

## 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)에 있어 사료내 단백질 사료원으로서의 어분대체품

김강웅 · 배승철  
부경대학교 양식학과

### Fish Meal Analog as a Dietary Protein Source in Korean Rockfish, *Sebastes schlegeli*

Kang-Woong Kim and Sungchul C. Bai

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

A six week feeding trial was conducted to determine the amount of fish meal analog (FMA) that can be replacing fish meal protein (FM) in Korean Rockfish. Seven experimental diets were formulated on isonitrogenous 52% crude protein and isocaloric basis 16.8 KJ/g diet. Also, foreign commercial fish meal analog (CFMA) and attractants (ATT) were tested in this experiment. Percentage of the graded level of replacement of FM by FMA/CFMA on the basis of crude protein were as following : Diet 1, 100% FM ; Diet 2, 60% FM : 40% CFMA ; Diet 3, 60% FM : 40% CFMA + ATT ; Diet 4, 80% FM : 20% FMA ; Diet 5, 80% FM : 20% FMA + ATT ; Diet 6, 60% FM : 40% FMA + ATT ; Diet 7, 40% FM : 60% FMA + ATT. The FMA was made by mixing six animal protein sources such as the blood meal, squid liver powder, meat and bone meal, leather meal, feather meal, poultry by-product and 3 essential amino acids (Met, Lys, Ile).

Weight gain, feed efficiency, specific growth rate and protein efficiency ratio of fish fed diets 4, 5 and 6 were not significantly different ( $P>0.05$ ) from those of fish fed the control (100% FM), while those of fish fed diets 2 and 3 were significantly lower ( $P<0.05$ ) than those of fish fed the diet 6. There was no significant ATT effects in this study ( $P>0.05$ ). Significant differences were found in hepatosomatic index, hemoglobin and condition factor.

Therefore, these results indicated that FMA can be used up to 40% as a substitute of fish meal protein in Korean Rockfish diets.

Key words : Fish meal analog, Animal protein sources, Attractant

#### 서 론

어류의 성장에 있어서 단백질원은 양어사료 비용의 약 60% 이상을 차지하고 있다. 특히 어분은 양어사료에 있어서 높은 기호성과 단백질 함량등의 영양적 가치 때문에 주단백질원으로 사용되어 왔다. 그러나, 전세계적으로 어분의 수요

는 계속적으로 늘어날 전망이다지만 공급량은 제한되기 때문에 가격 상승 및 단백질원의 안정적 공급은 위협 받을 수 있을 것이다(Rumsey, 1993).

또한, Rumsey (1993)는 2000년까지 어분의 소비는 두배 이상으로 증가될 반면에 어분자원의 고갈로 인한 어분 생산은 5% 정도 감소가 있을

것이라고 예견했다. 현실적으로 우리나라의 경우에 있어서도 국내 양어사료 생산업체에서는 사료내 어분함량을 20~30% 정도 사용하고 있는데, 이 중 약 25%를 어분의 생산량 감소로 인해 수입산 어분에 의존하고 있는 실정이다(한국단미협회, 1995). 따라서 양어사료 영양학자들은 어분대체품으로 식물성 단백질원(대두박, 면실박, 콘글루텐 밀, 채종박 등) 및 동물성 부산물 단백질원(육골분, 육분, 혈분, 우모분, 가금 부산물 등)을 이용하여 값비싼 어분대신 값싸고 공급이 안정적인 사료원을 부분적 또는 완전히 대체하기 위한 노력을 계속하고 있다(Wee and Wang, 1987; Ng and Wee, 1989; Hardy and Masumoto, 1990).

동물성 단백질원들의 어분대체품에 있어서, 연어 사료는 청어 어분단백질 75%를 가금부산물로 대체해도 대조사료와 비슷한 성장을 보였으며(Higgs et al., 1979), 무지개송어 사료에서는 가금부산물의 부분적 또는 완전어분대체의 실험도 행해졌다(Alexis et al., 1985). El-Sayed (1994)는 가금부산물 사료원의 경우, 어종, 가공처리기술, 구성물질 등에 따라서 영향을 받을 수 있다고 보고하였다. Fowler (1990)는 치녹 연어 사료에서 어분 38%를 우모분으로 대체하여 성공하였으며, Kikuchi et al. (1994)은 해산 어인 넙치사료에서 12~25%의 어분을 우모분으로 대체 가능하였다. 육분과 골분의 혼합물이 무지개송어 사료에서 50%까지 어분을 대체할 수 있다고 보고된 바 있으며(Tacon and Jackson, 1985), 혈분에 관한 보고는 무지개송어(Luzier and Summerfelt, 1992; Luzier et al., 1995), 틸라피아(Otubusin, 1987), 차넬메기(Winfrey and Stickney, 1984; Mohsen and Lovell, 1990), 뱀장어(Gallagher and Degani, 1988; Lee and Bai, 1997)등의 여러 어종에서 연구되었다. 국내에서는 宋 등(1995)이 성장기 잉어 사료의 단백질원으로서 어분단백질을 혈분단백질로 100%까지 대체 가능함을 보고하였다. 이와 같이, 동물성 부산물 단백질원들은 비교적 높은

