

조피볼락 사료의 어분 평가

이상민 · 전임기 · 이종윤
국립수산진흥원

Comparison of Various Fish Meals as Dietary Protein Sources for Korean Rockfish, *Sebastes schlegeli*

Sang-Min LEE, Im Gi JEON and Jong Yun LEE

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

Two experiments were conducted to investigate the utilization of various types of fish meal as dietary protein sources in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). In the first experiment, averaging 5.7 g fish were divided into two groups and fed one of diets containing 55% steam-dried white fish meal (SWFM) or 55% brown fish meal (BFM) for 45 days. Weight gain and feed efficiency from fish fed SWFM were significantly ($P < 0.05$) higher than those from fish fed BFM diet. However, daily feed intake, protein retention and lipid retention were not influenced by the two different diets. In the second experiment, averaging 86.6 g fish were divided into six groups and fed one of diets containing 56% SWFM, 28% SWFM + 31% flame-dried white fish meal (FWFM), 62% FWFM, 28% SWFM + 31% BFM, 56% BFM, or 28% SWFM + 29% hydrolyzed fish protein (HFP) for 21 weeks. No significant differences were found among fish fed the six different diets in weight gain, feed efficiency, condition factor, whole body composition, and relative liver weight. Results of the present studies indicated that fish size should be considered in selecting feed ingredients and also feed cost could be lowered by replacing SWFM with FWFM or BFM in growing Korean rockfish diet.

Key words : dietary protein sources, fish meal, practical diet, Korean rockfish

서 론

대부분의 해산어류는 육상동물이나 담수어와는 달리 육식성이 강하고 단백질 요구량이 높아 사료원가 중 단백질원이 차지하는 비중이 높다. 또한, 담수어처럼 식물성 단백질의 이용성이 높지 않기 때문에 배합 사료에 항상 어분이 주 단백질원으로 사용되고 있어 어분의 공급, 품질, 가격 등은 해산어용 사료 개발에 있어 매우 중요한 요인이다. 주 단백질원으로 사용되는 북양어분(간접식)은 여러 가지 영양소의 균형이 잘 갖추어진 양질의 어분으로서, 해산어 사료의 단백

질원으로 특히 많이 사용되고 있다. 하지만, 북양어분은 현재 가격이 비싸고, 어획량 변동이 심해 공급이 불안정한 실정이며, 앞으로도 이러한 현상은 더 심해질 것으로 예상된다. 어분 생산량은 자원량의 부족으로 인하여 더 이상 증가될 전망은 없지만, 어류, 특히 해산어의 양식 생산량은 매년 증대되고 있고 (Kim, 1994), 이러한 증가 추세는 당분간 계속될 전망이다. 양어 사료에 사용되고 있는 어분은 전 세계 어분 생산량의 10% 이상을 차지하고 있어서 (Rumsey, 1994), 고급 어분의 사용은 앞으로 계속 제한적일 수 밖에 없는 실정이고, 대상 어종에 따라서 사료에 어

본 연구는 수산청 수산특정연구개발사업의 연구비로 수행되었음.

분 첨가비가 매우 다양하며, 개발된 사료라 할 지라도 그 사료의 개선 상태에 따라라도 첨가되는 어분량이 다를 것이다. 따라서 어분의 생산량, 가격, 품질 등의 요인을 고려하여 사료의 질을 개선시키고 원가를 절감할 수 있도록 여러 가지 종류의 어분에 대해 그 이용성을 구명하는 연구가 필요하다. 그래서 본 연구에서는 넓치 다음으로 우리 나라에서 양식에 의한 생산량이 높은 조피볼락에 대하여 사료의 주 단백질원으로 북양어분 (white fish meal: 직접식과 간접식), 갈색어분 (brown fish meal) 및 어류가수분해단백질 (hydrolyzed fish protein)의 이용성에 대해 검토하였다.

재료 및 방법

실험 개시시 평균체중이 5.7 g (실험 1)과 86.6 g (실험 2)인 실험어를 대상으로 2회의 사육실험을 실

시하였는데, 주 단백질원으로 실험 1은 북양어분 간접식 (고려원양 제품, 개척호)과 갈색어분 (페루산)의 이용성을 비교하였고, 실험 2에서는 북양어분 간접식, 북양어분 직접식 (동원산업 제품, 동산호), 갈색어분 및 어류가수분해단백질 (상품명: Bioflour, Nippon Chemical Feed사 제품, Japan)의 이용성을 검토하였다.

