

치어기 조피볼락에 있어 사료내 어분대체품의 이용 가능성

김강웅 · 배승철
부경대학교 양식학과

Possible Use of the Dietary Fish Meal Analogue in Juvenile Korean Rockfish, *Sebastes schlegeli*

Kang-Woong KIM and Sungchul C. Bai

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

A 16-week feeding trial was conducted to determine the amount of fish meal analogue (FMA) that can be replacing white fish meal (WFM) protein in Korean rockfish. Five experimental diets were formulated on isonitrogenous and isocaloric basis of 50% crude protein and 15.6 KJ/g diet. The graded level of replacement of FM by FMA on the basis of crude protein were as follows : Diet 1 (100% WFM), Diet 2 (87.5% WFM : 12.5% FMA), Diet 3 (75% WFM : 25% FMA), Diet 4 (75% WFM : 25% FMA + 2 EAAs), Diet 5 (50% WFM : 50% FMA + 2 EAAs). Methionine and lysine were selected for 2 essential amino acids (EAA) to study the effect of adding EAA to the diets 4 and 5.

Weight gain (WG), feed efficiency (FE) and protein efficiency ratio (PER) of fish fed diet 3, 4 and 5 were significantly lower ($P < 0.05$) than those of fish fed the control (100% WFM), while that of fish fed diet 2 was not significantly different diet ($P > 0.05$) from those of fish fed the control diet. WG, FE and PER of fish fed diet 4 were significantly higher ($P < 0.05$) than those of fish fed diet 3, but lower than those of fish fed the control diet. Therefore, these results indicated that FMA protein could substitute WFM protein up to 12.5% without 2 EAAs supplementation in Korean rockfish. And, dietary supplementation of 2 EAAs could be beneficial when FMA is utilized as a fish meal replacer in juvenile Korean rockfish.

Key words: fish meal analogue, Korean rockfish, essential amino acids

서 론

최근 양식산업은 급속히 발전하는 수산업의 한 분야이며, 갈수록 늘어가는 수산물의 수요에 부족한 공급량을 채워 줄 수 있기 때문에 경제적 중요성이 지속적으로 증가하고 있다. 현재 주요 수산식품 (어류, 갑각류 및 연체동물)의 세계 어업 생산고는 연간 약 6천만톤으로 한계에 도달한 것으로 예측되며, 21세기 초에는 인구의 자연증가에 따른 소비의 급속한 양적 팽창이 요구되어 2035년에는 세계 어업 생산고에 달하는 6천 1백 70만톤 정도의 많은 양이 수산 양식업에서 생산 공급되어야 할 것으로 추정하고 있다 (배, 1998). 아울러 Bai and Gatlin (1992)은 금세기말 세계 양식에 의한 수산물 소비량은 2,200만 톤에 달하게 될 것이며 서기 2000년까지 전세계 수산물 소비량의 1/4은 양식업에서 공급될 것으로 전망하였으나, 1998년에 이미 2,200만톤을 상회할 것으로 예측되어 수산 양식업의 중요성이 전세계적으로 갈수록 부각되어지고 있다.

최근에 천해양식 생산량 중 어류가 차지하는 비율이 점차로 증가되고 있으며, 1986년 방어를 위주로 2,900톤이던 것이 1996년에는 넙치 및 조피볼락을 중심으로 57,800여톤을 생산하여 20배 정도 증가했다 (농림수산부, 1997). 아울러, 국내 주요 해산어종인 넙치와 조피볼락의 배합사료 생산량에 있어서도 1994년 13,400톤, 1995년도에는 25,200톤이었고, 1996년도에는 30,100톤으로 늘어남으로써 어분의 수요가 점차적으로 증가되고 있다 (단미회보, 1997). 현재 국내의 배합사료에 사용되는 어분은 연간 10만톤 규모이며, 국내 어분시장은 수요량 증가에 따른 어분 공급은 정체되거나 감소

