

잉어사료에 있어서 피혁분과 육골분의 어분대체원으로서의 평가

배승철 · 장혜경 · 김경희
부경대학교 양식학과 사료영양연구실

Evaluation of Leather Meal and Meat and Bone Meal as the Fish Meal Replacer in Israeli Carp Diets

Sungchul C. Bai, Hye-Kyung Jang and Kyung-Hee Kim

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

This study was conducted to evaluate the possible utilization and the replacing range of leather meal (LM) or meat and bone meal (MBM) as a fish meal replacer for the dietary animal protein source of growing israeli carp, *Cyprinus carpio*.

Five different diets were formulated on isonitrogenous and isocaloric basis of 39.5% crude protein and 15.3 KJ/g diet. Percentage of the graded levels of replacement of white fish meal (WFM) by LM/MBM on the basis of crude protein were as follows: diet 1, 100% WFM (control); diet 2, 75% WFM+25% LM; diet 3, 50% WFM+50% LM; diet 4, 75% WFM+25% MBM; diet 5, 50% WFM+50% MBM. As the dietary protein sources, each diet containing 35.5% of animal protein were supplied by WFM and LM or MBM, and approximately 64.5% of plant protein. After one week of conditioning period, fish averaging 10 g were divided into five groups and fed one of the experimental diets for 12 weeks.

In the first and the second 4 weeks of feeding trials, there were no significant differences in weight gain between two groups of fish fed diet 1 (control) and 2 ($P>0.05$), while fish fed diet 3, 4 and 5 had a significantly lower body weight gain than fish fed diet 1 ($P<0.05$).

In contrast to those two periods, all diet groups were not significantly different compared to diet 1 in body weight gain during the third 4 weeks of feeding trial ($P<0.05$).

These results indicated that LM and MBM could be used as a fishmeal replacer up to 50% in growing israeli carp.

Key words : Leather meal, Meat and bone meal, Israeli carp

서 론

양식에서의 사료는 양식 산업 생산경비중 50% 이상을 차지하고 있으며 양식의 증대와 더불어 사료의 생산량도 증가하고 있다(단미회보, 1996 a). 전세계적으로 어분은 상업용 양어사료의 주 단백질원으로 이용되어져 왔고 사료원 경비중 가장 큰 비중을 차지하고 있는데, 최근 어분의 주 공급원인 정어리의 어획량 감소로 인해 공급이

불안정하고 이에 따라 어분 가격은 계속 상승하고 있다(McCoy, 1990; Rodriguez-Serna et al., 1996). 특히, 1995년에는 중국의 어분수요는 급격히 증가한 반면 세계의 어분 생산량은 이에 못미쳐 어분가격은 기록적으로 높은 수준에 도달하게 되었고, 이와 함께 미국과 유럽 지역의 사료제조업자들은 사료원 생산에 있어서 가격 경쟁력이 높은 여타의 단백질 사료원쪽으로 전환하고 있다(단미회보, 1996b). 그리고 수질오

염의 측면에서도 어분내 함유되어 있는 인은 이용율이 낮아 수질의 부영양화를 초래하는(Watanabe, 1991) 문제로 부각되고 있어서, 단백질원으로서의 어분을 대체할 수 있는 영양적으로 우수하고, 가격이 저렴하며, 공급이 안정적이며, 나아가 수질오염을 극소화 시킬 수 있는 어분대체 단백질원의 개발에 관한 연구가 매우 필요한 실정이다.

잉어는 우리나라의 가장 오래된 양식 대상으로 1995년 국내 잉어용 사료생산량은 58,069톤으로 전체 양어사료 생산량 140,985톤의 41%를 차지하고 있다(단미회보, 1996a). 현재 여러 연구를 통하여 양어 사료원으로는 어분, 혈분, 우모분, 육골분, 피혁분등의 동물성 사료원(Gallagher and Degani, 1988; Fowler, 1990; Watanabe and Pongmaneerat, 1991; Luzier et al., 1995; Rodriguez-Serna et al., 1996; 송 등, 1995)과 대두박, 면실박, 콘글루텐밀등의 식물성 사료원(Pongmaneerat et al., 1993; Belal and Assem, 1995)을 이용할 수 있다고 보고되었다(NRC, 1993; Kaushik, 1995). 피혁분은 가축의 피혁 제조과정중에 생기는 피혁 조각, 부스러기등을 가수분해 처리한 것이고, 육골분은 포유동물의 육가공 공장이나 도축장에서 나오는 뼈가 붙은 고기 조각이나 부스러기를 건열식으로 처리하여 기름을 빼고 남은 고탄분을 건조해서 분쇄한 것이다. 피혁분과 육골분은 주로 가축의 사료원으로 이용되어져 왔으며 단백질 함량이 비교적 높고 아미노산의 조성도 어분에 비해 크게 뒤떨어지지 않고 가격이 저렴하며 공급이 안정적이어서 특히 육골분은 사료내 동물성 단백질인 어분의 대체단백질원으로 이용 가능하여 연구가 되어왔으나(Mohsen and Lovell, 1990; Pongmaneerat and Watanabe, 1991) 국내에서 잉어를 대상으로 이와 관련된 연구는 매우 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 성장기 잉어 사료에 있어서 동물성 단백질원인 피혁분과 육골분을 어분 대체사료원으로서 사용할 수 있는지의 여부와 대체