실험사료

Table 1에 나타낸 바와 같이 북양어분 간접식과 갈색어분을 각각 단백질원으로 한 2종류의 실험사료 (실험 1)와 북양어분 간접식을 단백질원으로 한 대조사료, 북양어분 간접식을 북양어분 직접식 50%와 100%, 갈색어분 50%와 100% 및 어류가수분해단백질 50%씩으로 각각 대체한 6종류의 실험사료 (실험 2)를 배합하였다. 사료배합 및 제조는 Lee and Lee (1994a)가 보고한 결과에 따라 조피볼락의 영양요구에 맞도록 준비하였다.

Table 1. Composition (%) of the experimental diets

Ingredient	Exp.-1		Exp.-2					
	WFM	BFM	Con	WFMFD50	WFMFD100	BFM50	BFM100	HFP50
White fish meal (SD) ¹	55		56	28		28		28
White fish meal (FD) ²				31	62			
Brown fish meal ³		55				28	56	
Hydrolyzed fish protein ⁴								29
Wheat flour	28	28	30	27	24	30.5	31	30
Squid liver oil	4	4	5	5	5	4.5	4	4
Vitamin mixture ⁵	3	3	3	3	3	3	3	3
Mineral mixture ⁶	4	4	4	4	4	4	4	4
Sodium alginate	3	3	2	2	2	2	2	2
Yeast	3	3						
Nutrient content (% on a dry matter basis)								
Crude protein	46.5	46.5	45.7	46.5	46.8	46.2	46.7	47.5
Crude lipid	8.5	8.4	8.4	9.6	9.3	9.0	8.8	9.6
Crude ash	13.5	11.9	13.0	15.6	17.6	11.9	11.3	12.3

¹ Produced by steam dry method.

² Produced by flame dry method.

³ Imported from Peru.

⁴ Bioflour (Nippon Chemical Feed, Japan).

⁵ Halver (1957).

⁶ H-440 premix NO.5 (mineral) (N.A.S., 1973).

실험어 및 사육관리

실험어는 1993년 4월 19일 완도수산종묘배양장에서 어미로부터 생산된 치어를 2 ton FRP 수조에 수용하여 moist pellet (생사료 : 시판분말사료 = 1 : 1)으로 예비사육하다가 실험용으로 중간 크기의 건강한 어체를 각 실험수조 (실험 1은 100ℓ 원형수조, 실험 2는 300ℓ 원형수조)마다 150마리씩 선별하여 임의로 수용한 후 1주간 대조사료를 급여하였다. 이렇게 두 실험 모두 실험사료와 수조에 순치시킨 후, 각 실험수조별로 50마리씩 다시 선별, 수용하여 평균체중 5.7g (실험 1)과 86.6g (실험 2)의 조피볼락을 대상으로 본 사육실험을 실시하였다. 실험 1은 45일간, 실험 2는 21주간 각 실험사료마다 각각 2반복으로 사육실험하였다. 1일 2회 반복에 가깝도록 사료를 급여하였으며, 사육수로 여과된 해수를 각 수조마다 실험 1에는 2ℓ/min, 실험 2에는 5ℓ/min씩 각각 공급하였다. 사육기간중의 수온은 실험 1에서는 18~22°C, 실험 2에서는 11~18°C였다.

어체측정 및 소화율측정

실험 1은 실험시작시, 실험시작 2주후 그리고 실험 종료시에, 실험 2는 약 4주 간격으로 측정 전일 절식시킨 후 MS222 100ppm에 마취시켜 각 수조의 실험어 전체 무게를 측정하였다. 실험개시 및 종료시에 각 실험수조에서 임의로 15마리씩 추출하여 어체의 일반 성분 분석용으로 냉동보관 (-30°C)하였다.