하는 경향을 보이는 반면에 외국산 어분의 수입은 점차적으로 늘어나고 있다. 따라서 이러한 실정을 대처해 나아가기 위해서는 사료영양 연구의 일부분인 어분대체 사료원 및 어분대체품 연구의 중요성을 인식하고, 앞으로 계속되어질 어분 공급의 문제점과 가격 불안정을 극복하여야 할 것이다. 어분대체품 개발의 연구는 최근에 몇몇의 연구자들에 의해 활발히 수행되어지고 있으며 (Hardy and Masumoto, 1990; Dabrowski and Hardy, 1994; Kim and Bai, 1997; Bai et al., 1998), 여러가지 단백질 사료원을 혼합·이용하여 유용한 아미노산 특성에 관한 연구 (Murai et al., 1986; Lim and Dominy, 1989; Webster et al., 1992) 어분에 다량 함유된 인의 부영양화를 막을 수 있는 연구 (Watanabe, 1991) 및 항영양소 제거 등을 도출해 낼 수 있는 연구들이 수행되어지고 있다. 본 실험에 일정한 배합비로 혼합된 동물성 단백질원들은 단백질의 질과 아미노산 조성이 어분단백질원보다 크게 뒤떨어지지 않으며, 한·두가지를 제외하고는 단위 무게당 가격이 저렴하고 공급이 안정적인 뿐만아니라 식물성 단백질원보다 인의 이용률이 높아 어분대체 사료원들로 많은 연구가 활발히 진행되고 있다 (Hardy and Masumoto, 1990; Fowler, 1991; Luzier and Summerfelt, 1992; Kikuchi et al. 1994; Luzier et al., 1995; Lee and Bai, 1997; Song et al., 1995; Kim and Bai, 1997).

따라서, 본 실험은 조피볼락 사료에 있어서 어분대체품을 제작하기 위한 기초적인 실험으로써 이것이 어분단백질을 어느 정도까지 대체할 수 있는지 판단하고, 부수적으로 필수아미노산 첨가 효과를 알아보기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험 사료

실험사료의 조성표와 일반성분은 Table 1에 나타내었으며, 5가지 실험사료의 필수아미노산 (EAA) 조성과 어분대체품 (FMA)의 일반성분 분석은 각각 Table 2와 Table 3에 나타내었다.

주단백질원으로 북양어분 (White fish meal, WFM)과 어분대체품 (Fishmeal analogue, FMA)을 사용하였으며, 어분대체품은 혈분

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

Ingredients	Diets				
	1	2	3	4	5
White fish meal	70.00	61.25	52.50	52.50	35.00
Fish meal analogue ²	0.00	8.55	17.10	17.10	34.20
Wheat meal	10.45	10.45	10.40	6.60	2.70
Dextrin	6.00	5.90	5.80	9.10	11.10
Squid liver oil	7.50	7.00	6.50	6.50	6.00
Vitamin premix	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Mineral premix	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
CMC	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Methionine	0.00	0.00	0.00	0.25	0.50
Lysine	0.00	0.00	0.00	0.25	0.50
Cellulose	0.00	0.80	0.65	1.65	3.95
Proximate analysis					
Moisture	28.2	27.0	26.0	26.8	25.7
Crude protein	50.6	50.5	49.9	50.0	48.9
Crude lipid	11.4	11.1	11.1	11.1	11.3
Crude ash	10.7	10.9	11.2	12.0	12.9

¹Same as Kim and Bai (1997).

²Mixture of the following ingredients at a specific ratio : blood meal, squid liver powder, meat and bone meal, leather meal, feather meal, poultry by-product.

