

사료내 동물성 단백질원들이 조피볼락의 성장과 체조성에 미치는 영향

배승철 · 김강웅
부경대학교 양식학과

Effects of Dietary Animal Protein Sources on Growth and Body Composition in Korean Rockfish, *Sebastes schlegeli*

Sungchul C. Bai and Kang-Woong Kim

Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

A 6-week feeding trial was conducted to determine the nutritional value of various dietary animal protein sources in juvenile Korean rockfish. White fish meal (WFM), flounder muscle meal (FMM), blood meal (BM), casein & gelatin (CG), egg white albumin (EWA) and squid liver powder (SLP) were used as the animal protein sources. Crude protein content and available energy of the experimental diets were 50% and 15.9 kJ/g, respectively. There were significant differences among all dietary groups in weight gain (WG), feed efficiency (FE), and protein efficiency ratio (PER). WFM and FFM were the best animal protein sources among the dietary groups. FMM diet had significantly higher ($P<0.05$) WG, FE, and PER values than those of fish fed the WFM diet. WG, FE, PER, and specific growth rate (SGR) values of fish fed BM diet were significantly higher ($P<0.05$) than those of fish fed SLP diet, and these values of fish fed CG diet were higher ($P<0.05$) than those of fish fed EWA diet. Significant differences were found in whole body composition, hemoglobin (Hb), hepatosomatic index (HSI), and hematocrit (Ht). These results showed that low-temperature processing of lyophilized flounder muscle meal resulted in superior performance of rockfish relative to the other evaluated animal protein sources.

Key words : Nutritional value, Animal protein sources

서 론

조피볼락(*Sebastes schlegeli*)은 우리나라의 환경조건에 적합한 어종이며, 종묘생산기술의 꾸준한 발전으로 양식물량은 해마다 증가하여 해산어의 주 양식 대상어종인 넙치 다음으로 그 중요성이 부각되고 있다. 이 어종에 있어서의 배합사료 개발을 위한 영양평가나 영양소의 요구량에 대한 기초연구가 최근들어 몇몇의 연구자들에 의해 보고되고 있다(이 등, 1993a,b,c,d,e, f, 1994; 배 등, 1996).

李 등(1993a)은 조피볼락 치어의 적정 성장에 관한 단백질 요구량 및 에너지/단백질 비가 40%와 8로 보고하였다. 이와 같이, 조피볼락을 포함한 육식성 어류는 높은 단백질을 필요로 하기 때문에 성장을 유지하기 위해서는 사료내 단백질의 질(quality)과 양(quantity)이 육상에서 사육된 동물과 비교하여 매우 중요하다고 보고되었다(Cowey et al., 1974; Cowey, 1975; Wilson, 1985). 또한, 사료내 우수한 단백질원의 선택은 어종의 대한 사료내 단백질 요구량을 결정하는데 우선적으로 고려되어야 하며, 이것은

어류의 몸체를 구성할 뿐만 아니라, 효소나 호르몬으로써의 기능도 하므로 단백질원의 올바른 공급과 균형된 아미노산 조성은 어류의 성장과 유지에 필수적이다(NRC, 1983). 본 실험에 사용된 동결건조된 넙치근육분을 비롯하여 다른 단백질원들의 이용률에 대한 평가 여부는 알려지지 않았지만, 기호성, 필수아미노산 조성, 소화 이용률, 그리고 P(인)와 N(질소)같이 부영양화를 유발시킬 수 있는 영양소 및 독성분의 요인들(NRC, 1983; Tacon and Jacson, 1985)에 의해 영향을 미칠 수 있다.

李 등(1993f)은 조피볼락에 적합한 실험사료의 단백질원을 개발하기 위하여 단백질원으로 어분과 Casein 및 Gelatin을 단독 또는 결정체 아미노산을 보충하여 사용 하였으나, 정제사료의 낮은 기호성으로 인해 성장률이 낮은 것으로 보고하였다. 반면에, Chinook 연어(McCallum and Higgs, 1989)와 red drum (Moon and Gatlin, 1994)에 있어서는 실험어류의 근육조직을 단백질원으로 사용했을 때가 어분을 사용했을 때보다 성장이 좋았다고 보고되었다. 이와같이 영양연구를 위한 실험사료는 기호성이 뛰어나 실험어가 성장을 잘 할 수 있도록 고려해야하며, 실험사료의 단백질원은 필수아미노산 조성에 따른 실험어의 아미노산 요구량 수준에 가까울수록 적합하지만, 적정요구량이 설정되지 않았을 경우에는 잘 균형된 전란단백질, Casein 및 Gelatin, 실험어의 근육 또는 어분 등을 기준단백질로 사용해야 한다고 알려져 있다(Klein and Halver, 1970; Wilson et al., 1977; Arai, 1981; Ogata et al., 1983).