단백질함량과 아미노산의 조성이 어분에 비해 크게 뒤떨어지지 않으며, 저렴하고 공급이 안정적인 사료내 동물성 단백질인 어분의 대체 단백질원으로 이용 가능할 것이다.

따라서, 본 실험은 조피볼락 사료에 있어서 어분대체품을 제작하여 이것이 어분을 어느 정도까지 대체할 수 있는지 판단하고, 부수적으로 최근 외국에서 시판 예정인 상품어분대체품과 유인물질이 조피볼락에 미치는 영향을 비교하기 위하여 실시되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 사료

실험사료의 조성표와 일반성분은 Table 1에 나타내었으며, 7 가지 실험사료의 필수아미노산(EAA) 조성은 Table 2에 나타내었다. 주단백질원인 북양어분(Fish meal, FM), 본 실험실에서 제작된 어분대체품(Fish meal analog, FMA), 최근 외국에서 시판예정인 상품어분대체품(Commercial fish meal, CFMA)을 비롯하여 시판되는 유인물질(ATT)에 대한 일반성분 분석은 Table 3에 나타내었다.

어분대체품은 혈분(Blood meal), 오징어간분(Squid liver powder), 육골분(Meat and bone meal), 수지박(Leather meal), 우모분(Feather meal), 가금부산물(Poultry by-product)등과 필수아미노산(3 EAAs: Isoleucine, Lysine, Methionine)을 첨가하여 본 실험실의 혼합 방법에 의하여 제작하였으며, 외국에서 시판되는 유인물질은 natural and artificial flavor ingredients, ethoxyquin and butylated hydroxytoluene, betaine, L-proline, L-glycine, L-taurine, disodium guanylate and disodium inosinate, salt, silicon dioxide and roughage product를 혼합하여 만들어졌다. 총 7 가지의 실험사료는 조단백질 함량 52%, 가용성 에너지 16.8 KJ/g (protein, carbohydrate and lipid; 16.7, 16.7 and 37.7 KJ/g)으로 동일하게 맞

조피볼락(*Sebastes schlegelii*)에 있어 사료내 단백질 사료원으로서의 어분대체품

Table 1. Composition of the experimental diets (% of dry matter basis)<sup>1</sup>

Ingredients	DIETS						
	1	2	3	4	5	6	7
White fish meal <sup>2</sup>	69.70	42.32	42.32	54.76	54.76	41.07	27.38
Commercial Analog <sup>3</sup>	—	27.28	27.28	—	—	—	—
Fish meal Analog <sup>4</sup>	—	—	—	13.57	13.57	27.13	40.70
Wheat meal <sup>5</sup>	10.00	10.00	10.00	12.00	12.00	12.00	12.00
Dextrin <sup>6</sup>	6.00	6.25	5.40	5.37	5.37	5.40	5.50
Squid liver oil <sup>7</sup>	8.20	8.05	8.40	7.70	7.70	7.10	6.50
Vitamin premix <sup>8</sup>	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Mineral premix <sup>9</sup>	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
CMC <sup>10</sup>	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Ascorbic acid	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Attractant <sup>11</sup>	—	—	0.50	—	0.50	0.05	0.05
Cellulose	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.70	1.32
Proximate analysis							
Moisture	26.2	26.1	24.2	25.9	26.2	25.9	26.7
Crude protein	52.0	51.2	51.7	51.6	51.8	51.3	50.7
Crude lipid	13.2	14.1	14.7	13.7	13.6	14.3	14.3
Crude ash	10.8	11.4	10.7	11.7	10.2	11.6	11.0

<sup>1</sup>Feed stuffs not mentioned here are the same feed stuffs as the domestic aquaculture feed companies are using currently.