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

Amino Acid	Diets				
	1	2	3	4	5
Arginine	2.88	2.80	2.72	2.71	2.53
Histidine	1.68	1.64	1.59	1.56	1.44
Isoleucine	0.69	0.72	0.75	0.73	0.77
Leucine	1.53	1.64	1.74	1.71	1.89
Lysine	1.41	1.47	1.53	1.76	2.12
Methionine + cystine ²	1.01	0.95	0.89	1.13	1.26
Phenylalanine + tyrosine ²	2.81	2.65	2.50	2.47	2.13
Threonine	1.49	1.52	2.20	2.19	1.81
Tryptophan	0.10	0.11	0.13	0.13	0.16
Valine	1.22	1.31	1.39	1.37	1.53

¹Amino acid contents of the ingredients were analyzed at the Korea Basic Science Center (Water HPLC, Water pico-tec. column).

²Semi-essential amino acid.

(Blood meal, BM), 오징어간분 (Squid liver powder, SLP), 육골분 (Meat and bone meal, MBM), 수지박 (Leather meal, LM), 우모분 (Feather meal, FM), 및 가금부산물 (Poultry by-product, PBP)의 6가지 동물성 단백질원을 아미노산 조성 (Table 4)과 가격 등을 고려하여 특정한 비율로 혼합하여 만들어졌다. 총 5가지의 실험사료는 조단백질 함량 50%, 가용성 에너지 15.6 KJ/g (protein, carbohydrate and lipid; 16.7, 16.7 and 37.7 KJ/g)으로 동일하게 맞추었고 (Garling and Wilson, 1977), 이 중 2가지는 어분대체품 (FMA)의 대체 수준에 따라 필수아미노산 중 2 가지 (2 EAAs: Methionine & Lysine)를 첨가하여 펠렛으로 제조하였다. 사료내의 주 동물성 사료원인 어분 (WFM)을 단백질함량 기준으로 12.5%, 25%와 50% 수준에서 어분대체품 (FMA)으로 대체하였고, 또한 25%와 50% 대체구에는 2EAA를 첨가 또는 첨가하지 않았다. 구체적 사료의 조성은 다음과 같다. 사료 1=100% WFM (대조구), 사료 2=87.5% WFM+12.5% FMA, 사료 3=75% WFM+25% FMA, 사료 4=75% WFM+25% FMA+2EAAs, 사료 5=

Table 3. Proximate analysis of six animal protein sources and the fish meal analogue (% of dry matter basis)¹

Composition	Crude Protein	Crude Lipid	Crude ash	Moisture
Leather meal	68.45	16.7	7.75	4.11
Meat & bone meal	55.54	18.0	23.0	4.19
Feather meal	88.7	8.2	3.45	9.79
Squid liver powder	51.2	20.6	6.6	10.13
Poultry by-product	68.0	16.7	15.1	3.63
Blood meal	90.5	0.74	2.3	8.23
Analogue	69.07	14.41	12.27	5.24

¹Results reported on the dry matter basis, average of duplicate analyses.

Table 4. Essential amino acid composition of six animal protein sources and fish meal analogue (% of dry matter basis)¹

Amino Acid	Diets ³						
	FM	LM	MBM	FM	SLP	PBP	BM
Arginine	4.1	4.0	3.2	3.2	1.9	3.2	2.5
Histidine	2.3	1.2	1.0	1.4	1.0	2.9	4.4
Isoleucine	0.9	0.9	0.8	3.0	2.1	1.3	0.9
Leucine	2.1	2.2	1.8	5.7	3.4	2.9	11.4
Lysine	2.0	2.1	1.7	2.3	3.0	2.9	7.7
Methionine + cystine ²	1.4	0.5	0.6	1.0	0.9	1.0	1.6
Phenylalanine + tyrosine ²	3.9	1.7	1.8	3.5	2.0	1.7	5.6
Threonine	2.1	1.9	1.6	3.7	2.7	2.3	5.8
Tryptophan	0.1	0.1	0.1	1.1	0.8	0.4	0.1
Valine	1.7	2.0	1.6	5.0	3.0	2.1	8.3

¹Amino acid content of ingredients were analyzed by the laboratory of National Fisheries Research and development Agency, Korea (HITACHI MODEL 835-50, HITACHI Resin # 2619 column).