따라서, 이 실험에서는 6가지의 동물성 단백질원을 한가지 혹은 2-3개의 혼합으로 6가지의 사료를 제작하여 이용률이 우수한 단백질원을 선정하고, 상품 배합사료, 어분대체품 개발 및 미량원소 요구량실험을 위한 기초자료를 얻고자 실시되었다.

재료 및 방법

1. 실험어 및 사육관리

실험어는 1995년 8월 전라남도 완도배양장으로

부터 수송된 조피볼락 치어를 부경대학교 부설 수산과학연구소 사육실로 운반하여 3000 l 수조에서 실험환경에 적응할 수 있도록 넙치 상품사료를 주면서 2주간 예비사육 하였다. 실험에 들어가기 전에 실험사료에 적응하기 위해서 복양어분(WFM) 실험사료를 1주간 동일하게 공급하였으며, 주 사육 실험기간은 6 주간 실시하였다.

예비사육 후 평균무게 7.5 g인 치어를 280 l FRP 원형수조(수용량 150 l)에 30마리씩 수용하여 각 실험구당 3반복으로 무작위 배치하였다. 실험어의 각 수조당 평균 무게는 $225.6 \text{ g} \pm 0.13 \text{ g}$ (Avg. \pm SEM) 이었다. 사육수는 고속모래여과기(역여과 방식)에 의해 여과된 해수를 사용하였으며, 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 실험 시작시에 2 l/min 되도록 하였고, 실험어류가 성장함에 따라 4 l/min까지 조절하였다. 각 수조당 충분한 산소 공급을 보충하기 위해 에어 스톤을 설치하였고, 수온은 19~20°C로 전 실험 기간 동안 자연수온에 의존했다. 일일 사료 공급량은 어체중의 2% (건물량 기준)로 1일 2회(오전 10:00, 오후 16:00) 공급하였으며, 나머지는 잔량으로 계산하였다.

2. 실험 사료

실험에 사용된 기초사료의 조성표와 실험사료의 일반성분은 각각 Table 1에 나타내었으며, 6가지 실험사료의 필수아미노산 조성(EAA)은 Table 2에 나타내었다.

실험사료는 복양어분구(WFM), 넙치근육구(FMM), 오징어간분구(SLP), 혈분(BM)+복양어분구, 카제인(Casein)+젤라틴(Gelatin)+복양어분구, 난단백(EWA)+젤라틴+복양어분구로 6가지를 제조하였다. 실험사료의 조단백질 함량은 50%, 가용에너지(Physiological fuel value: Lee and Putnam, 1973; Garling and Wilson, 1976)는 15.9 KJ/g (protein, 16.7 KJ/g; lipid, 37.7 KJ/g; carbohydrate, 16.7 KJ/g)으로 조절하였다.

Table 1. Composition of the experimental diets (% of dry matter basis)

INGREDIENTS	DIETS ¹					
	WFM	FMM	BM	SLP	CG	EWA
White fish meal ²	69.00	—	34.50	—	10.00	10.00
Flounder muscle meal ³	—	61.50	—	—	—	—
Blood meal ⁴	—	—	26.60	—	—	—
Vitamin-free casein ⁵	—	—	—	—	33.50	—
Gelatin ⁶	—	—	—	—	11.00	11.80
Egg white albumin ⁷	—	—	—	—	—	32.00
Squid liver powder ⁸	—	—	—	74.20	—	—
Dextrin	14.58	14.45	18.00	15.88	20.60	19.50
Squid liver oil	7.15	15.00	10.90	1.20	15.00	15.00
Vitamin premix ⁹	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Mineral premix ¹⁰	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05
CMC ¹¹	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Cellulose	0.00	0.00	0.95	0.00	0.85	2.65
PROXIMATE						
Crude protein	50.0	50.8	49.6	50.0	49.8	51.3
Crude fat	16.5	15.9	15.5	13.4	15.6	13.2
Crude ash	11.1	4.3	7.7	8.9	4.9	6.5

¹Abbreviations used : WFM=white fish meal ; FMM=flounder muscle meal ; BM=blood meal ; CG=casein+gelatin ; EWA=egg white albumin ; SLP=squid liver powder

²Kum Sung Feed Co., Pusan, Korea : crude protein, 69.7 ; crude fat, 10.00 ; crude ash, 17.1.

