9	
Final mean weight (g)	311.4 ^a	328.4 ^a	338.2 ^a	16.627
Weight gain (%) ³	357.0 ^a	377.0 ^a	390.9 ^a	21.926
Daily weight gain (%) ⁴	0.508 ^a	0.514 ^a	0.524 ^a	0.039
Feed efficiency (%) ⁵	71.2 ^a	82.8 ^b	91.0 ^b	2.365
Daily feed intake (%) ⁶	0.714 ^b	0.620 ^a	0.575 ^a	0.016
Daily protein intake (%) ⁶	0.331 ^a	0.341 ^a	0.335 ^a	0.007
Daily lipid intake (%) ⁶	0.058 ^b	0.049 ^a	0.069 ^c	0.000
Protein retention efficiency (%) ⁷	27.6 ^a	26.9 ^a	28.8 ^a	1.217
Lipid retention efficiency (%) ⁷	98.0 ^a	110.2 ^a	86.5 ^a	10.102

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

² Standard error of the mean.

³ (Fish weight gain × 100) / Initial fish weight.

⁴
$$\frac{(\text{Fish weight gain} \times 100)}{[(\text{Initial fish weight} + \text{final fish weight}) \times \text{days fed} / 2]}$$

⁵ (Fish weight gain × 100) / Feed intake.

⁶
$$\frac{[\text{Feed (or protein, or lipid) intake} \times 100]}{[(\text{Initial fish weight} + \text{final fish weight}) / 2] \times \text{days fed.}}$$

⁷ [Protein (or lipid) gain × 100] / Protein (or lipid) intake.

330 g 전후로 세 실험구간에 유의차가 없었다($P > 0.05$). 기간별 평균 체중의 변화(Fig. 1)는 사육기간이 경과함에 세 실험구 모두 거의 직선적으로 증가되었고, 이러한 경향은 이미 앞 실험(이 등 1995)에서 나타난 결과와 비슷한 경향이며, 사육 기간별로 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 증중율(357.0–390.9%) 및 일간증중율(0.508–0.524%)도 대조 사료나 생사료구간에 차이없이 비슷한 수준을 유지하였다($P > 0.05$). 사료효율은 대조사료구가 71.2%로 생사료구(82.8–91.0%)보다 낮은 경향을 보인 반면, 일간먹이섭취율은 대조 사료구가 0.714%로 타 실험구(0.575–0.620%)보다 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 하지만 일간단백질섭취율은 세 실험구 모두 0.331–0.335%로 비슷한 값을 보였다. 이와 같이 일간단백질섭취율이 세 실험구 모두 비슷하면서 먹이섭취율이나 사료효율이 차이가 나는 것은 사료 조성 중 단백질 및 에너지 함량이 다르기 때문으로 판단된다. 즉, 대조 사료인 사료 1은 단백질 함량이 46%, moist pellet구와 생사료구인 사료 2와 3은 각각 55% 및 58%로 나타나 큰 차이를 보이고 있고, 에너지 함량도 생사료 첨가구들이 높다. 이 등(1993a)은 조피볼락의 생물학적