²Semi-essential amino acid

³WFM=white fish meal, LM=leather meal, MBM=meat and bone meal, FM=fish meal, SLP=squid liver powder, PBP=poultry by-products, BM=blood meal

50% WFM+50% FMA+2EAAs.

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

2. 실험어 및 사육관리

실험어는 전라남도 완도배양장으로 부터 수송된 조피볼락 치어를 부경대학교 부설 수산과학연구소 사육실로 운반하여 3000ℓ 수조에서 실험환경에 적응할 수 있도록 넉치 상품 사료를 주면서 몇 주간 예비사육 하였다. 실험에 들어가기 전 실험사료에 적응하기 위해서 복양어분 (FM) 실험사료를 1주간 동일하게 공급하였으며, 실험기간은 16주간 실시하였다.

예비사육 후 평균무게 25.1g인 치어를 180ℓ FRP 원형수조에 15마리씩 수용하여 각 실험구당 3반복으로 무작위 배치하였다. 실험어의 각 수조당 평균 무게는 376.9g ± 0.46g (Avg. ± Pooled S.E.M.) 이었고, 사육수는 고속모래여과기 (역여과 방식)에 의해 여과된 해수를 사용하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 실험 시작시에 2ℓ/min 되도록 하였고, 실험어류가 성장함에 따라 4ℓ/min까지 조절하였다. 각 수조당 충분한 산소 공급을 보충하기 위해 에어 스톤을 설치하였고, 실험기간 동안 평균수온은 15~19℃로 전실험 기간 동안 자연수온에 의존했다. 일일 사료 공급량은 하루 2회씩 반복 공급하였다.

3. 어체 측정 및 성분 분석

실험종료후, 성장률 (Weight gain), 일일성장률 (Specific growth rate), 사료효율 (Feed efficiency), 생존율 (Survival rate), 단백질 전환효율 (Protein efficiency ratio), 간중량지수 (Hepatosomatic index), Hemoglobin, hematocrit, 비만도 (Condition factor) 그리고 어체의 일반성분을 조사하였다. 어체 측정은 4주 간격으로 성장률을 측정하였고, 마지막 16 주는 성장률 조사와 혈액 분석을 위해 각 수조당 3 마리씩 임의로 추출하여 미부정맥에서 혈액을 채혈한 후, micro-hematocrit 방법 (Brown, 1980)에 의해 hematocrit을 측정하고, 동시에 Drabkin's 용액을 사용하여 cyan-methemoglobin 방법으로 hemoglobin의 양을 측정하고, 다른 성분 분석을 위해 나머지 어류는 -40℃에 냉동 보관하였다. 실험사료와 각 수조별로 5 마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체의 일반 성분 (AOAC, 1984) 중, 수분은 상압 가열 건조법 (105℃, 4시간)으로, 조단백질은 kjeldahl법에 의한 질소정량법 (N×6.25)으로, 조지방은 Folch et al. (1957) 방법으로, 그리고 조회분은 직접회화법으로 각각 분석하였으며, 간중량 지수 (HSI)를 위해 각 수조별로 3마리씩 간과 어체의 무게를 측정하였다.