가능수준을 판단하여 잉어용 어분대체품 개발의 기초자료를 제공하고자 실시되었다.

재료 및 방법

1. 실험사료

본 실험사료의 단백질원으로 동물성으로는 북양어분(White Fish Meal, WFM), 피혁분(Leather Meal, LM), 육골분(Meat & Bone Meal, MBM)을, 식물성으로는 대두박(Soybean Meal, SM), 콘글루텐밀(Corn Gluten Meal, CGM)을 사용하였다. 모든 사료는 National Research Council (NRC, 1993) 자료에 근거하여 조단백질 함량은 39.5%, 가용성 에너지는 15.3KJ/g (protein, carbohydrate and lipid : 16.7, 16.7 and 37.7 J/g)으로 (Lee & Putnam, 1973; Garling & Wilson, 1977) 동일하게 맞추어 총 5개의 실험사료를 제조하였는데(Table 1), 실험사료내의 어분대체 비율은 다음과 같다 : diet 1 (control), 100% WFM; diet 2, 75% WFM+25% LM; diet 3, 50% WFM+50% LM; diet 4, 75% WFM+25% MBM; diet 5, 50% WFM+50% MBM. 동물성 단백질원인 피혁분과 육골분은 어분의 조단백질 함량에 기준하여 첨가량을 어분단백질의 25%와 50% 수준으로 각각 대체하여 사료를 제조하였다. 피혁분과 육골분의 일반성분과 아미노산 조성은 Table 2에 나타내었다.

제조된 사료는 강제송풍건조기에서 상온으로 3시간 건조(수분 함량 18% 내외)한 후 밀봉하여 -20°C의 냉동고에 냉동보관하면서 사용하였다.

2. 실험어 및 실험설계

본 실험은 부산수산대학교(현 부경대학교) 양어장의 순환여과식 사육시설중 15개의 콘크리트 수조에서 잉어(*Cyprinus carpio*) 치어를 가지고 행하였다. 사육 실험은 사료내 동물성 단백질원으로서 어분, 육골분 혹은 피혁분으로 어분 단백질을 대체한 대체량(%)에 따라 총 5개 사료

Table 1. Composition and proximate analysis of five different experimental diets (% of dry matter basis)¹

Treatment	Experimental diets				
	1 (100% WFM)	2 (25% LM)	3 (50% LM)	4 (25% MBM)	5 (50% MBM)
Ingredients					
White Fish Meal ²	20.00	15.00	10.00	15.00	10.00
Leather Meal ³	—	4.30	8.60	—	—
Meat & Bone Meal ⁴	—	—	—	6.16	12.32
Wheat Meal ⁵	31.38	32.20	29.50	31.70	31.38
Soy Bean Meal ⁶	20.00	22.00	20.00	20.00	20.00
Corn Gluten Meal ⁷	16.50	15.00	17.00	16.50	16.50
Yeast	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vitamin premix ⁸	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Mineral premix ⁹	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05
Fish oil(squid liver oil)	3.70	3.00	3.30	3.20	2.75
Cellulose	1.37	1.45	2.85	0.39	—
Proximate analysis, % of dry matter basis					
Moisture	18.79	19.64	20.76	17.66	18.26
Crude protein	39.45	39.36	39.78	39.83	39.25
Crude lipid	9.68	9.63	9.70	9.66	10.11
Crude ash	8.17	7.74	6.44	9.01	9.46

¹Feedstuffs not mentioned here are the same feedstuffs as the domestic aquaculture feed companies are using currently.