<sup>2</sup>Kum Sung Feed Co., Pusan, Korea

<sup>3</sup>Baker Commodities Inc., L.A., USA

<sup>4</sup>Mixture of the following ingredients (% of dry matter basis) : blood meal, squid liver powder, meat and bone meal, leather meal, feather meal, poultry by-product, essential amino acid (Met, Lys, Ile)

<sup>5</sup>Young Nam Flourmills Co., Pusan, Korea

<sup>6,10</sup>United States Biochemical, Cleveland, Ohio 44122

<sup>7</sup>E-Wha oil Co., Ltd., Pusan, Korea

<sup>8</sup>Contains (as mg/kg in diets) : Ascorbic acid, 300 ; dl-Calcium pantothenate, 150 ; Choline bitartrate, 3000 ; Inositol, 150 ; Menadione, 6 ; Niacin, 150 ; Pyridoxine · HCl, 15 ; Riboflavin, 30 ; Thiamine mononitrate, 15 ; dl- $\alpha$ -Tocopherol acetate, 201 ; Retinyl acetate, 6 ; Biotin, 1.5 ; Folic acid, 5.4 ; B<sub>12</sub>, 0.06

<sup>9</sup>Contains (as mg/kg in diet) : NaCl, 437.4 ; MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O, 1379.8 ; NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O, 877.8 ; Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O, 1366.7 ; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 2414 ; ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O, 226.4 ; Fe-Citrate, 299 ; Calcium lactate, 3004 ; MnSO<sub>4</sub>, 0.016 ; FeSO<sub>4</sub>, 0.0378 ; CuSO<sub>4</sub>, 0.0031 ; CoSO<sub>4</sub>, 0.00033 ; Calcium iodate, 0.0006 ; MgO, 0.00135 ; NaSeO<sub>3</sub>, 0.00025

<sup>10</sup>Carboxymethylcellulose

<sup>11</sup>A Product of the FEEDBUDS® Flavor System, USA

추었고(Lee and Putnam, 1973 ; Garling and Wilson, 1977), 다음과 같은 대체 수준에 따라 펠렛으로 제조하였다 ; 사료 1=100% FM(대조구), 사료 2=60% FM+40% CFMA, 사료 3=60% FM+40% CFMA+0.5% ATT, 사료 4=80% FM+20% FMA, 사료 5=80% FM+20% FMA+0.5% ATT, 사료 6=60% FM+40% FMA+0.5% ATT, 사료 7=40% FM+60%

FMA+0.5% ATT.

탄수화물로는 wheat meal과 dextrin을, 지질 원으로는 n-3 HUFA (고도 불포화 지방산)가 다량 함유된 오징어간유(squid liver oil)를 사용하였다. 실험구의 모든 원료를 혼합한 후 펠렛제조기로 압출·성형하였으며, 입자크기는 0.5 mm Sieve로 고르게 친 후, 밀봉하여 -20℃에 냉동 보관하면서 사용하였다.

Table 2. Essential amino acids (EAA) composition in the experimental diets (dry matter basis)<sup>1</sup>

Amino Acid	DIETS						
	1	2	3	4	5	6	7
Arginine	2.87	2.90	2.90	2.71	2.71	2.59	2.47
Histidine	1.67	1.39	1.39	1.59	1.59	1.52	1.45
Isoleucine	0.59	1.01	1.01	0.73	0.73	0.78	0.82
Leucine	1.52	2.21	2.21	1.68	1.68	1.85	2.02
Lysine	1.40	2.13	2.13	1.48	1.48	1.58	1.68
Methionine + cystine <sup>2</sup>	1.00	1.50	1.50	0.90	0.90	0.82	0.73
Phenylalanine + tyrosine <sup>2</sup>	2.79	2.44	2.44	2.52	2.52	2.29	2.05
Threonine	1.48	1.64	1.64	1.51	1.51	1.97	1.60
Tryptophan	0.10	0.19	0.19	0.12	0.12	0.15	0.17
Valine	1.21	1.75	1.75	1.34	1.34	1.48	1.62

<sup>1</sup>Values are calculated from the ingredients used in this study; amino acid contents of the ingredients were analyzed by the Korea Basic Science Center, Daeduk, Korea.

<sup>2</sup>Semi-essential amino acid

## 2. 실험어 및 사육관리

실험어는 1996년 7월 전라남도 부안배양장으로부터 수송된 조피볼락 치어를 부경대학교 사육실로 운반하여 3000 l 수조에서 실험환경에 적응할 수 있도록 넉치 상품사료를 주면서 몇 주간 예비사육 하였다. 실험에 들어가기 전에 북양어분(FM) 실험사료를 1주간 동일하게 공급하였으며, 주 사육 실험기간은 6주간 실시하였다.