4. 통계처리

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

결과 및 고찰

16주간의 성장 실험 결과는 Table 5에 나타내었으며, 모든 실험기간 동안 생존율은 100%였다. 증체율에 있어서는 사료구 1 (100% WFM, 대조구)은 사료구 2 (12.5% FMA)와 비교하여 유의적인 차이가 없었지만 (P>0.05), 사료구 3 (25% FMA) 및 사료구 5 (50% FMA)는 낮은 결과를 나타내었다 (P<0.05). 그리고 필수 아미노산 (Methionine, lysine) 첨가한 사료구 4 (25% FMA+2 EAAs)에 있어서는 사료구 1 (대조구)에 비해 낮은 증체율을 보였으나, 필수아미노산을 첨가하지 않은 동일한 수준의 사료구 3 (25% FMA)보다는 유의적으로 높은 경향을 나타내었다 (P<0.05). 사료효율면에 있어서는 증체율과 유사한 경향을 나타내었으며, 사료구 3과 5에 있어서는 유의적인 차이는 나타나지 않았다 (P>0.05). 이와 같은 경향은 일간 성장률 및 단백질 전환효율에 있어서 유사한 경향을 나타내었고, 필수아미노산을 첨가한 사료구 4 (25% FMA+2 EAAs)에 있어서는 사료구 3 (25% FMA)과 비교하여 유의적으로 높은 경향을 나타내었다 (P<0.05). 이와 같이, 전반적으로 사료구 1 및 2는 증체율, 사료효율, 일간성장률 및 단백질 전환효율에 있어서 유의적인 차이가 없었던 것으로 보아 12.5% 또는 그 이상의 수준까지 추가적인 연구에 의해서 어분단백질을 대체할 수 있을 것으로 보며, 아울러 첨가 수준이 증가할수록 증체율과 사료효율면에서 높은 차이를 보인 것은 사료섭취에 대한 기호성이라든지 생체내 효소 활성화 및 대사작용 등의 문제가 있었던 것으로 판단된다. 또한, Dong et al. (1993)은 동물성 부산물 사료원을 사용함에 있어서 필수아미노산 조성의 불균형, 낮은 단백질 소화율 (예를 들어 keratins), 및 사료원의 변질 등이 문제점으로 대두된다는 보고도 있으나, 이 실험에 있어서는 실험사료

Table 5. Percent weight gain, feed efficiency, specific growth rate, protein efficiency ratio, hepatosomatic index, hematocrit, hemoglobin, condition factor in Korean rockfish (*Sebastes schulegei*) fed five different experimental diets for 16 weeks¹

	Diets					Pooled SEM ²
	1	2	3	4	5	
Weight gain (%) ³	116.1 ^a	162.3 ^a	102.0 ^c	118.7 ^b	88.7 ^d	2.18
FE (%) ⁴	114.6 ^a	115.4 ^a	73.5 ^c	87.8 ^b	72.9 ^c	1.68
SGR (%) ⁵	1.09 ^a	1.07 ^a	0.78 ^c	0.87 ^b	0.71 ^d	0.01
PER ⁶	2.27 ^a	2.28 ^a	1.51 ^c	1.76 ^b	1.49 ^c	0.03
HSI (%) ⁷	2.69 ^a	2.43 ^{ab}	2.16 ^b	2.37 ^{ab}	2.07 ^b	0.15
Hematocrit (%)	43.6 ^{ab}	45.4 ^a	41.3 ^b	40.2 ^b	41.2 ^b	0.82
Hb (g/dℓ)	8.0 ^a	7.7 ^{ab}	7.6 ^b	7.3 ^b	7.5 ^b	0.09
CF ⁸	1.82 ^a	1.84 ^a	1.67 ^b	1.67 ^b	1.56 ^c	0.02

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

²Pooled standard error of mean.

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

⁴Feed efficiency : (wet weight gain/dry feed intake)×100.

⁵Specific growth rate : (loge final wt. - loge initial wt.)/days.

⁶Protein efficiency ratio : wet weight gain/protein intake.

⁷Hepatosomatic index (%) : liver wt.×100/body wt.

⁸Condition factor : (wet weight/total length³)×100.