실험 1에서 소화율 측정을 위해 사육실험이 끝난 실험어를 각 수조당 35마리씩 Lee and Lee (1994b)가 사용한 것과 동일한 분 수집장치에 옮겨, 산화크롬을 0.5% 첨가한 실험사료로 10일간 예비사육 한 후 7일간 분을 수집하였다. 실험사육시의 방법과 동일하게 사료를 급여하였으며, 오후 5시경에 분 수집장치내의 사료 찌꺼기와 분을 완전히 청소하고, 다음날 09:00~09:30에 분 수집통에 침전된 분을 수집하였다. 수집된 분을 동결건조하여 산화크롬 및 일반성분을 분석하였으며, 산화크롬은 Furukawa and Tsukahara (1966)의 방법에 따라 분석되었다.

성분분석

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

출법 (ether 추출법), 조회분은 직접회화법으로 각각 분석되었다 (AOAC, 1984). 조섬유는 FIBERTEC SYSTEM (Tecator, Sweden)으로 분석되었다. 아미노산은 시료를 6 N HCl로 110°C sand bath 상에서 24시간 가수분해한 후, 감압농축하고, pH 2.20 Na-citrate buffer로 정용하여, HITACHI Resin # 2619 칼럼 (2.6×150 mm)을 쓰는 HITACHI Model 835-50 아미노산 자동분석기(Japan)로 분석되었다. 또한, tryptophan은 비색법으로, 지질 추출 및 지방산 분석은 Lee et al. (1994)이 사용한 방법과 동일하게 실시되었다.

통계처리

SPSS for Window (SPSS Inc., 1993) program을 사용하여 실험결과를 통계처리하였는데, 실험 1은 *t*-test로, 실험 2는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

단백질 원료로 사용된 어분의 일반성분 및 아미노산 조성의 분석 결과는 Table 2에 나타내었다. 조단백질 함량은 63~66%로 큰 차이를 보이지 않았고, 조지방 함량은 5.6~10.2%로 어분 종류에 따라 다소 차이를 보였다. 또한 필수아미노산 조성은 북양어분 직접식, 갈색어분 및 어류가수분해단백질의 Met. + Cys.이 북양어분 간접식에 비해 다소 낮은 것 외에는 별 차이를 보이지 않았다. 북양어분 및 갈색어분은 조피볼락의 필수지방산인 EPA와 DHA (Lee et al., 1994)도 다량 함유하고 있어 단백질원으로서 뿐 아니라 필수지방산원으로서도 중요한 원료로 생각된다. Lee et al. (1995a)은 북양어분을 주 단백질원으로 한 배합사료를 제조하여 현재 양어들이 주로 사용하고 있는 생사료와 그 효과를 비교한 결과, 성장, 사료효율, 영양소이용률 및 어체의 품질이 사료간에 차이가 없음을 밝혀 어분사료의 우수성을 입증하였다. 또한, Lee (1994)와 Lee et al. (1995b)은 어분을 주 단백질원으로 한 사료에 지질종류를 달리 첨가하여 어분 중의 필수지방산 유용성을 검정한 바 있다.

Fig. 1과 2에 표시한 바와 같이 실험 1과 2 모두 사

Table 2. Composition (%) of the dietary protein sources

Protein sources :	White fish meal		Brown fish meal	Hydrolyzed fish protein
	Steam dried	Flame dried		
<u>Proximate analysis (%)</u>				
Moisture	5.5	7.5	8.1	5.0
Crude protein	66.8	62.7	64.5	65.6
Crude lipid	6.7	5.6	8.9	10.2
Crude ash	17.5	21.9	18.8	15.0
Crude fiber	0.7	0.5	0.3	0.5
<u>Essential amino acids (% in protein)</u>				
Arginine (Arg)	7.1(148) ¹	7.2(150)	7.0(147)	6.7(142)
Histidine (His)	1.7 (35)	1.9 (40)	2.4 (50)	2.4 (51)
Isoleucine (Ile)	3.7 (77)	3.7 (77)	3.8 (80)	3.8(102)
Leucine (Leu)	8.1(169)	8.4(175)	8.3(174)	8.5(180)
Lysine (Lys)	4.9(102)	5.2(108)	5.4(113)	5.2(110)
Methionine (Met)	4.3 (90)	3.2 (67)	3.8 (80)	2.8 (59)
+Cystine (Cys)				
Phenylalanine (Phe)	7.9(165)	8.1(168)	7.4(155)	7.9(168)
+Tyrosine (Tyr)				
Threonine (Thr)	4.9(102)	5.0(104)	5.0(105)	5.1(108)
Tryptophan (Trp)	1.3 (27)	1.2 (25)	ND	0.3 (6)
Valine (Val)	4.1 (85)	4.2 (87)	4.2 (88)	4.4 (93)
Total	48.0	48.1	47.6	47.1
<u>Polyunsaturated fatty acids (PUFA, area %)</u>				
20 : 5n-3	9.1	9.0	17.4 ³	
22 : 6n-3	17.5	19.0	14.9 ³	
∑n-3	26.9	28.6	37.9 ³	
∑n-6	4.8	3.7	4.0 ³	
∑n-3HUFA ²	26.7	28.0	35.8 ³	