예비사육 후, 평균무게 2.8 g인 치어를 60 l 플라스틱 사각수조에 30 마리씩 수용하여 각 실험구당 3반복으로 무작위 배치하였다. 실험어의 각 수조당 평균 무게는 86.5 g ± 0.08 g (Mean ± Pooled SEM)이었으며, 사육수는 고속모래여과기(역여과 방식)에 의해 여과된 해수를 사용하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 실험 시작시에 2 l/min 되도록 하였고, 실험어류가 성장함에 따라 3 l/min 까지 조절하였다. 각 수조당 산소 공급을 보충하기 위해 에어 스톤을 설치하였고, 실험기간 동안 평균수온은 22 ± 1.8 °C로 전 실험기간동안 자연수온에 의존했다. 일일 사료 공급량은 하루 2회씩 반복 공급하였다.

## 3. 어체 측정 및 성분 분석

실험종료 후, 성장률(Weight gain, WG), 일간성장률(Specific growth rate, SGR), 사료효율(Feed efficiency, FE), 생존율(Survival rate,

SR), 단백질전환효율(Protein efficiency ratio, PER), 간중량지수(Hepatosomatic index, HSI), 헤모글로빈(Hemoglobin, Hb), hematocrit, 비만도(Condition factor, CF) 그리고 어체의 일반성분을 조사하였다.

어체 측정은 2주 간격으로 전체 무게를 측정하였으며, 마지막 6주는 성장률 조사와 혈액 분석을 위해 각 수조당 3마리씩 임의로 추출하여 미부정맥에서 혈액을 채혈한 후, micro-hematocrit method (Brown, 1980)에 의해 hematocrit을 측정하고, 동시에 Drabkin's 용액을 사용하여 cyan-methemoglobin method (Sigma Chemical, St Louis MO; total hemoglobin procedure No. 525)로 hemoglobin을 측정하였으며, 다른 성분 분석을 위해 나머지 어류는 -40°C에 냉동 보관하였다. 실험 사료와 각 수조별로 5마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체의 일반성분 분석 중, 수분은 상압 가열 건조법(105°C, 4시간)으로, 조단백질은 kjeldahl 법(AOAC, 1995)에 의한 질소정량법(N×6.25)으로, 조지방은 Soxhlet 추출법으로, 그리고 조회분은 직접회화법(AOAC, 1995)으로 각각 분석하였으며, 간중량 지수(HSI)를 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 유의차검정(LSD)으로 평균간의 유의성(P<0.05)을 실시하였다.

### 결과 및 고찰

Table 3. Proximate composition of WFM, FMA, CFMA and ATT<sup>1</sup>

Composition	Crude protein	Crude lipid	Crude ash	Moisture
White fish meal	68.5	10.0	17.1	4.43
Fish meal analog	69.1	14.4	12.9	5.24
Commercial analog	68.7	8.8	5.7	5.60
Attractants	44.9	13.6	27.1	7.93

<sup>1</sup>Values are mean of duplicate analysis.

어분대체품과 상품어분대체품등을 사용하여 제작된 조피볼락용 7가지 실험사료의 일반성분 분석은 조단백질 함량 51%, 조지방 함량 14% 및 조회분 11%로 동일한 수준을 보였으며, 각 사료의 아미노산 조성에 있어서도 대조구와 비교하여 유사하게 나타났다. 본 실험사료에 사용된 어분대체품은 조피볼락사료에 있어서 생체내 이용율(bioavailability)에 대한 평가여부는 확실치는 않지만, Dong et al. (1993)은 동물성 부산물들을 사용하는데 있어서 필수아미노산 조성의 불균형, 낮은 단백질 소화율(예를 들어 keratins),

사료원의 변질 등이 문제점으로 대두된다고 보고하였다. 반면에, Dabrowski and Hardy (1994)는 복합어분대체품을 설계할 경우 합성아미노산을 첨가하거나, 항영양소의 제거 및 부족한 영양소를 첨가함으로써 어분과 유사한 성장결과를 도출해 낼 수 있을 것으로 보고하였다. 따라서, 본 실험은 실험사료 제작시 부족한 3가지 필수아미노산(methionine, lysine, isoleucine)을 보충하였으며, 전 실험기간 동안 생존율은 모든 실험구에서 100%로서 어분대체품에 대한 저해요인은 영향을 미치지 않았을 것으로 사료된다.