조성표 (Table 1), 필수아미노산의 조성 (Table 2) 및 생존율 등을 미루어 보아 저해요인에 대한 영향이 미치지 않았을 것으로 사료된다. 아울러, 이 실험의 어분대체품에 사용된 6가지 동물성 단백질 사료원들의 일반성분과 필수아미노산 조성은 Table 3과 4에 나타내었다. 이것들은 어분에 비해 단백질 함량이 우수하거나 비슷한 수준이며 필수아미노산 함량에 있어서도 각 사료원들마다 1~2개의 제한아미노산을 제외하고는 대조구의 주단백질원인 어분과 비교하여 별 차이는 없었다. Hardy and Masumoto (1990)는 새로운 어분대체품을 개발하는데 있어서 적어도 35% 이상 단백질을 함유하고, 이것은 항단백질 효소의 활성 작용이 거의 없으며, 어분과 유사한 아미노산 조성과 15% 이하의 회분 그리고 가용인(磷) 0.5% 이상을 포함해야 한다고 보고하였다. 이러한 사료원들 중에서 혈분의 경우에는 우수한 단백질원으로서 저온분사 건조법을 이용하여 가공하기 때문에 아미노산 파괴나 전환이 없고 아미노산 소화율도 96~99%에 이르며, 인(P)의 함량이 매우 낮아 사료내 인으로 인한 오염을 줄일 수 있는 보고도 있었다 (Luzier et al., 1995). 오징어 간분의 경우에는 조지방의 함량(20.6%)이 어분에 비해 상당히 높아 해산어 양식사료에서 특히 요구되는 필수 지방산을 많이 함유하며, 에너지 및 단백질 절약 효과 면에서 좋은 결과를 거둘 수 있을 것으로 사료된다. 그리고, 이 실험에서 필수 아미노산인 methionine 및 lysine의 첨가 효과는 같은 수준의 어분대체품에 있어서 유의적으로 성장 효과가 좋게 나타난 것으로 보아 필수아미노산의 첨가는 어느 정도 이용 가능하다고 볼 수 있으며, 사료구 1(대조구)보다 낮은 성장 결과는 앞으로 많은 실험을 통해 좀 더 자세히 검토되어야 할 것이다. Dabrowski and Hardy (1994)는 이러한 복합 어분대체품을 설계할 경우 유용한 아미노산 특성을 이용하거나, 항염양소의 제거 및 필수영양소를 첨가함으로써 상당한 이익을 도출해 낼 것으로 보고하였고, Arai (1981), Ogata et al. (1983), Wilson and Poe (1985) 등은 각각의 필수아미노산들은 전어체에 나타난 비율과 유사하게 되도록 필수 아미노산을 실험사료에 보충하였을 경우 적은 양의 아미노산으로도 단백질의 질을 높일 수 있다고 보고하였다. 또한 아미노산의 첨가 효과는 어종에 따라, 같은 어종이라도 크기 및 사용된 실험 사료의 아미노산 결핍정도에 따라서 다양하게 나타난다는 보고도 있다 (Lim and Dominy, 1989).

혈액성상의 결과를 살펴보면, hematocrit은 40~45%로서 나타났으며, 이러한 결과는 Alexis et al. (1985)의 무지개송어에 있어서 32~42% 측정값과 비교하여 다소 높았고, 성장기 잉어 (Song et al. 1995)에 있어서는 44%로서 매우 유사한 값을 나타내었다. Hemoglobin 양은 7.3~8.0 g/dl로 나타났는데 이러한 측정값은 Kikuchi et al. (1994)이 보고한 넙치에서의 3.6~5.3 g/dl 보다는 높았고, Song et al. (1995)이 보고한 잉어에서의 9~10 g/dl 보다는 낮은 경향을 보였다. 일반적으로 건강한 어류의 hemoglobin 양은 10 g/dl 정도라고 보고 (Post, 1983)하고 있으며, 아직까지 어류에 대한 어종별 정상적인 hemoglobin 값 (Normal value)은 증명되지 않았다. 그러나 필수영양소의 결핍 및 어종에 따른 환경조건과 성장 상태에 따라서 변할 수 있다고 많은 연구자는 밝히고 있다 (Watanabe et al., 1981; Murai et al., 1982; Cowey et al., 1983; Munkittrick and Leatherland 1983; Eaton et al., 1984; Mosconi-Bac. 1987;

Babin 1987; Garrido et al., 1990).