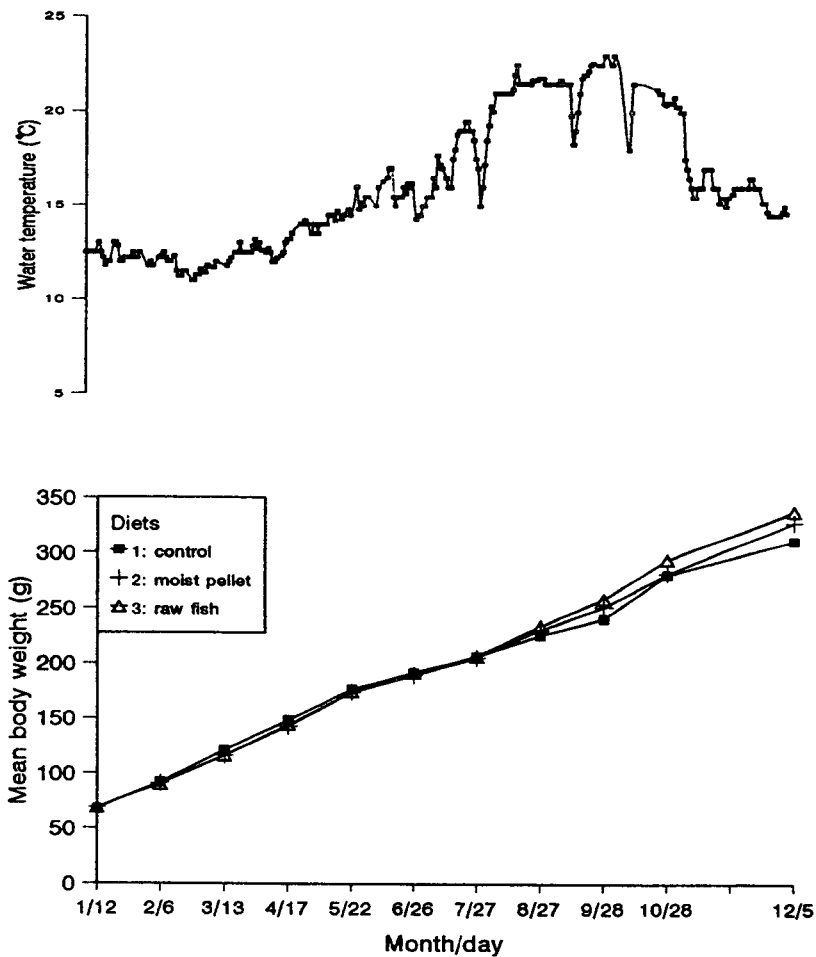


Fig. 1. Cumulative mean body weight of Korean rockfish fed the three different diets for 11 months.