6주간의 성장실험 결과는 Table 4에 나타내었다. 증체율에 있어서는 사료 1(100% FM, 대조구)은 사료 4(20% FMA), 사료 5(20% FMA+0.5% ATT) 그리고 사료 6(40% FMA+0.5% ATT)에 비하여 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았으며(P>0.05), 나머지 실험구에 있어서는 다소 낮은 결과를 나타냈다(P<0.05). 또한, 상품어분대체품인 사료 2(40% CFMA) 및 사료 3(40% CFMA+0.5% ATT)과 본 실험실에서 제작된 어분대체품인 사료 5(40% FMA+0.5% ATT)를 비교하기 위해 동일한 수준으로 대체한 결과, 실험실의 어분대체품이 유의적으로 높은 결과를 나타내었다(P<0.05). 사료효율과 단백질전환효율에 있어서도 증체율과 같은 경향을 보였으며, 상품어분대체품(사료 2와 사료 3)은

Table 4. Percent weight gain, feed efficiency, specific growth rate, protein efficiency ratio of Korean Rockfish fed the experimental diets for 6 weeks<sup>1</sup>

	DIETS							Pooled SEM <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	
Initial wt.(g)	2.88	2.88	2.88	2.88	2.90	2.89	2.89	0.01
Final wt.(g)	11.11	10.24	9.99	11.08	11.17	10.93	9.26	0.18
Wt. gain(%) <sup>3</sup>	285.3 <sup>a</sup>	255.9 <sup>b</sup>	247.2 <sup>b</sup>	285.3 <sup>a</sup>	285.1 <sup>a</sup>	278.7 <sup>a</sup>	220.7 <sup>c</sup>	3.52
FE(%) <sup>4</sup>	128.7 <sup>a</sup>	115.0 <sup>b</sup>	108.2 <sup>b</sup>	129.6 <sup>a</sup>	129.3 <sup>a</sup>	127.7 <sup>a</sup>	112.2 <sup>b</sup>	1.97
SGR(%) <sup>5</sup>	1.50 <sup>a</sup>	1.41 <sup>bc</sup>	1.38 <sup>c</sup>	1.50 <sup>a</sup>	1.50 <sup>a</sup>	1.48 <sup>ab</sup>	1.29 <sup>d</sup>	0.02
PER <sup>6</sup>	2.43 <sup>a</sup>	2.18 <sup>b</sup>	2.07 <sup>b</sup>	2.46 <sup>a</sup>	2.45 <sup>a</sup>	2.44 <sup>a</sup>	2.17 <sup>b</sup>	0.07

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

<sup>2</sup>Pooled standard error of mean

<sup>3</sup>Percent weight gain : (final wt.-initial wt.)×100/initial wt.

<sup>4</sup>Feed efficiency : (wet weight gain/dry feed intake)×100

<sup>5</sup>Specific growth rate : (log<sub>e</sub> final wt.-log<sub>e</sub> initial wt.)/days

<sup>6</sup>Protein efficiency ratio : wet weight gain/protein intake

Table 5. Hepatosomatic index, hematocrit, hemoglobin, condition factor of Korean Rockfish fed the experimental diets for 6 weeks<sup>1</sup>

	DIETS							Pooled SEM <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	
HSI (%) <sup>3</sup>	3.29 <sup>bc</sup>	3.13 <sup>c</sup>	3.38 <sup>ab</sup>	3.29 <sup>bc</sup>	3.5 <sup>ab</sup>	3.49 <sup>ab</sup>	3.54 <sup>a</sup>	0.04
Hematocrit (%)	47.80 <sup>a</sup>	46.70 <sup>a</sup>	48.30 <sup>a</sup>	48.80 <sup>a</sup>	47.30 <sup>a</sup>	48.70 <sup>a</sup>	46.30 <sup>a</sup>	0.39
Hb(g/dl)	6.46 <sup>a</sup>	6.31 <sup>a</sup>	5.51 <sup>b</sup>	6.55 <sup>a</sup>	6.61 <sup>a</sup>	6.34 <sup>a</sup>	6.41 <sup>a</sup>	0.13
CF <sup>4</sup>	1.61 <sup>abc</sup>	1.50 <sup>c</sup>	1.56 <sup>d</sup>	1.63 <sup>a</sup>	1.62 <sup>ab</sup>	1.58 <sup>bcd</sup>	1.57 <sup>cd</sup>	0.02

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

<sup>2</sup>Pooled standard error of mean

<sup>3</sup>Hepatosomatic index (%) : liver wt. × 100/body wt.