³Prepared in this laboratory by lyophilizing muscle from adult fish : crude protein, 85.5 ; crude fat, 3.5 ; crude ash, 6.5.

⁴Harimex B.V., Netherlands : crude protein, 90.5 ; crude fat, 0.74 ; crude ash, 2.3.

⁵United States Biochemical, Cleveland, Ohio 44122 : crude protein, 87.3 ; crude fat, 0.6 ; crude ash, 2.1.

⁶United States Biochemical, Cleveland, Ohio 44122 : crude protein, 89.5 ; crude fat, 0.1 ; crude ash, 0.5.

⁷E-Wha oil Co., Ltd., Pusan, Korea : crude protein, 93.5 ; lipid, 0.3 ; crude ash, 0.5.

⁸E-Wha oil Co., Ltd., Pusan, Korea : crude protein, 69.7 ; lipid, 10.00 ; crude ash, 17.1.

⁹Contains(as mg/kg in diets) : Ascorbic acid, 300 ; dl-Calcium pantothenate, 150 ; Choline bitartrate, 3000 ; Inositol, 150 ; Menadione, 6 ; Niacian, 150 ; Pyridoxine · HCl, 15 ; Riboflavin, 30 ; Thiamine mononitrate, 15 ; dl- α -Tocopherol acetate, 201 ; Retinyl acetate, 6 ; Biotin, 1.5 ; Folic acid, 5.4 ; B₁₂, 0.06

¹⁰Contains(as mg/kg in diet) : NaCl, 1312.2 ; MgSO₄ · 7H₂O, 4139.4 ; NaH₂PO₄ · 2H₂O, 2633.4 ; Ca(H₂PO₄)₂ · 2H₂O, 4100.1 ; KH₂PO₄, 7242 ; ZnSO₄ · 7H₂O, 679.4 ; Fe-citrate, 897 ; Calcium lactate, 9012 ; MnSO₄, 0.016 ; FeSO₄, 0.0378 ; CuSO₄, 0.0031 ; CoSO₄, 0.00033 ; Calcium iodate, 0.0006 ; MgO, 0.00135 ; Na₂Se₂O₃, 0.00025

¹¹Carboxymethylcellulose

탄수화물원으로는 dextrin을, 지질원으로는 n-3 HUFA(고도 불포화 지방산)가 다량 함유된 오징어간유(squid liver oil)를 사용하였다. 실험사료는 실험원료를 혼합한 후, 원료 100 g당

물 40%를 첨가하여 모이스트펠렛 제조기로 압출 성형하였으며, 입자크기는 1 mm의 Sieve로 크게 친 후, 밀봉하여 -20°C에 냉동 보관하면서 사용하였다.

Table 2. Essential amino acid (EAA) composition of the experimental diets (% of dry matter basis)¹

	DIETS ²					
	WFM	FMM	BM	SLP	CG	EWA
Arginine	4.15	2.66	3.13	3.53	9.89	3.59
Histidine	3.20	2.56	3.46	2.25	1.08	1.53
Lysine	2.71	9.62	4.65	6.32	3.02	3.67
Leucine	2.88	7.97	6.33	7.42	6.93	4.81
Isoleucine	1.28	4.55	1.00	4.75	3.38	4.60
Methionine	1.43	1.72	1.19	1.23	0.71	1.88
Phenylalanine	1.53	5.25	2.87	2.65	0.93	2.72
Threonine	2.90	5.28	3.93	7.81	2.66	3.07
Tryptophan	3.87	0.14	1.93	2.07	1.31	0.55
Valine	2.32	5.40	4.73	6.70	2.33	4.25
Tyrosine ³	1.71	0.23	1.12	0.62	4.16	0.92
Cysteine ³	0.50	0.49	0.52	0.24	1.09	0.36

¹Values are calculated from the ingredients used in this study; Amino acid contents of the ingredients were analyzed at the Korea Basic Science Center.

²See Table 1

³Semi-essential amino acid

3. 어체 측정 및 성분 분석

실험종료 후, 증체율(Weight Gain, WG), 일일성장률(Specific Growth Rate, SGR), 사료효율(Feed Efficiency, FE), 생존율(Survival Rate), 단백질전환효율(Protein Efficiency Ratio, PER), 간중량지수(Hepatosomatic Index, HSI), 헤모글로빈지수(Hemoglobin, Hb), Hematocrit(Ht), 비만도(Condition Factor, CF) 그리고 전어체의 일반성분을 조사하였다.