¹ A/E ratio: (each amino acid/total essential amino acids including cys. and tyr.)×1000.

² Highly unsaturated fatty acids (C≥20).

³ Data from Watanabe et al. (1983).

ND: not determined.

육기간이 경과함에 따라 직선적으로 평균체중이 증가 되었고, 모든 실험구가 수온의 변화 (11~22°C)에 영향을 받지 않은 것으로 나타나, 12~20°C에서 조피볼락의 성장 차이가 없었다는 Lee et al. (1993)의 연구 결과와 일치하였다. 평균체중 5.7g의 치어를 대상으로 45일간 사육한 실험 1에서는 Table 3에 표시한 바와 같이 일간사료섭취량은 사료간에 차이가 없는 반면, 최종평균 체중, 증중율 및 사료효율은 WFM구가 BFM구보다 유

의하게 높았다 (P<0.05). 평균체중 86.6g의 조피볼락을 21주간 사육한 실험 2에서는 Table 4에 표시한 바와 같이 일간사료섭취량이 WFMFD100구가 체중의 1.031%로 가장 높았으며, HFP50구가 0.976%로 가장 낮은 값을 보였다 (P<0.05). 하지만 최종평균체중, 증중율 및 사료효율은 사료간에 유의차없이 비슷한 값을 나타 내었다 (P>0.05). 비만도 (condition factor) 및 간중량 비 (hepatosomatic index)도 각각 18.5~20.3 및 3.05~

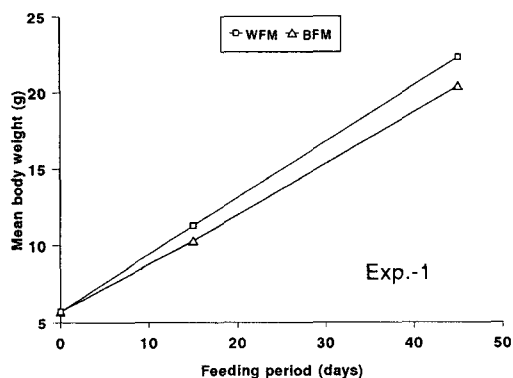


Fig. 1. Growth of juvenile Korean rockfish fed white fish meal (WFM) or brown fish meal (BFM) diet.

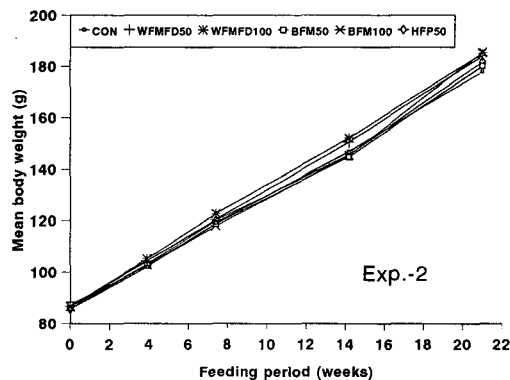


Fig. 2. Growth of growing Korean rockfish fed the different fish meal diets containing 100% steam-dried white fish meal (con.), 50% flame-dried white fish meal (WFMFD50), 100% flame-dried white fish meal (WFMFD100), 50% brown fish meal (BFM50), 100% brown fish meal (BFM100), or 50% hydrolyzed fish protein (HFP50).