²Kum Sung Feed Co., Pusan, Korea

^{3,4}E-Wha Oil Company, Pusan, Korea

⁵Young Nam Flour Mills Co., Pusan, Korea

^{6,7}Kum Sung Feed Co., Pusan, Korea

⁸Vitamin premix (mg/100g feed unless indicated otherwise) : vit.A, 375IU ; vit.D₃, 125IU ; vit.E, 2 ; menadione sodium bisulfate, 0.05 ; vit.B₁-HCl, 2 ; vit.B₂, 0.75 ; vit.B₆-HCl, 0.87 ; vit.B₁₂, 0.0005 ; vit.C, 5 ; calcium pantothenate, 10 ; nicotin amide, 4 ; inositol, 0.5 ; d-biotin, 0.0025 ; choline chloride, 50 ; pancreatin, 1.25

⁹Mineral premix (g/kg) : NaCl, 43.7 ; MgSO₄ · 7H₂O, 137.9 ; NaH₂PO₄ · 2H₂O, 87.8 ; CaH₄(PO₄)₂ · H₂O, 136.7 ; KH₂PO₄, 241.4 ; Fe-Citrate, 29.9 ; Ca-Latate, 300.4 ; MnSO₄, 0.5 ; ZnSO₄, 0.4 ; FeSO₄, 1.35 ; CuSO₄, 0.09 ; CoSO₄, 0.01 ; Calcium iodate, 0.01 ; MgO, 0.025

실험구로 나누고, 평균 10g 정도의 치어를 실험구당 25마리씩 3반복으로 무작위 배치하여 총 12주간의 주사육 실험을 행하였으며, 첫번째와 두번째 4주간의 사육기간이 끝난 8주후에는 평균 어체중이 28g인 어류로 15마리씩 3반복으로 같은 실험구내에서 재배치를 하여 세번째 4주간 사육 실험을 행하였다.

실험어는 경상남도 함안에 위치한 잉어 양어장으로부터 치어를 실험 장소로 옮겨와 잉어 치어용 시판사료를 1주간 공급하며 예비사육을 한 후 위에 언급한 대로 배치하여 사육실험을 실시하였다.

3. 사육시설 및 사육환경

실험수조는 순환여과시스템으로 60×47×40 cm³ 크기(약 120ℓ)의 콘크리트 수조에 유수량은 1ℓ/min으로 stand pipe를 통하여 넘치는 물을 양어장의 주여과조로 순환되도록 하였고, 수조 바닥의 중앙에 배수구를 설치하여 고형오물을 1일 1회 이상 배출하였다. 전 실험기간 동안 수온은 20~30℃로 자연수온에 의존하였고 용존산소는 4.5~6ppm으로 유지되었다. 사료공급은 어체중의 2.7~4% (건물기준)로 1일 3회(8 : 30, 12 : 30, 16 : 30) 12주간 공급하였다. 어체중은 매 2주마다 측정하였고 실험 시작전과 8주 및 12주후 체중, 체장, 혈액 및 일반성분을 분석하였다.

Table 2. Proximate analysis and essential amino acid (EAA) of leather meal and meat & bone meal (%)

	Leather meal	Meat & bone meal
Proximate composition¹		
Crude protein	74.6	55.54
Crude lipid	16.7	18.0
Crude ash	7.75	23.0
EAA composition²		
Arginine	4.01	3.16
Histidine	1.22	1.04
Lysine	2.08	1.68
Leucine	2.22	1.78
Isoleucine	0.94	0.79
Methionine/Cysteine ³	0.53/ -	0.44/0.20
Phenylalanine/Tyrosine ³	1.39/0.26	1.13/0.69
Threonine	1.29	1.60
Tryptophan	0.12	0.11
Valine	1.97	1.57

¹Analyzed at this laboratory.

²Analyzed at the Korea Basic Science Center.

³Semi-essential amino acid

4. 분석 및 통계처리

어체 일반성분 분석을 위한 샘플은 주사육 실험후 수조별로 5마리씩 임의로 추출하였고, 5마리를 한꺼번에 다져 고루 섞이게 한 다음 전어체 분석을 위한 샘플로서 보관했다. 일반성분 분석은 AOAC (1995)에 의하였는데, 사료 및 어체의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법, 조회분은 직접회화법, 그리고 조지방은 Folch et al. (1957)법으로 분석하였다. 혈액분석은 첫번째와 두번째 4주의 사육 실험후 수조별로 2마리씩 임의로 추출하여 미부정맥에서 혈액을 채혈한 다음, micro-hematocrit method로 hematocrit를, Drabkin's 용액을 사용하여 Cyan-methemoglobin법(Brown, 1980)으로 hemoglobin (Sigma Chemical, St. Louis, MO; total hemoglobin procedure, No. 525)을 측정하였다.