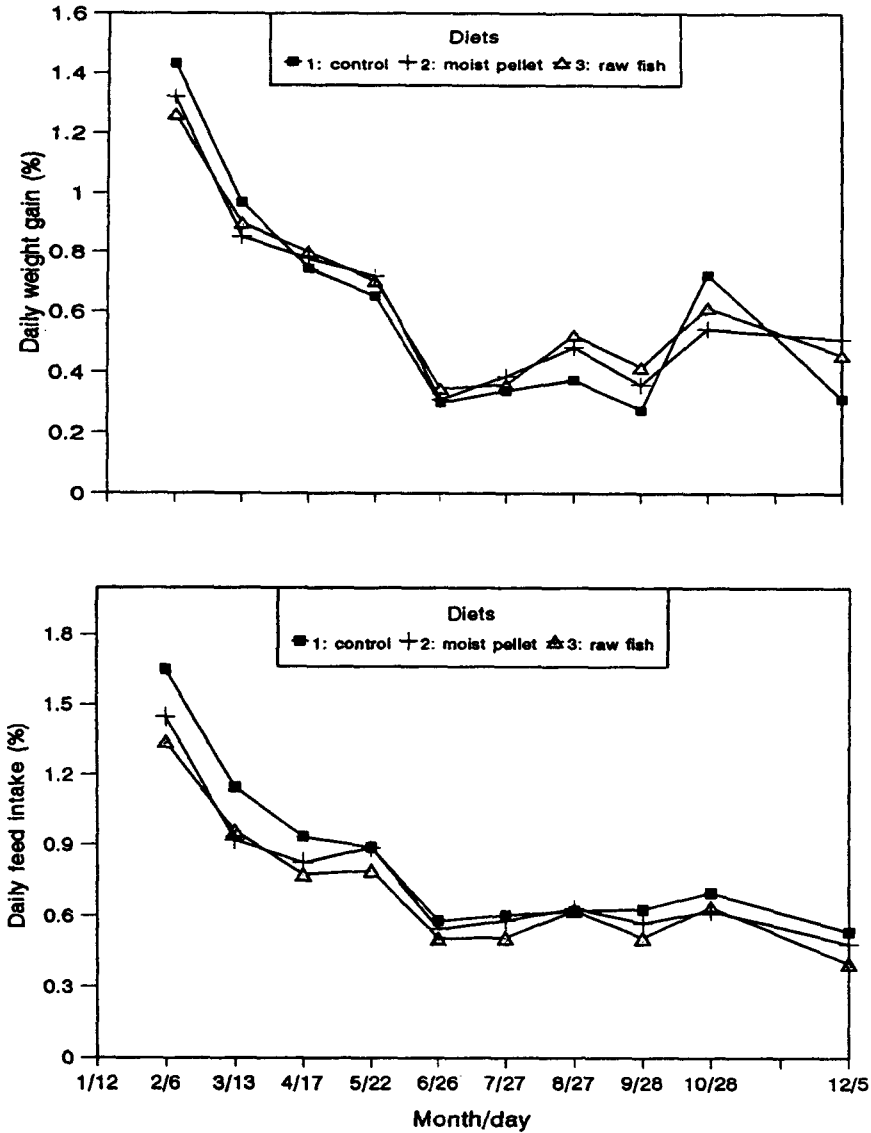


Fig. 2. Daily weight gain and feed intake of Korean rockfish fed the three different diets for 11 months.

최대 성장에 필요한 단백질요구량을 어체 크기에 따라 51-57%로, 경제적인 측면에서 단백질 요구량을 40%로 보고하였고, 사료의 단백질 함량이 52%와 60%로 높은 실험구들의 사료효율이 44% 이하의 실험구보다 높은 반면 일간사료섭취율은 낮은 경향이어서 본 실험에서와 같은 경향을 보였다. 일간 단백질섭취율이 0.33% 전후로 세 실험구 모두 유사하였는데, *李 등(1993a)*이 보고한 300 g까지의

조피볼락 일간단백질요구량 0.35%와 비슷한 값이다. 또한 성장과 일간단백질섭취율에 차이가 없으면서 사료효율 및 일간먹이섭취율에 다소 차이를 보이는 것은 사료에 함유된 단백질이나 에너지의 양을 요구량만큼 섭취하기 위한 것 때문으로 해석된다.

단백질축적효율 및 지질축적효율은 각각 26.9–28.8% 및 86.5–110.2%의 범위로 세 실험구 모두 비슷한 값을 보여 실험구간에 차이는 없었다.

사육 기간별로 일간증중을 및 일간먹이섭취율(Fig. 2)도 세 실험구 모두 같은 경향으로 6월까지(평균 체중 200 g 전후까지) 계속 감소하다가 그 후 일정한 값을 유지하여 앞 실험(이 등 1995)의 결과와 유사한 경향이었다.

Table 3에 표시한 바와 같이 전어체의 수분 함량은 실험개시시 69.4%였던 것이 실험종료시 66.9–68.2%로 약간 감소한 경향이었으나, 실험구에 따른 유의차는 없었다($P > 0.05$). 단백질 및 지질 함량은 실험종료시 각각 17.7–18.1% 및 10.0–10.7%의 범위로 실험개시시 각각 17.1% 및 8.0% 보다 약간 증가하였으며, 실험구에 따른 차이는 없었다($P > 0.05$). 간의 수분, 단백질 및 지질 함량도 각각 56.3–60.2%, 9.4–11.0% 및 16.6–22.3%의 범위로 실험구에 따른 유의차는 없었으며($P > 0.05$), 실험개시시와도 큰 차이는 없었다. 등근육의 수분 함량은 실험개시시 76.1%에서 실험종료시 73.9–75.4%로 약간 감소하였고, 지질 함량은 실험개시시 1.8%에서 2.6–3.0%로 다소 증가하였다. 수분, 단백질 및 지질 모두 실험구간에 각각 유의차는 없었다($P > 0.05$).