Table 3. Performance of Korean rockfish fed white fish meal or brown fish meal for 45 days (Exp.-1)

	Diets		Significance ³
	WFM ¹	BFM ²	
Initial mean weight (g)	5.7 ± 0.06	5.7 ± 0.09 ⁴	
Final mean weight (g)	22.3 ± 0.16	20.4 ± 0.54	*
Weight gain (%)	291.6 ± 1.27	257.7 ± 15.14	*
Feed efficiency (%)	91.6 ± 0.52	86.7 ± 1.15	*
Daily feed intake (% of body wt.)	3.70 ± 0.02	3.71 ± 0.14	NS
Protein retention (%)	34.4 ± 0.25	33.3 ± 0.19	NS
Lipid retention (%)	113.6 ± 0.23	100.6 ± 0.14	NS
Whole body composition (%)			
	Initial	Final	
Moisture	73.2 NS	69.6 ± 0.23	70.2 ± 0.28
Crude protein	16.2 NS	17.2 ± 0.02	17.4 ± 0.26
Crude lipid	5.4 NS	9.2 ± 0.20	8.7 ± 0.29

¹ Steam-dried white fish meal.

² Brown fish meal.

³ Within the same row, an asterisk denotes significant difference between paired means (t-test, *: P<0.05, NS: not significant).

⁴ Mean ± s.d. of duplication.

Table 4. Performance of Korean rockfish fed the six different diets for 21 weeks (Exp.-2)¹

	Diets						SEM ⁸	
	Con ²	WFMFD50 ³	WFMFD100 ⁴	BFM50 ⁵	BFM100 ⁶	HFP50 ⁷		
Initial mean weight (g)	86.6	86.9	86.7	86.6	86.6	86.6	0.122	
Final mean weight (g)	178.0 ^a	184.2 ^a	185.2 ^a	180.3 ^a	185.6 ^a	181.9 ^a	4.266	
Weight gain (%)	105.6 ^a	112.0 ^a	113.7 ^a	108.3 ^a	114.4 ^a	109.9 ^a	4.975	
Feed efficiency (%)	64.8 ^a	64.6 ^a	65.0 ^a	66.2 ^a	67.9 ^a	67.3 ^a	1.498	
Daily feed intake (% of body wt.)	0.987 ^{abc}	1.027 ^{bc}	1.031 ^c	0.983 ^{ab}	0.991 ^{abc}	0.976 ^a	0.012	
Condition factor ⁹	20.0 ^a	20.3 ^a	20.2 ^a	18.8 ^a	19.6 ^a	19.6 ^a	1.607	
Hepatosomatic index ¹⁰	3.054 ^a	3.070 ^a	3.118 ^a	3.149 ^a	3.370 ^a	3.169 ^a	0.395	
Protein retention (%)	22.9 ^{ab}	22.4 ^a	23.9 ^{bc}	25.0 ^c	24.1 ^{bc}	23.7 ^{abc}	1.475	
Lipid retention (%)	183.1 ^a	156.2 ^a	164.7 ^a	170.4 ^a	190.1 ^a	174.0 ^a	13.312	
Whole body composition (%)								
	Initial	Final						
Moisture		66.2 ^a	66.7 ^a	65.3 ^a	65.9 ^a	65.7 ^a	65.7 ^a	1.02
Crude protein	17.0	16.6 ^a	16.5 ^a	17.1 ^a	17.2 ^a	16.8 ^a	16.9 ^a	0.17
Crude lipid	7.1	12.2 ^a	12.3 ^a	12.5 ^a	12.3 ^a	13.2 ^a	13.1 ^a	0.93
Liver composition (%)								
Moisture		51.5 ^a	52.5 ^a	53.6 ^a	52.3 ^a	55.1 ^a	54.8 ^a	1.01
Crude protein		9.5 ^a	9.5 ^a	9.7 ^a	9.6 ^a	9.6 ^a	9.8 ^a	0.18
Crude lipid		29.7 ^c	28.0 ^{bc}	26.2 ^{abc}	27.6 ^{bc}	23.0 ^a	24.4 ^{ab}	1.17

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

² Control diet contained 100% steam-dried white fish meal.

³ 50% flame-dried white fish meal.

⁴ 100% flame-dried white fish meal.

⁵ 50% brown fish meal.

⁶ 100% brown fish meal.