통계처리는 Computer program statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul, MN, USA)을 사용하였으며, ANOVA (Analysis of Varia-

nance) test를 실시하여 최소유의차검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성(p<0.05)을 검정하였다.

결과 및 고찰

첫번째 4주, 두번째 4주 및 세번째 4주의 각 실험기간별 증체율(weight gain, %)과 사료전환효율(FE, %)을 Table 3에 나타내었다. 첫번째 4주와 두번째 4주후에 있어서 사료 1 (100% WFM, control)과 비교하여 사료 2 (25% LM)는 성장에 있어서 유의적인 차이를 보이지 않았으며(P>0.05), 사료 3 (50% LM), 사료 4 (25% MBM) 및 사료 5 (50% MBM)는 유의적으로 낮게 나타났다(P<0.05). 반면 세번째 4주후에 있어서의 성장은 대조구와 비교하여 전 사료구에서 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 이는 피혁분과 육골분에 대한 먹이불임과 새로운 사료원을 이용하기 위한 생체내 소화효소 활성화 및 대사적응에 상당한 시간이 걸렸기 때문인 것으로 추측된다.

사료전환효율(FE, %)에 있어서 첫번째 4주 간에는 사료 4와 5가 대조구와 비교하여 유의적으로 낮았지만 (P<0.05) 사료 2와 3은 유의적 차이가 없었고(P>0.05), 두번째 4주후에는 사료 2만이 대조구와 비교하여 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 반면 세번째 4주후에 있어서의 사료 전환효율은 대조구와 비교하여 전 사료구간에 유의적 차이가 없었다(P>0.05).

사료섭취(FI), 단백질전환효율(PER)과 단백질 축적효율(PRE)을 Table 4에 나타내었다. 사료 섭취는 첫번째 4주간 동안에는 사료 2, 3, 5가 대조구보다 유의적으로 낮았고, 두번째 4주간에는 사료 3과 5가 대조구보다 유의적으로 낮았다(P<0.05). 그러나 세번째 4주간에는 사료섭취에 있어서 전 사료구간에서 유의적인 차가 없었다(Table 4). 이는 어분대체구들이 먹이불임에 상당한 시간이 소요됨을 보여주고 있다. 단백질전환효율 (PER)은 첫번째 4주간은 모든 대체구가 대조구에 비해

유의적으로 낮았으나 두번째 4주간에는 사료 3, 4, 5만이 낮았고(P<0.05) 세번째 4주간에는 대조구와 어분대체구간에 유의적인 차가 없었다(P>0.05). 단백질축적효율(PRE)은 첫번째, 두번째 4주간은 대조구에 비해 어분대체구가 유의적으로 낮았으나, 세번째 4주간은 사료 5(50% 육골분)가 대조구와 사료 4보다 높았다(P<0.05). 단백질축적효율은 육골분대체구의 경우 25%보다 50%에서 더 높았으므로 먹이불임이 충분할 경우 육골분의 첨가는 낮은 함량(25%)보다 높은 함량(50%)이 더 바람직한 것으로 사료된다.

첫번째 및 두번째 4주간과 세번째 4주간의 사육실험후의 비만도(CF)를 Table 5에 나타내었다. 첫번째 및 두번째 4주에서 무작위 추출한 어체의 비만도는 대조구와 비교하여 사료 4가 유의적으로 높았으나(P<0.05) 다른 사료구와는 유의한 차이가 없었다(P>0.05). 세번째 4주후의 비만도에 있어서는 모든 사료구간에 유의차를 보이지 않았다(P>0.05).

두번째 4주와 세번째 4주의 일반성분 분석은 Table 6에 나타내었다. 두번째 4주후의 일반성분 분석에 있어서는 수분에서 사료 4가 대조구보다 유의하게 낮은 것(P<0.05)을 제외하고는 전 사료구간에 유의적 차가 없었다(P>0.05). 12주의 일반성분 분석에 있어서는 사료 2의 조지방 함량이 대조구보다 유의적으로 낮게 나타났고(P<0.05)