Table 3. Chemical compositions (%) of Korean rockfish fed the three different diets for 11 months¹

	Initial Diets :	1	2	3	SEM ²
Whole body					
Moisture	69.4	67.7 ^a	68.2 ^a	66.9 ^a	0.474
Protein	17.1	17.7 ^a	17.7 ^a	18.1 ^a	0.300
Lipid	8.0	10.5 ^a	10.0 ^a	10.7 ^a	0.678
Ash	4.5	4.0 ^a	4.5 ^a	4.2 ^a	0.224
Liver					
Moisture	58.2	59.6 ^a	56.3 ^a	60.2 ^a	1.844
Protein	10.7	10.6 ^a	9.4 ^a	11.0 ^a	0.485
Lipid	16.9	20.6 ^a	22.3 ^a	16.6 ^a	1.628
Ash	1.1	0.9 ^a	0.9 ^a	0.9 ^a	0.045
Dorsal muscle					
Moisture	76.1	75.4 ^a	74.1 ^a	73.9 ^a	0.762
Protein	20.9	20.4 ^a	21.5 ^a	22.1 ^a	0.163
Lipid	1.8	2.6 ^a	2.6 ^a	3.0 ^a	0.265
Ash	1.3	1.3 ^a	1.2 ^a	1.3 ^a	0.022

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

² Standard error of the mean : $n=2$.

대조 사료, moist pellet 및 생사료로 사육한 세 실험구를 대상으로 실험종료시 어체의 품질을 회로 33명이 평가하였다(Table 4). 평가 기준은 색, 냄새, 탄력, 맛에 대한 것으로 5점 만점으로 3점에 기준을

두어 평가하도록 하였는데, 모든 항목에서 실험구별로 차이를 보이지 않았다. 이는 품질에 차이가 없음을 의미하고 실제 회를 먹는 사람들이 생사료 및 배합 사료로 사육한 어체에 대한 편견이 없다면, 어체의 품질에 대한 문제는 없을 것으로 판단된다.

Table 4. Flesh quality test of the raw fish

Diets :	1	2	3	Significance
Colour	3.5	3.4	3.3	P=0.39
Smell	3.4	3.4	3.4	P=0.94
Texture	3.5	3.6	3.5	P=0.74
Taste	3.7	3.5	3.5	P=0.54

위의 결과와 같이, 양어가들이나 어민들이 주로 사용하고 있는 생사료와 실험용으로 제조된 대조 사료 사이에 성장, 체성분 및 영양소축적효율에서 차이가 없음이 확인되었다. 또한, 본 실험에서 사용한 대조사료는 실용 사료 개발을 위한 대조 사료로도 손색없이 아주 좋은 사료로 사용이 가능할 것으로 생각되며, 이 실험 사료를 대조 사료로 하였을 때 대조 사료와 차이가 없는 경제적인 사료가 개발되면 조피볼락용 배합 사료로 만족할 수 있을 것이다. 따라서, 생사료가 성장이나 품질에 최선이 아니라는 사실이 어민이나, 양어가들에게 빨리 인식되어야 할 것이며, 값싼 양질의 배합 사료가 하루빨리 공급되어 어민의 소득 증대에 도움이 되어야 할 것이다.

요 약

조피볼락 용 배합 사료를 개발하기 위한 기초 단계로서 우선 간단한 형태의 실험용 배합 사료(대조 사료)를 제조하여, 그 효과를 확인해 보았다. 그리고 실험 사료의 효과가 인정되면, 이 사료를 대조 사료로 하여 반복 실험을 통해 사료의 질을 점차 개선함과 동시에 원가를 낮추는 연구를 계속할 계획이다. 따라서 본 실험에서는 북양어분(백색 어분)을 주단백원으로하고 소맥분과 비타민을 첨가한 배합 사료(대조 사료)를 제조한 후, 사육 실험을 통해 그 성능을 기존의 생사료(80% 냉동전갱이+20% 분말사료) 및 moist pellet (50% 냉동전갱이+50% 분말사료)과 비교하였으며, 어체 품질에 대한 관능 평가도 실시하였다.