⁷ 50% hydrolyzed fish protein.

⁸ Standard error of the mean.

⁹ [Wet body weight (g)×1000]/Total body length (cm)³.

¹⁰ [Wet liver weight (g)×100]/Wet body weight (g).

3.37로 나타나 사료간에 차이가 없었다. 실험 1에서는 단백질 및 지질축적율이 사료간에 차이가 없는 반면, 실험 2에서는 단백질축적율이 BFM50구가 가장 높았고, WFMFD50구가 가장 낮았다 (P<0.05). 지질축적율은 156~190%의 범위로 사료원료에 따른 유의차는 인정되지 않았다. Table 2에서 언급한 바와 같이 북양어분 간접식과 갈색어분의 일반성분이 거의 비슷한 수준이었고, 필수아미노산 조성도 Met.+Cys.이 북양어분 간접식에 비해 갈색어분에서 약간 낮은 것 외에는 특별한 차이가 없었다. 단백질 및 지질의 소화율도 각각 91.3~92.4% 및 90.9~94.0%로 나타나 북양어분 사료와 갈색어분 사료 사이에 거의 차이가 없었음에도 불구하고

고 어체 크기에 따라 성장효과가 차이를 보였다. Watanabe et al. (1983)도 북양어분과 페루산 갈색어분은 무지개송어의 성장, 사료효율 및 소화율에 차이가 없음을 밝혀 본 실험 2의 결과와 유사한 결론을 내렸다. 전어체의 단백질 및 지질 함량은 실험 1과 2 모두에서 사료원료에 따른 차이는 없었다 (P>0.05). 실험 2에서 간의 수분과 단백질 함량은 사료간에 차이가 없었으나 지질함량은 대조구가 가장 높았고, BFM100구가 가장 낮았다 (P<0.05).

위와 같이 실험 2에서 21주간 사육하여도 성장효과 및 영양소 이용이 사료간에 차이가 없으므로 상품사료의 주 단백질원으로 사용되고 있는 값비싼 북양어분

간접식을 다른 종류의 어분으로 일부 또는 완전 대체가 가능할 것으로 판단된다. 하지만 실험 2에 사용된 어체가 85g에서 실험종료시 180g이었던 반면, 이보다 적은 어체, 즉 성장속도가 빠른 치어기 단계인 실험 1에서는 갈색어분구가 북양어분구보다 성장을 및 사료효율이 유의적으로 감소하였으므로, 어체크기에 대한 연구가 보다 상세히 고려된 후에 대체 여부를 결정하여야 할 것이다. Lovell (1994)이 지적한 바 있듯이, 많은 연구자들이 영양소 요구량에 관한 연구를 주로 치어기 때 실시하여, 그 요구량이 마치 성어기까지 적용되는 것처럼 가정하고 있다. 이에 대해서는 어종, 어체크기, 사육실험기간, 먹이급여방식 및 수온 등의 여러 가지 요인에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다. 또한, 어분의 품질은 생산 년도, 생산지, 가공방법, 저장기간 등에 따라서 변동되기 쉬우므로 품질검사가 항상 병행되어야 할 것이며, 품질의 안정성이 무엇보다 필요하다.

이상에서와 같이 주 단백질원인 어분의 종류에 따른 이용성을 검토한 결과, 어체가 성장함에 따라 북양어분 간접식을 북양어분 직접식, 갈색어분, 어류가수분해단백질로 50~100%까지 대체하여도 어체의 성장 및 사료효율에 영향이 없었다. 따라서 사료제조 시기나 어분 생산량에 따라 이용가능한 어분을 선정하여 적정 수준까지 첨가하는 것은 사료의 원가를 절감하는데 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

요 약

여러 가지 어분의 이용성을 검토하기 위해 어분의 종류와 혼합비를 달리한 실험사료로 2회에 걸쳐 사육 실험을 실시하였다. 단백질원으로 북양어분 간접식을 100% 첨가한 사료와 북양어분을 갈색어분으로 100% 대체한 2종류의 실험사료를 제조하여 평균체중 5.7g의 조피분락을 대상으로 45일간 사육한 결과, 최종평균체중, 증중율 및 사료효율 모두 갈색어분 첨가구가 대조구보다 유의하게 낮은 값을 보인 반면 ($P < 0.05$), 일간 사료섭취량, 단백질 및 지질축적율과 단백질 및 지질의 외견상 소화율은 대조구와 차이가 없었다. 단백질원으로 북양어분 간접식 100% 첨가구 (대조구)와 북양어분 간접식을 북양어분 직접식으로 50% 및 100% 대체