어체측정은 2주 간격으로 성장률을 측정하기 위해 MS-222 (100 ppm)로 마취시켜 전체 무게를 측정하였다. 마지막 6주에는 혈액분석을 위해 각 수조당 3마리씩 임의로 추출하여 미부정맥에서 혈액을 채혈한 후, hematocrit은 micro-hematocrit method (Brown, 1980)로, hemoglobin 측정은 Drabkin 용액을 사용하여 cyan-methemoglobin 방법으로 측정하였다. 어체성분 분석을 위한 샘플은 주사육실험 후 수조별로 5마리씩 추출하여 -40°C에 냉동 보관하였다. 일반성분중 실험사료 및 전어체의 수분은 상압 가열 건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조지방은 Folch et al.(1957)법, 조회분은 직접

회화법으로 각각 분석하였으며, 간중량 지수 (HSI)를 조사하기 위해 각 수조별로 3마리씩 간의 무게를 측정하였다.

4. 통계처리

모든 자료는 Computer Program Statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul, MN, USA)로 분산분석(ANOVA)을 실시하여 최소 유의차 검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성(P=0.05)을 검정하였다.

결과 및 고찰

6 주간의 실험결과는 Table 3에 나타내었다. 넙치근육분구를 비롯하여 북양어분구, 혈분구, 오징어간분구, 카제인구, 난단백구들은 성장률에 있어서 유의적인 경향이 뚜렷하게 나타났다.(P<0.05). 증체율, 사료효율, 일일성장률 및 단백질전환효율에 있어서는 넙치근육분구와 북양어분구가 다른 사료구들보다 유의적으로 높게 나타났으며 (P<0.05), 두 실험구간에는 넙치근육분구가 북

Table 3. Percent weight gain, feed efficiency, specific growth rate, protein efficiency ratio, hepatosomatic index, hematocrit, hemoglobin, condition factor for Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*) fed the experimental diets for 6 weeks¹

	DIETS ²						Pooled SEM ³
	WFM	FMM	BM	SLP	CG	EWA	
Weight gain(%) ⁴	188.9 ^b	199.2 ^a	117.3 ^c	99.1 ^d	70.5 ^e	21.6 ^f	2.12
FE(%) ⁵	127.2 ^b	157.1 ^a	93.5 ^c	71.6 ^d	67.1 ^d	22.2 ^e	1.18
SGR(%) ⁶	3.03 ^a	3.13 ^a	2.22 ^c	1.97 ^c	1.52 ^d	0.56 ^e	0.12
PER ⁷	2.54 ^a	3.09 ^a	1.89 ^c	1.43 ^d	1.35 ^d	0.43 ^e	0.04
HSI(%) ⁸	1.7 ^b	1.8 ^a	1.9 ^a	1.6 ^c	1.7 ^b	1.5 ^c	0.01
Hematocrit(%)	41.0 ^a	40.3 ^a	37.2 ^b	39.8 ^a	33.7 ^c	33.3 ^c	0.66
Hemoglobin(g/dl)	8.5 ^a	8.2 ^{ab}	8.0 ^{ab}	7.56 ^{bc}	7.3 ^{bc}	7.0 ^c	0.23
CF ⁹	1.7 ^a	1.8 ^a	1.9 ^a	1.6 ^a	1.7 ^a	1.8 ^a	0.07

¹Values are means from triplicate groups of fish where the means in each row with a different superscript are significantly different (P<0.05).

²See Table 1

³Pooled standard error of mean

⁴Percent weight gain : (final wt. - initial wt.)×100/initial wt.

⁵Feed efficiency : (wet weight gain/dry feed intake)×100

⁶Specific growth rate : (loge final wt. - loge initial wt.)/days

⁷Protein efficiency ratio : wet weight gain/protein intake

⁸Hepatosomatic index (%) : liver wt.×100/body wt.