그 외의 다른 일반성분 분석치에서는 전 사료구간에 유의적 차가 없었다(P>0.05). 어체의 일반성분조성은 여러가지 요소에 의해 영향을 받는데, 동일한 종안에서 계통에 따라 어체조성이 다르며, 사육환경중 수온에 따라 크게 영향을 받고, 체중 증가와 함께 성장함에 따라 지방의 함량은 증가하나 수분은 감소하며, 단백질 및 무기질 함량 변화는 적은 편이다(Murai et al., 1985). 그러나 무엇보다도 어체의 일반성분은 사료 공급량, 사료 배합에 가장 많은 영향을 받는다(Zeitler et al., 1984; Nandeesh et al., 1995). 여러 연구 결과들에 의하면 어체일반 조성중 조지방이 사료의 영향을 가장 많이 받으며(Zeitler et al., 1984; Pongmaneerat et al., 1993; Belal and Assem, 1995) 특히 사료내 지질의 함량과 첨가되는 지질원내 n-3 PUFA 함량(이 등, 1993)에 따라 어체 지방이 영향을 받는다고 보고되었다. 따라서 본 연구의 어체 조지방이 송 등(1995)의 보고보다 높은 이유는 동일한 종이라도 계통이 다르며 특히 본 실험어인 이스라엘 잉어는 보통 잉어보다 조지방 함량이 높다는 보고(강 등, 1992)와 일치한다. 또한 사료내 지방원이 송 등(1995)은 대구간유를 사용하였으나 본 실험에서는 오징어간유를 사용하였고 이에 n-3 PUFA가 많이 함유되어 있어 어체의 조지방 함량이 증가한 것으로 생각된다.

Table 3. Weight gain and feed efficiency of israeli carp fed five different experimental diets for 12 weeks

Diets	Initial mean body wt. (g)	Weight gain (%) ¹			FE (%) ²		
		First 4 weeks (1-4wk)	Second 4 weeks (5-8wk)	Third 4 weeks (9-12wk)	First 4 weeks (1-4wk)	Second 4 weeks (5-8wk)	Third 4 weeks (9-12wk)
1(100% WFM)	10.26	82.6 ^{a4}	78.6 ^a	45.8 ^{ab}	48.5 ^a	82.3 ^a	68.0 ^{abc}
2(25% LM)	10.21	75.1 ^{ab}	75.2 ^{ab}	49.5 ^a	44.7 ^{ab}	79.2 ^a	71.5 ^{ab}
3(50% LM)	10.06	72.2 ^b	67.2 ^c	46.6 ^{ab}	45.4 ^{ab}	65.6 ^b	66.6 ^{bc}
4(25% MBM)	10.25	74.2 ^b	68.4 ^{bc}	44.4 ^b	43.4 ^b	71.8 ^b	64.9 ^c
5(50% MBM)	10.15	62.0 ^c	63.0 ^c	50.1 ^a	37.7 ^c	66.5 ^b	73.8 ^a
Pooled SEM ³	0.03	2.13	1.74	0.76	1.10	1.97	1.15

¹Weight gain (%) = (final weight - initial weight) / initial weight × 100

²FE(%) = wet weight gain (g) × 100 / feed intake (g, dry matter basis)

³Pooled SEM = SD/√n

⁴Values within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

Table 4. Feed intake, protein efficiency ratio and protein retention efficiency of israeli carp fed five different experimental diets for 12 weeks

Diets	Feed intake (g)			PER ¹			PRE ²	
	First	Second	Third	First	Second	Third	Fist & Second	Third
	4 weeks	4 weeks	4 weeks	4 weeks	4 weeks	4 weeks	4 weeks	4 weeks
	(1-4wk)	(5-8wk)	(9-12wk)	(1-4wk)	(5-8wk)	(9-12wk)	(1-8wk)	(9-12wk)
1(100% WFM)	17.50 ^{a4}	17.92 ^a	18.98 ^a	1.23 ^a	2.09 ^a	1.72 ^{ab}	23.83 ^a	21.00 ^b
2(25% LM)	17.17 ^b	16.97 ^a	19.45 ^a	1.11 ^b	2.01 ^a	1.85 ^a	19.65 ^b	22.11 ^{ab}
3(50% LM)	16.46 ^a	15.89 ^b	19.57 ^a	1.07 ^b	1.65 ^b	1.68 ^b	16.79 ^{bc}	22.18 ^{ab}
4(25% MBM)	17.49 ^a	16.99 ^a	19.18 ^a	1.09 ^b	1.80 ^b	1.63 ^b	17.92 ^{bc}	20.72 ^b
5(50% MBM)	16.71 ^c	15.59 ^b	19.06 ^a	0.92 ^c	1.69 ^b	1.88 ^a	15.07 ^c	22.82 ^a
Pooled SEM ³	0.12	0.27	0.06	0.03	0.05	0.03	0.90	0.80