<sup>4</sup>Condition factor : (wet weight/total length<sup>3</sup>) × 100

Table 6. Proximate analysis of whole body composition (% of dry matter basis)<sup>1</sup>

PROXIMATE	DIETS							Pooled SEM <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	
Moisture	70.8	70.8	69.5	69.9	68.3	69.6	71.0	0.22
Crude protein	56.2	56.8	55.6	55.5	56.6	56.8	57.8	0.33
Crude lipid	28.8	28.4	28.3	29.5	27.9	28.5	25.9	0.41
Crude ash	14.7	14.4	14.4	14.8	14.4	14.1	15.2	0.17

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

<sup>2</sup>Pooled standard error of mean

사료 7(60% FMA + 0.5% ATT)과 비교하여 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이와 같이, 2.8 g된 치어기 조피볼락의 경우에는 성장면에 있어서 40% 어분대체품까지 유의적인 차이를 보이지 않았던 것으로 보아 예비사육기간 동안 실험사료의 먹이불임과 새로운 사료원을 이용하기 위한 생체내 효소 활성화 및 대사작용에 빠르게 적응되었을 것으로 생각된다.

본 실험에서는 시판되는 유인물질에 대한 유인성을 알아보기 위하여 시판 어분대체품인 사료 3과 어분대체품인 사료 5로 부터 각각 0.5%의 유인물질을 첨가시켰으나, 유인물질을 첨가하지 않는 사료구(사료 2 및 4)와 비교하여 유의적인 차이는 나타나지 않았다(P>0.05). 따라서, 이러한 유인물질은 어종에 따르는 차이는 있겠지만, 무엇보다도 적절한 비율로 포함되지 않았거나 사료 유인효과를 저해하는 물질이 포함되었을 것으로 추측된다. Kumai et al. (1989)은 시판되는 sca-

llop (*Patinopecten yessoensis*) 추출물을 첨가한 자주복 사료내에서 주목할 만한 유인효과를 보고하였고, Takeda (1980)는 일반적으로 어류는 glycine과 L-alanine의 합성물 또는 L-alanine과 L-proline의 합성물에 의해 사료내 기호성이 좌우된다고 보고하기도 하였다. 유인물질에 대한 연구는 juvenile eel (Takeda et al., 1984), yellowtail (Kohbara et al., 1989; Takii et al., 1995), red sea bream (Ina and Matsui, 1980), carp (Konishi and Zotterman, 1961), rainbow trout (Adron and Mackie, 1978) 등에서 보는 바와 같이 다양한 어종에서 연구가 이루어졌다. 사료내 유인물질(attractant)은 비타민, 미네랄 및 지질과 같은 영양소 요구량실험이나 어류의 종묘생산에 중요한 유생의 먹이개발(미립자 사료)에 매우 중요한 연구중의 하나이므로 많은 연구가 이루어져야겠다.

혈액분석 결과, hematocrit은 46~48%로서

유의적인 차이는 나타나지 않았다(Table 5). Hemoglobin양은 6.5 g/dl 정도로 나타났는데, 이러한 측정값은 Kikuchi et al. (1994)이 보고한 넙치에서의 3.6~5.3 g/dl 보다는 다소 높았고, 송 등(1995)이 보고한 담수어인 잉어에서의 9~10 g/dl 보다 낮은 경향을 보였다. 일반적으로 건강한 어류의 hemoglobin 양은 10 g/dl 정도라고 보고(Post, 1983)하고 있으며, 아직도 어류에 대하여 정상적인 값(Normal value)은 증명되지는 않았다. 전어체의 일반성분 조성은 Table 6에 나타내었고, 어체내 모든 실험구간의 조단백질, 조지방, 조회분 및 수분 함량은 유의적인 차이가 없게 나타났다( $P>0.05$ ). 이와같은 동일한 종간 계통 차이, 수은, 증체량, 사료공급 및 사료배합에 영향을 받는다는 보고도 있으나(Zeitler et al., 1984; Nandeesh et al., 1995), 이와 같이 7가지의 실험사료는 영양적인 면에서 영향을 받지 않았을 것으로 사료된다.

이와같이, 단독으로 사용된 어분대체품의 연구는 여러 어종과 동물성 부산물의 종류에 따라 다양하고 좋은 성과를 거두었으나, 여러 사료원을 혼합한 어분대체품 연구는 미비한 실정이다. Hardy and Masumoto (1990)는 새로운 어분대체품을 개발하는데 있어서 적어도 35% 이상 단백질을 함유하고, 이것은 항단백질효소의 활성 작용이 거의 없으며, 어분과 유사한 아미노산 조성과 15% 이하의 회분 그리고 가용인 0.5% 이상을 포함해야한다고 보고하였다. 따라서, 본 실험에 사용된 어분대체품의 사료원들은 보고된 값들에 대하여 영양소를 함유하고 있으므로 큰 영향을 초래하지는 않을 것으로 생각되며, 이것은 더욱더 많은 영양연구가 이루어져야 할 것이다.