⁹Condition factor : (wet weight/total length³)×100

양어분구보다 유의적으로 높은 증체율, 사료효율 및 단백질전환효율을 보였다(P<0.05). Scott et al. (1976)은 단백질원의 질(quality)의 차이에 있어서 사료원들의 소화이용률, 필수아미노산 조성, 생체내 이용률, 기호성 그리고 항영양소 및 독성물질의 존재 여하에 달려있다고 보고하였고, Cowey et al. (1972)은 동결건조된 대구근육분 단백질원을 사용하여 사료내 낮은 함량의 수준에서는 완전하게 소화되었고 높은 함량의 사료내 수준에서는 90% 이상 소화하였다. 또한, Red drum에 있어서는 그 어종의 근육조직이 다른 동물성 단백질원보다 증체율, 사료효율, 단백질 전환효율에서 높게 나타났으며(Moon and Gatlin, 1994), 연어류에서는 볼락류의 근육조직 단백질원을 사용하여 좋은 성장이 보고되었다(McCallun and Higgs, 1989). 육상동물인 쥐(rats)에 있어서는 진공건조된 대구근육 단백질원의 우수한 이용률을 보였다(Miller and Bender, 1955). 이와같이 본 실험의 넙치근육분 단

백질원은 성장기 조피볼락에 있어서 소화율과 잘 균형된 필수아미노산 조성이 제공되었을 것으로 생각된다. 그리고 혈분구와 오징어간분구에서는 성장률, 사료효율, 일일성장률 및 단백질전환효율에 있어 혈분구가 유의적으로 높게 나타났으며(P<0.05), 넙치근육분구와 북양어분구보다는 증체율과 사료효율에 있어서 낮았으나 정제 사료원들에 비해서는 단백질 이용률이 높았다. 혈분구가 오징어간분구보다 높은 성장률을 보였던 것은 단백질 사료원으로 혈분에 북양어분을 혼합 뿐만아니라 저온분사 건조법으로 혈분(Harimex, 1992)을 가공하였기 때문에 아미노산 파괴 또는 전환이 일어나지 않으므로 조단백질 함량 92%, 아미노산 소화율 96~99%로서 뛰어난 고단백질원을 사용한 결과로 사료된다. 이러한 혈분실험은 잉어에 있어서 사료내 혈분의 함량이 증가할수록 증중량과 사료효율에서 좋은 결과를 보였다(송 등, 1995). 또한, 가공부산물인 오징어간분은 조단백질이 78%로 대량생산되고 있으므로

이 두 단백질원은 차후 실험에 연구될 가치를 시사하고 있다. 정제된 사료원을 사용한 카제인구가 난단백구보다 증중율, 사료효율, 일일성장률 및 단백질전환효율에 있어서는 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05). 이러한 단백질들은 사료섭취도가 낮아지는 것을 감안하여 10%의 어분을 이용하였으나(Bai et al., 1996 ; Bai and Lee, 1996), 다른 단백질원보다 매우 낮은 성장률을 보였다. 이와같은 결과는 영양소의 불균형에서 발생하는 것 보다는 해산어류의 기호성으로 인한 사료섭취 저하 때문인 것으로 사료되며, 또한 매우 낮은 성장률을 보인 난단백의 경우에는 정확한 원인을 알 수 없으나 사료의 제조과정중의 높은 열처리가 화학적 아미노산 불균형(Opstvedt et al., 1984)으로 인한 생체 내 이용률과 단백질의 질(quality)을 감소시킨 것(McCallum and Higgs, 1989)으로 생각된다. 연어과 어류 및 몇몇의 어종에서는 casein이나 전란 단백질로 단백질요구량을 설정(Delong et al., 1958 ; Klein and Halver, 1970)하는 반면에, 방어(Takeda et al., 1975)에서는 sand eel 근육과 어분을, Estuary grouper (Teng et al., 1978)와 넙치(Cowey et al., 1972)에서는 참치근육과 대구근육을 사용하여 다양한 어종의 천연 단백질원에 대한 기호성을 예측할 수 있을 것이다.

혈액분석 결과, hematocrit은 실험구간에 33~41%로 다양하게 나타났지만(P<0.05), 북양어분구에 비하여 혈분구, 카제인구 및 난단백구가 유의적으로 낮았다(P<0.05). Hemoglobin 양은

7~8.5 g/dl로 나타났으며, 난단백구만이 북양어분구에 비하여 유의적으로 낮았다(P<0.05). Post (1983)는 건강한 어류의 hemoglobin 양은 10 g/dl 정도라고 보고하듯, 아직도 어류에 대하여 정상적인 값(Normal value)은 증명되지 않았다. 그러나 필수영양소의 결핍(Poston et al., 1976 ; Watanabe et al., 1981 ; Murai et al., 1982 ; Cowey et al., 1983 ; Wilson et al., 1984 ; Mosconi-Bac. 1987) 및 어종에 따른 환경조건과 성장상태(Munkittrick and Leathland 1983 ; Eaton et a., 1984 ; Babin 1987a, b ; Garrido et al., 1990)에 따라서 변할 수 있다고 많은 연구자들이 보고하였다.