평균 체중은 실험개시시 68.5 g이었던 것이 11개월 후인 실험종료시에는 330 g 내외에 달하였고, 세 실험구간에 유의차가 없었다($P > 0.05$). 증중율 및 일간증중율도 대조 사료나 생사료구간에 차이없이 비슷한 수준을 유지하였다($P > 0.05$). 사료효율은 대조 사료가 생사료구나 moist pellet구보다 낮은 반면, 일간먹이섭취율은 대조 사료구가 타 실험구보다 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 그리고 일간단백 질섭취율은 세 실험구 모두 비슷한 값을 보였다. 사육기간 중의 평균 체중은 세 실험구 모두 거의 직선적으로 증가되었고, 일간증중율 및 일간먹이섭취율은 세 실험 모두 200 g 전후까지 계속 감소하다가 그 후에는 비교적 일정한 수준을 유지하였다. 단백질축적효율 및 지질축적효율도 실험구간에 유의적인 차이는 없었다($P > 0.05$). 전어체, 간 및 근육의 수분, 단백질 및 지질 함량은 실험구간에 모두 유의적인 차이가 없었다($P > 0.05$). 실험종료후 세 실험구를 대상으로 어육의 색, 냄새, 탄력 및 맛에 대해 관능 평가를 실시한 결과, 모든 항목에서 실험구별로 차이가 없었다.

참 고 문 헌

- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemicals, 14th edition. Arlington. AV. 1141 pp.
- Halver, J. E., 1957. Nutrition of salmonoid fishes III. Water-soluble vitamin requirements of chinook salmon. J. Nutr. 62 : 225-243.
- NAS (National Academy of Sciences), 1973. Nutrient requirements of trout, salmon and catfish. NAS, Washington, D. C. 50 pp.
- 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., J. Y. Lee and S. B. Hur, 1994. Essentiality of dietary eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in Korean Rockfish, *Sebastes schlegeli*. Bull. Korean Fish. Soc. 27 : 712-726.
- SPSS Lnc. 1993. SPSS for Window User's Guide, Release 6.0, SPSS Lnc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- 李鍾允 · 姜龍珍 · 李尚旻 · 金仁培, 1993a. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 蛋白質 要求量. 韓國養殖學會誌 6 : 13-27.
- 李鍾允 · 姜龍珍 · 李尚旻 · 金仁培, 1993b. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*飼料의 適正 에너지/蛋白質 比. 韓國養殖學會誌 6 : 29-46.
- 李尚旻 · 李鍾允 · 姜龍珍 · 許聖範, 1993c. 飼料의 n-3系 高度不飽和脂肪酸 含量에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 成長 및 生化學的 變化 I. 成長效果 및 體成分의 變化. 韓國養殖學會誌 6 : 89-105.
- 李尚旻 · 李鍾允 · 姜龍珍 · 許聖範, 1993d. 飼料의 n-3系 高度不飽和脂肪酸 含量에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 成長 및 生化學的 變化 II. 血液成分 變化 및 肝細胞 性狀. 韓國養殖學會誌 6 : 107-123.
- 李尚旻 · 李鍾允 · 姜龍珍 · 尹好東 · 許聖範, 1993e. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 n-3 系 高度不飽和脂肪酸 要求量. 韓國水產學會誌 26 : 477-492.
- 李鍾允 · 姜龍珍 · 李尚旻 · 朴閔貞, 1993f. 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 營養研究用 實驗 飼料의 蛋白質源 評價. 수진연구보고 48 : 97-105
- 이상민 · 이종윤 · 강용진, 1993. 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 체성분 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, 1995. 육상 사육 수조에서 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)의 성장 패턴. 한국양식학회지 8 : 221-229.