본 실험결과를 토대로 조피볼락에 있어서 어분대체품(FMA)인 동물성부산물 단백질원들을 사용했을 경우 어분 단백질의 40% 가량 대체가 가능하며, 시판되는 어분대체품보다는 실험실에서 제작된 어분대체품이 우수한 성장효과가 있었다. 그리고 사료내 유인물질을 개발하는데 있어서는 앞으로 조피볼락의 영양 요구량에 관한 연구에서

가장 우선되는 적절한 사료유인물질을 밝혀내기 위하여 많은 연구가 수행되어야 하겠다.

## 요 약

본 연구는 조피볼락 사료에 있어서 어분대체품을 결정하고, 상품어분대체품과 유인물질의 첨가 효과를 통하여 조피볼락용 어분대체품개발을 위한 기초자료로 사용하고자 수행되었다.

실험사료는 조단백질 52%로, 가용성 에너지 16.8 KJ/g으로 설계되었고, 조단백질원으로 북양어분, 어분대체품 및 상품어분대체품을 사용하였다. 사료의 성분조성은 다음과 같이 요약된다: 사료1, 100% FM (control); 사료 2, 60% FM : 40% CFMA; 사료 3, 60% FM : 40% CFMA + ATT; 사료 4, 80% FM : 20% FMA; 사료 5, 80% FM : 20% FMA + ATT; 사료 6, 60% FM : 40% FMA + ATT; 사료 7, 40% FM : 60% FMA + ATT. 어분대체품은 혈분(BM), 오징어 간분(SLP), 육골분(MBM), 수지박(LM), 가금 부산물(PBP), 우모분(FM), 필수아미노산(Met, Lys, Ile) 등을 적절히 배합하여 제작 사용하였다. 성장률, 사료효율, 일간성장률 및 단백질효율에 있어서 사료 1은 사료 4, 사료 5 및 사료 6에 비해 유의적인 차이가 없었지만( $P>0.05$ ), 나머지 실험구들은 대조구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다( $P<0.05$ ). 특히, 상품어분대체품(CFMA)인 사료 2와 사료 3은 실험사료로 제작된 동일한 수준의 사료 6과 비교하여 성장률, 사료효율, 단백질효율에서 유의적으로 낮은 경향을 보였다. 0.5% 유인물질을 첨가한 사료 3과 5는 사료 2와 4에 비해 유의적인 차이는 보이지 않았으며( $P>0.05$ ), 간중량지수, hemoglobin 및 비만도에 있어서는 유의적인 차이가 나타났다( $P<0.05$ ).

따라서, 조피볼락에 있어서 어분대체품(FMA)으로 어분단백질을 40% 정도 대체 가능함을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- Adron, J. W. and A. M. Mackie, 1978. Studies on the chemical nature of feeding stimulants for rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. J. Fish. Biol., 12 : 303-310.
- 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.
- Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official Methods of analysis, 16th edition. AOAC International, Arlington, VA.
- Brown, B. A., 1980. Routine hematology procedures. In Hematology : Principles and Procedures. pp. 71-112. Lea and Febiger, Philadelphia. Bull. Freshwater Fish. Res. Lab., 12(2) : 1-4.
- Dabrowski, K. and R. W. Hardy, 1994. The status of alternative nutrient sources of fish meal (fishmeal analogs) in aquaculture diets. Proceedings of FOID'94, pp. 93-100.
- Dong, F. M., R. W. Hardy, N. F. Haard, F. T. Barrows, B. A. Rasco, W. T. Fairgrieve and I. P. Forster, 1993. Chemical composition and protein digestibility of poultry by-product meals for salmonid diets. Aquaculture, 116 : 149-158.
- El-Sayed, A.-F.M., 1994. Evaluation of soybean meal, spirulina meal and chicken offal meal as protein sources for silver seabream (*Rhabdosargus sarba*) fingerling. Aquaculture, 127 : 169-176.
- Fowler, L. G., 1990. Poultry by-product meal as a dietary source in fall chinook salmon diets. Aquaculture, 99 : 309-321.
- Gallagher, M. L. and G. Degani, 1988. Poultry meal and poultry oil as sources of protein and lipid in the diet of European eels (*Anguilla anguilla*). Aquaculture, 73 : 177-187.
- Garling, D. L. Jr. and R. P. Wilson, 1977. Effects of dietary carbohydrate-to-lipid ratios on growth and body composition of fingerling channel catfish. Prog. Fish-Cult., 39 : 43-47.
- Hardy, R. W. and T. Masumoto. 1990. Specification for marine by-products for aquaculture. In : International By-Products Conference, Anchorage, pp. 109-120.
- Higgs, D. A., J. R. Markert, D. W. McQuarrie, J. R. McBride, B. S. Dosanjh, C. Nichols, and G. Hoskins, 1979. Development of practical dry diets for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, using poultry-by-product meal, feather meal, soybean meal and rapeseed meal as major protein sources. In : Proc. World Symp. on Finfish Nutr. Fishfeed Technol. Eds. K. Tiews and J.E. Halver, pp. 191-218.
- Ina, K. and H. Matsui, 1980. Survey of feeding-stimulants for sea bream (*Chrysophrus major*) in the marine worm (*Perinereis vancaurica tetradentata*). Nippon Suisan Gakkai-shi, 54 : 7-12.
- 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 (2) : 203-206.
- Kohbara, J., K. Fukuda and I. Hidaka, 1989. The feeding stimulatory effects of jack mackerel muscle extracts on the young yellow tail *Seriola quinqueradiata*. Nippon Suisan Gakkaishi, 55 : 1343-1347.
- Konishi, J. and Y. Zotterman, 1961. Function of taste fibres in the carp. Nature, 191 : 286-287.
- Kumai, H., I. Kimura, M. Nakamura, K. Takii and H. Ishida, 1989. Studies on digestive system and assimilation of flavored diet in ocellate puffer. Nippon Suisan Gakkai-shi, 55 : 1036-1043.
- Lee, K. J. and S. C. Bai, 1997. Haemoglobin powder as a dietary fish meal replacer in juvenile Japanese eel, *Anguilla japonica* (Temminck et Schlegel). Aquaculture Research (in press).
- Lee, D. J. and G. B. Putnam, 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. J. Nutr., 103 : 916-922.
- Luzier, J. M., R. C. Summerfelt and H.G. Ketola, 1995. Partial replacement of fish