간중량지수는 북양어분구와 혈분구에서 가장 높게 나타났으며(P<0.05), 비만도와 생존율에 있어서는 전실험구에서 유의적인 차이는 보이지 않았다(P>0.05).

전어체 일반성분 분석 결과는 Table 4에 나타내었다. 넙치근육분구와 북양어분구는 혈분구, 오징어간분구, 카제인구, 난단백구에 비하여 유의적으로 높은 조단백질과 낮은 조회분을 보였다(P<0.05). 이러한 특징에 있어서 Steffens (1989)와 Moon and Gatlin (1994)은 일반적으로 어체내 증가된 단백질 소화율과 연관이 있다고 보고한 결과와 일치하였으며, 치어기 무지개송어에 있어서 외견상 단백질 소화율은 어분의 단백질 성분과 높은 관계를 가지는 반면에 회분은 낮은 영향을 미친다고 보고되었다(Nose and Mamiya, 1963).

Table 4. Proximate analysis of whole body composition (% of dry matter basis)¹

	DIETS ²						Pooled SEM ³
	WFM	FMM	BM	SLP	CG	EWA	
Moisture	58.5 ^c	70.3 ^{bc}	70.9 ^b	71.7 ^{ab}	72.4 ^{ab}	73.4 ^a	0.52
Crude protein	62.5 ^a	63.1 ^a	56.5 ^b	59.0 ^b	59.4 ^b	59.4 ^b	0.22
Crude lipid	23.1 ^a	23.9 ^a	25.2 ^a	23.3 ^a	23.3 ^a	16.9 ^b	0.30
Crude ash	14.2 ^c	14.1 ^c	15.0 ^{bc}	18.7 ^b	17.4 ^b	21.8 ^a	0.12

¹Values are means from triplicate groups of fish and the means in each row with a different superscript are significantly different (P<0.05).

²See Table 1

³Pooled standard error of mean

결론적으로, 단백질요구량 등의 실험에서는 북양어분을 사용하기 보다는 넙치근육분처럼 직접 실험실에서 준비한 최고급 단백질 사료원을 사용하는 것이 타당할 것으로 생각된다. 그리고 혈분과 오징어간분 등의 부산물은 배합사료로 사용할 경우 적절한 첨가수준에 관한 실험을 통해 결정해야 하며, 본 실험에서는 동물성 부산가공물의 이용가능성을 어느 정도 시사하고 있다. 부득이 정제된 사료원을 사용해야하는 비타민, 무기질등의 요구량실험 등에서는 난백단백질보다는 Casein을 사용하고, 또한 기호성을 높일 수 있는 많은 연구가 수행되어야 할 것이다.

요 약

본 연구는 조피볼락 사료에 있어서 동물성 단백질원들의 영양적 평가(체조성과 성장)를 결정하기 위하여 수행되었다. 6가지 실험사료 중 북양어분구(WFM), 넙치근육구(FMM), 오징어간분구(SLP)는 한가지, 혈분구(BM)는 혈분과 북양어분을, 카제인구(CG)는 카제인, 젤라틴 및 북양어분을, 그리고 난단백구(EWA)는 난단백, 젤라틴 및 북양어분을 단백질원으로 이용하여 사료내 조단백질 함량을 50%로, 가용에너지는 15.9 KJ/g (physiological fuel value ; 단백질 : 지방 : 탄수화물 = 16.7 KJ/g : 37.7 KJ/g : 16.7 KJ/g)으로 조정하였다. 성장률, 사료효율 및 단백질효율은 북양어분구보다 넙치육분, 오징어간분구보다 혈분구 그리고 난백구보다 카제인구가 유의적으로 우수한 결과를 보였으며(P<0.05), 혈분구는 북양어분을 혼합하여 혈분의 기호성을 높인 결과로 사료된다. 6가지 실험구의 전어체 분석, HSI, Hb, Hematocrit은 다양하게 유의적인 차이를 나타냈다.

따라서, 상기 결과는 조피볼락에 있어서 동결 건조된 넙치근육분이 가장 좋았고, 난단백은 가장 저조한 성장을 보여 주었다.