전어체의 일반성분 분석은 Table 6에 나타내었으며, 모든 사료 구간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다 ($P>0.05$). Zeitler et al. (1984)과 Nandeesha et al. (1995)는 어체의 일반성분 조성에 있어서 동일한 종간 계통 차이, 수온, 증체량, 사료공급 및 사료배합에 영향을 받는다고 보고하였고, Murai et al. (1985)은 성장함에 따라 조지방의 함량은 증가하는 반면에 조단백질과 조회분의 함량 변화는 적은 것으로 보고하였다 따라서, 위와 같은 결과를 토대로 치어기 조피블락에 있어서 어분대체품으로 동물성 단백질 사료원들 (혈분, 육골분, 우모분, 가금부산물, 오징어간분, 수지박)을 사용했을 경우, 어분 단백질을 기준으로 12.5% 가량 대체가 가능함을 보여 준 이 결과는 여러 동물성 단백질원들을 이용하여 치어기 조피블락 사료에 사용할 수 있는 어분대체품을 개발하는데 기초적인 자료가 될 것으로 판단된다. 또한, 필수아미노산의 첨가효과는 어분대체품을 사용하는데 있어서는 어느 정도 가능성을 시사하고 있으나, 조피블락의 어분대체품 개발에 대한 필수아미노산 첨가 여부는 앞으로 더욱 더 세부적인 연구를 통하여 결정하는 것이 바람직하다고 사료된다.

요 약

이 연구는 16주 동안 치어기 조피블락 사료에 있어서 어분단백질에 대한 어분대체품의 이용 가능성을 결정하고자 실시하였다. 어분대체품 (FMA)은 혈분 (BM), 오징어간분 (SLP), 육골분 (MBM), 수지박 (LM), 가금부산물 (PBP) 및 우모분 (FM)등으로 제작·사용하였고, 필수아미노산 (EAA) 중 2가지 (Methionine & Lysine)를 첨가하여 사용하였다. 5가지의 실험사료는 조단백질 50%로, 가용성 에너지 15.6 KJ/g으로 조정하였다. 실험사료는 조단백질을 기준으로 어분단백질과 어분대체품 비율을 다음과 같이 요약하였다: 사료 1, 100% WFM; 사료 2, 87.5% WFM : 12.5% FMA; 사료 3, 75% WFM : 25% FMA; 사료 4, 75% WFM : 25% FMA + 2EAA; 사료 5, 50% WFM : 50% FMA + 2EAA (Methionine & Lysine). 증체율, 사료효율, 일간성장을 및 단백질 전환 효율에 있어서 사료 2 (12.5% FMA)는 사료 1 (대조구)에 비해 유의적인 차이가 없었지만 ($P>0.05$), 나머지 사료구들은 대조구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다는 ($P>0.05$). 필수아미노산을 첨가한 사료 3 (25% FMA)과 사료 4 (25% FMA + 2EAA)의 두 사료구 간에서는 사료구 4가 유의적으로 높은 경향을 보였다 ($P<0.05$).

Table 6. Proximate analysis of whole body composition¹

	Diets					Pooled SEM ²
	1	2	3	4	5	
Moisture	69.1	69.2	68.9	68.2	69.7	0.41
Crude protein	56.8	55.5	57.4	55.3	56.9	0.18
Crude lipid	28.8	28.3	26.7	29.4	26.6	0.22
Crude ash	15.6	15.5	15.9	15.3	17.3	0.08

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

²Pooled standard error of mean.

따라서, 치어기 조피볼락에 있어서 필수아미노산 첨가없이 어분단백질을 복합 어분대체품(FMA)으로 12.5% 정도 대체 가능함을 알 수 있었고, 2개의 필수아미노산의 첨가는 어분대체품에 사용되었을 경우에는 어느 정도 효과가 나타났다.