- meal with spray-dried blood powder to reduce phosphorus concentrations in diets for juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 26 : 577-587.
- Luzier, J. M. and R. C. Summerfelt, 1992. Evaluation of spray-dried blood powder as a partial substitute for fish meal in trout feed. In : *Proceedings of the East Coast Trout Management and Culture Workshop*, Pennsylvania State University, State College, PA. pp. 22-34.
- Mohsen, A.A. and R.T. Lovell, 1990. Partial substitution of soybean meal with animal protein sources in diets for channel catfish. *Aquaculture*, 90 : 303-311.
- Nandeesh, M. C., S. S. De Silva and D. S. Murthy, 1995. Use of mixed feeding schedules in fish culture : performance of common carp, *Cyprinus carpio* L., on plant and animal protein based diets. *Aquaculture Research*, 26 : 161-166.
- Ng, W. K. and K. L. Wee, 1989. The nutritive value of cassava leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, 83 : 45-48.
- Otubusin, S. O., 1987. Effects of different levels of blood meal in pelleted feeds on tilapia, *Oreochromis niloticus*, production in floating bamboo net-cages. *Aquaculture*, 65 : 263-266.
- Post, G., 1983. Nutrition and nutritional diseases of fish In : *Textbook of fish health*. TFH. Publications, Inc. Ltd. pp. 199-207.
- Rumsey, G. L., 1993. Fish meal and alternate sources of protein in fish feed update 1993. *Fisheries*, 18 : 14-19.
- 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., K. Takii and K. Matsui, 1984. Identification of feeding stimulants for juvenile eel. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 50 : 645-651.
- Takeda, M., 1980. Feeding stimulants for fish. *The Heredity*, 34 : 45-51.
- Takii, K., M. Nakamura, Y. Tanaka and H. Kumai, 1995. Diluted rotifer, *Brachionus plicatilis*, extract as culture medium stimulates hatching of red sea bream, *Pagrus major*. *Aquaculture Research*, 26 : 243-247.
- Wee, K. L. and S. S. Wang, 1987. Nutritive value of leucaena leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, 62 : 96-108.
- Winfrey, R. A. and R. R. Stickney, 1984. Starter diets for channel catfish : Effects of dietary protein on growth and carcass composition. *Prog. Fish cult.* 79-86.
- Zeitler, M. H., M. Kirchgessner and F. J. Schwarz, 1984. Effects of different protein and energy supplies on carcass composition of carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 36 : 37-48.
- 송민현 · 이경준 · 배승철, 1995. 성장기 잉어 *Cyprinus carpio* 사료에 있어서 단백질원으로서의 혈분 첨가효과. *한국양식학회지*, 8 : 343-354.
- 한국단미사료협회, 1995. 단미회보. 382 : 2-7.