참 고 문 헌

- Alexis, M. N., E. Papaparaskeva-Papoutsoglou, and V. Theochari, 1985. Formulation of practical diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*) made by partial or complete substitution of fish meal by poultry by-products and certain plant by-products. *Aquaculture*, 50 : 61-73.
- Arai, S., 1981. A purified test diet for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, fry. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 47 : 547-550.
- Babin, P. J., 1987a. Apolipoproteins and the association of egg yolk proteins with plasma high density lipoproteins after ovulation and follicular atresia in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Biol. Chem.*, 262 : 4290-4296.
- Babin, P. U., 1987b. Plasma lipoprotein and apoprotein distribution as a function of density in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Biochem. J.*, 246 : 425-429.
- Brown, B. A., 1980. Routine hematology procedures. In *Hematology : Principles and Procedures*. pp. 71-112. Lea and Febiger, Philadelphia.
- Cowey, C. B., 1975. Aspects of protein utilization by fish. *Proc. Nutr. Soc.*, 34 : 57-63.
- Cowey, B. B., J. W. Adron and A. Youngson, 1983. The vitamin E requirement of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) given diets containing polyunsaturated fatty acids derived from fish oil. *Aquaculture*, 30 : 85-93.
- Cowey, C. B., Adron, J., Blair, A. and Shanks, A. M., 1974. Studies on the nutrition of marine flatfish. Utilization of various dietary proteins by plaice (*Pleuronectes platessa*). *Br. J. Nutr.*, 31 : 297-306.
- Cowey, C. B., J. A. Pope, J. W. Adron and A. Blair, 1972. Studies on the nutrition of marine flatfish. The protein requirement of plaice (*Pleuronectes platessa*). *Br. J. Nutr.*, 28 : 447-456.
- Delong, D. C., J. E. Halver and E. T. Mertz, 1958. Nutrition of salmonoid fishes VI. Protein requirements of chinook salmon at two water temperature. *J. Nutr.*, 65 : 589-599.
- Eaton, R. P., T. McConnell, J. G. Hnath, W. Black and R. E. Swartz, 1984. Coronary myointimal hyperplasia in freshwater lake Michigan salmon (*genus Oncorhynchus*).

- Am. J. Pathol., 116 : 311-318.
- Folch, J., M. Lees and G. H. Sloane-Stanley, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., 226 : 497-509.
- Garling, D. L. Jr. and Wilson, R. P., 1976. Effects of dietary carbohydrate-to-lipid ratios on growth and body composition of fingerling channel catfish. Prog. Fish-Cult., 39 : 43-47.
- Garrido, L. G., R. M. Chapuli and A. V. Andres, 1990. Serum cholesterol and triglyceride levels in *Scyliorhinus canicula*(L.) during sexual maturation. J. Fish Biol., 36 : 499-509.
- Harimex B. V., 1992. Harimex Infomation of hemoglobin powder feed rate, 27 July.
- Kikuchi, K., T. Furuta and H. Honda, 1994. Utilization of feather meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. Fish. Sci. 60 : 203-206.
- Klein, R. G. and J. E. Halver, 1970. Nutrition of salmonoid fishes. Arginine and histidine requirements of chinook and coho salmon. J. Nutr., 100 : 1105-1109.
- Lee, D. J. and Putnam, G. B., 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. J. Nutr., 103 : 916-922.
- McCallum, I. M. and Higgs, D. A., 1989. An assessment of processing effects on the nutritive value of marine protein sources for juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Aquaculture, 77 : 181-200.
- Miller, D. S. and Bender, A. E., 1955. The determination of the net utilization of proteins by a shortened method. Br. J. Nutr., 9 : 382-388.
- Moon, H. Y. and Gatlin, D. M., III., 1994. Effects of dietary animal proteins on growth and body composition of the red drum. Aquaculture, 120 : 327-340.
- Mosconi-Bac, N., 1987. Hepatic disturbances induced by an artificial feed in the sea bass (*Dicentrarchus labrax*) during the first year of life. Aquaculture, 67 : 93-99.
- Munkittrick, K. R. and J. F. Leatherland, 1983. Haematocrit values in feral goldfish, *Carasius auratus* L., as indicators of the health of the population. J. Fish Biol., 23 : 153-161.
- Murai, T., T. Akiyama, Y. Hirasawa, T. Oshiro, M. Okauchi and T. Nose., 1982. Blood constituent levels and body composition of wild and cultured bluefin tuna juveniles. Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture, 3 : 51-59.
- Nose, T. and Mamiya, H., 1963. Protein digestibility of flatfish meal in rainbow trout. Bull. Freshwater Fish. Res. Lab., 12 : 1-4.
- NRC(National Reseach Council), 1983. Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes. National Academy Press, Washington, D. C., 102pp.
- 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.
- Opstvedt, J., Miller, R., Hardy, R.W. and Spinelli, J., 1984. Heat-induced changes in sulfhydryl groups and disulfide bonds in fish protein and their effect on protein and amino acid digestibility in rainbow trout. J. Agric. Food Chem., 32 : 929-935.
- Post, G., 1983. Nutrition and nutritional diseases of fish In : Textbook of fish health. TFH. Publications, Inc. Ltd. 199-207pp.
- Poston, H. A., G. F. Combs and L. Leibovitz, 1976. Vitamin E and selenium interactions in the diet of Atlantic salmon (*Salmo solar*) : gross, histological and biochemical deficiency signs. J. Nutr., 106 : 892-904.
- Scott, M. L., Nesheim, M. G. and Young, R. J., 1976. Feedstuffs for poultry. In : Nutrition of the Chicken, 2nd edn. M.L. Scott and Associates, Ithaca, NY, Chapter 8, 428-466pp.
- Steffens, W., 1989. Proteins. In : W. Steffens (Editor), Principles of Fish Nutrition. John Wiley and Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, 66-117pp.
- Tacon, A. G. J. and Jackson, A. J., 1985. Utilization of conventional and unconventional protein sources in practical fish feeds. In : C. B. Cowey, A. M. Mackie and J. G. Bell (Editors), Nutrition and Feeding