한 실험구, 갈색어분으로 50% 및 100% 대체한 실험구 및 어류가수분해단백질로 50% 대체한 실험구를 설정하여 평균체중 86.6g의 조피분락을 21주간 사육한 결과, 사육기간에 따른 체중의 변화는 사료간에 거의 차이가 없이 직선적으로 증가하였으며, 최종평균체중, 증중율, 사료효율, 지질축적율은 어분종류에 따른 유의차가 인정되지 않았다 ($P > 0.05$). 단백질축적율은 갈색어분 50% 대체구가 유의적으로 높은 값을 보였으나 ($P < 0.05$), 모든 실험구의 값이 22.4~25.0%의 범위로 큰 차이는 없었다. 두 실험 모두 전어체의 단백질 및 지질 함량은 사료의 어분종류나 첨가비에 따른 차이는 없었다 ($P > 0.05$). 위의 결과들로 보아 성장효과가 어체 크기에 따라 달라짐을 알 수 있고, 성장함에 따라 어분 이용성의 선택 폭이 넓어지므로 어체 크기에 따라 배합사료의 주 단백질원을 적절히 조정하여 값비싼 북양어분 간접식은 다른 값싼 어분으로 일부 또는 완전히 대체 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1984. Official methods of analysis, 14th edition. Arlington, Virginia, USA.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1~42
- Furukawa, A. and H. Tsukahara. 1966. On the acid digestion for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 32, 502~506 (in Japanese).
- Halver, J. E. 1957. Nutrition of salmonoid fishes III. Water-soluble vitamin requirements of chinook salmon. *J. Nutr.*, 62, 225~243.
- Kim, I. B. 1994. Present status of fish culture and fish feed supply in Korea. *Proceedings of FOID, '94 The third international conference on fisheries and ocean industrial development for productivity enhancement of the coastal waters.* pp. 21~43.
- N.A.S. (National Academy of Sciences). 1973. Nutrient requirements of trout, salmon and catfish.

- N.A.S., Washington, D.C., 50 pp.
- Lee, S. M., J. Y. Lee and Y. J. Kang. 1993. Effects of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids and water temperatures on growth and body composition of the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 48, 107~124 (in Korean with English abstract).
- Lee, J. Y. and S. M. Lee. 1994a. 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. and J. Y. Lee. 1994b. Effects of dietary α -cellulose levels on the growth, feed efficiency and body compositions in Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. Korean J. Aquacult., 7, 97~107 (in Korean with English abstract).
- 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.
- Lee, S. M. 1994. Effects of dietary beef tallow, soybean oil and squid liver oil on growth and body composition of the Korean rockfish *Sebastes schlegeli* and biochemical changes with starvation. Korean J. Aquacult., 7, 63~67 (in Korean with English abstract).
- Lee, S. M., J. Y. Lee and I. G. Jeon. 1995a. Effects of a practical Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) diet; comparison with raw fish and moist pellet diet. Korean J. Aquacult., 8, 261~269 (in Korean with English abstract).
- Lee, S. M., J. Y. Lee and Y. J. Kang 1995b. Influences of dietary soybean oil and squid liver oil on chemical compositions of adult Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 49, 81~89 (in Korean with English abstract).
- Lovell, R. T. 1994. Developments in nutrition and feeding of freshwater fish. Proceedings of FOID, '94 The third international conference on fisheries and ocean industrial development for productivity enhancement of the coastal waters. pp. 155~190.
- Rumsey, R. 1994. What is the future of fish meal use? Feed International, March, pp.10~17.
- SPSS for Window. 1993. Base system user's guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Watanabe, T., H. Nanri, S. Satoh, M. Takeuchi and T. Nose. 1983. Nutritional evaluation of brown meals as a protein source in diets for rainbow trout. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 49, 1083~1087.

1995년 6월 7일 접수

1996년 1월 6일 수리