감사의 글

이 연구는 해양수산부 수산특정연구개발 사업과 부경대학교 해양산업개발연구소(ERC)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 이에 깊은 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Alexis, M.N., E. Paparaskeva-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.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 14th edition. Arlington. AV. 1141pp.
- Arai, S. 1981. A purified test diet for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, fry. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 47, 547~550.
- Babin, P.U. 1987. Plasma lipoprotein and apoprotein distribution as a function of density in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Biochem.*, 246, 425~429.
- Bai, S.C. and D.M. Gatlin. 1992. Present and future use of computer liner programming for fish feed formulations in the United States. *Kore. J. Anim. Nutr. & feedstuffs*, 16, 93~104 (in Korean).
- Bai, S.C., H.K. Jang and E.S. Cho. 1998. Possible use of the animal by-product mixture as a dietary fish meal replacer in growing Common carp (*Cyprinus carpio*). *J. Korean Fish Soc.* 31, 380~385 (in Korean).
- 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, 1~4.
- 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.
- 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.
- 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 sample method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. of Biol. Chem.* 226, 497~509.
- Fowler, L.G. 1991. Poultry by-product meal as a dietary source in fall chinook salmon diets. *Aquaculture*, 99, 309~321.
- 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.
- 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.
- Hardy, R.W. and T. Masumoto. 1990. Specification for marine by-products for aquaculture. In *International By-Products Conference, Anchorage*, pp. 109~120.
- 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.
- Kim, K.W. and S.C. Bai. 1997. Fish meal analog as a dietary protein source in Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Kor. J. Aquacult.*, 10, 143~151 (in Korean).
- 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*. Vol 28, 509~516.
- Lim, C. and W. Dominy. 1989. Utilization of plant proteins by warmwater fish. *Aquaculture and Feed workshop, China*, pp. 143~163.
- 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.
- 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.
- 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, *Carassius auratus* L., as indicators of the health of the population. *J. Fish Biol.*, 23, 153~161.
- Murai, T., H. Ogata, P. Kosutarak and S. Arai. 1986. Effects of amino acid supplementation and methanol treatment on utilization of soy flour by fingerling carp. *Aquaculture*, 56, 197~206.
- Murai, T., T. Akiyama, T. Watanabe and T. Nose. 1985. Effects of dietary protein and lipid levels on performance and carcass composition of fingerling carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 54, 605~608.
- 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.
- 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.
- 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.
- Post, G. 1983. Nutrition and nutritional diseases of fish In: *Textbook of fish health*. TFH. Publications, Inc. Ltd. pp 199~207.

- Song, M.H., K.J. Lee and S.C. Bai. 1995. Effects of dietary blood meal as a protein source in growing common carp (*Cyprinus carpio*). Kor. J. aquacult., 8, 14~19 (in Korean).
- Watanabe, T. 1991. Past and present approaches to Aquaculture waste management in Japan. In: Cowey, C.B., and C.Y. Cho (eds.). Nutritional stratages & aquaculture wastes. pp. 137~154. Fish nutrition reserach lab., Ontario, Canada.
- 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.
- Webster, C.D., D.H. Yancey and J.H. Tidwell, 1992. Effect of partially or totally replacing fish meal with soybean meal on growth of blue catfish (*Ictalurus furcatus*). Aquaculture, 103, 141~152.
- Wilson, R.P. and W.E. Poe. 1985. Effects of feeding soybean meal with varying trypsin inhibitor activities on growth of fingerling channel catfish. Aquaculture, 46, 19~25.
- 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.
- 배승철. 1998. 배합사료 기술개발 현황과 전망, 수산양식기사반 교육 특별교육과정, 국립수산진흥원발표, pp. 61~73.
- 농림수산부. 1997. 농림 수산 통계 연보한국단미사료협회. 1997. 단미회보

1998년 8월 12일 접수

1999년 2월 13일 수리