- in Fish. Academic Press, London, pp. 119-145.
- Takeda, M., S. Shimeno, H. Hosokawa, H. Kajiyama, and T. Kaisyo., 1975. The effect of dietary calorie-to-protein ratio on the growth, feed conversion and body composition and body composition of young yellowtail. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 41 : 443-447.
- Teng, S., T. Chua and P. Lim, 1978. Preliminary observations on the dietary protein requirement of estuary grouper *Epinephelus salmoides* Maxwell, cultured in floating net-cages. Aquaculture, 15 : 257-271.
- Watanabe, T., T. Takeuchi, M. Wada and R. Rehara, 1981. The relationship between dietary lipid levels and α -tocopherol requirement of rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 47 : 1463-1471.
- Wilson, R. P., R. R. Bowser and W. E. Poe, 1984. Dietary vitamin E requirement of fingerling channel catfish. J. Nutr., 114 : 2053-2058.
- Wilson, R. P., 1985. Amino acid and protein requirements of fish. In : C. B. Cowey, A. M. Mackie and J. G. Bell (Editors), Nutrition and Feeding in Fish. Academic Press, London, 1-16pp.
- Wilson, R. P., D. E. Harding and D. L. Garling, 1977. Effect on dietary pH on amino acid utilization and the lysine requirement of fingerling channel catfish. J. Nutr., 107 : 166-170.
- 배승철 · 이경준 · 장혜경, 1996. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 사료내 비타민 C 요구량 설정을 위한 기초 연구. 한국양식학회지, 9 : 169-178.
- 배승철 · 이경준, 1996. 조피볼락 치어의 장기간 사육에 있어서 사료내 L-ascorbic acid 농도가 성장과 조직내 Vitamin C 농도에 미치는 영향. 한국양식학회지(인쇄중).
- 송민현 · 이경준 · 배승철, 1995. 성장기 잉어 *Cyprinus carpio* 사료에 있어서 단백질원으로서의 혈분 첨가효과. 한국양식학회지, 8 : 343-354.
- 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/단백질 비. 한국양식학회지, 6 : 29-46.
- 이상민 · 이종윤 · 강용진 · 허성범, 1993c. 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, 1993d. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 생화학적 변화 II. 혈액성분 변화 및 간세포성장. 한국양식학회지, 6 : 107-123.
- 이상민 · 이종윤 · 강용진 · 윤호동 · 허성범, 1993e. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 n-3 계 고도불포화지방산 요구량. 한국수산학회지, 26 : 477-492.
- 이종윤 · 강용진 · 이상민 · 박윤정, 1993f. 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 영양연구용 실험 사료의 단백질원 평가. 수진연구보고, 48 : 97-105.
- 이상민 · 이종윤, 1994. 사료의 α -cellulose 함량이 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장, 사료 효율 및 체성분에 미치는 영향. 한국양식학회지, 7 : 97-107.