¹PER(protein efficiency ratio)=weight gain (g) / protein intake (g)

²PRE(protein retention efficiency)=100[(final weight × % protein of final whole body) - (initial weight × % protein of initial whole body)] / total protein intake

³Pooled SEM=SD/√n

⁴Values within the same column with different superscripts are significantly different(P<0.05)

Table 5. Condition factor of israeli carp fed five different experimental diets either for 8 weeks or 12 weeks

Periods	Condition factor ¹					Pooled SEM ²
	1 (100% WFM)	2 (25% LM)	3 (50% LM)	4 (25% MBM)	5 (50% MBM)	
8 weeks	1.52 ^b	1.69 ^{ab}	1.72 ^{ab}	1.76 ^a	1.58 ^{ab}	0.03
12 weeks	1.56	1.63	1.49	1.56	1.64	0.02

¹Condition factor=[wet wt. (g)/total length (cm)³] × 100

²Pooled SEM=SD/√n

Table 6. Proximate analysis of whole-body composition of israeli carp fed five different experimental diets either for 8 weeks or 12 weeks (% of dry matter basis)

	Diets					Pooled SEM ¹
	1 (100% WFM)	2 (25% LM)	3 (50% LM)	4 (25% MBM)	5 (50% MBM)	
8 weeks						
Moisture	74.5 ^{a2}	74.2 ^{ab}	74.1 ^{ab}	73.2 ^b	74.0 ^{ab}	0.14
Crude protein	50.8	51.1	50.6	49.3	49.4	0.38
Crude lipid	31.7	27.4	33.3	30.6	33.7	0.79
Crude ash	8.7	8.3	8.1	8.4	8.6	0.10
12 weeks						
Moisture	73.7	74.2	74.0	73.7	73.7	0.32
Crude protein	55.7	56.3	55.3	55.2	54.9	1.58
Crude lipid	31.7 ^{ab}	27.4 ^c	33.3 ^{ab}	30.6 ^b	33.7 ^a	0.18
Crude ash	8.3	8.3	8.1	8.3	7.9	0.38

¹Pooled SEM=SD/√n

²Values within the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

8주간의 사육 실험후의 어체의 hematocrit치는 실험구간의 유의차가 없이 35~42.7%로 나타났는데, 이는 Alexis et al. (1985)의 무지개송어

있어서 32~42% 범위의 보고와 유사하였고 송 등(1995)이 보고한 44% 보다 낮은 경향을 보였으나 실험어로 사용된 대상어종은 잉어로 동일

하였으나 계통에 있어서 본 실험어는 이스라엘 잉어를 사용하여 송 등(1995)의 실험어인 보통 잉어와 다르므로 다소 수치상의 차이가 있을 것으로 사료된다. 일반적으로 건강한 정상어류의 Hemoglobin양은 10 g/dl 이상으로 보고되었는데(Post, 1983), 본 실험에서는 10.7-11.8 g/dl로 나타나 본 실험에서의 잉어는 정상적으로 성장하였다고 볼 수 있다.

어류의 성장에 필수적인 무기원소 인(NRC, 1993)은 잉어에서 요구량이 사료내 0.6-0.7%로 보고되었다(Ogino and Takeda, 1976). 잉어는 무위어이기 때문에 인 흡수 능력이 있어서 위를 가진 어류들보다 인 흡수 능력이 낮으므로 인의 첨가가 필요하다(Yone and Toshima, 1979). 따라서 추후 본 실험에 대한 적정 인의 첨가량 결정에 관한 연구와 사료원의 소화율을 먼저 측정 한 후 사료배합표를 작성한다면 먹이불임 기간을 단축하고 보다 효율적인 사료배합표를 작성할 수 있을 것으로 사료된다.

본 실험 결과들을 통해 피혁분과 육골분의 단백질은 충분한 먹이불임이 됐을때 성장기 잉어 사료내 어분단백질의 50%까지 대체하여 사용 가능함을 보여주었다.

요 약

본 연구는 잉어 사료의 어분 대체사료원으로서 피혁분과 육골분의 이용 가능성과 어분단백질 대체 범위를 결정하고 잉어용 어분대체품 개발의 기초자료를 제공하고자 실시되었다. 본 실험사료의 단백질원으로 동물성으로는 북양어분(White Fish Meal, WFM), 피혁분(Leather Meal, LM), 육골분(Meat & Bone Meal, MBM)을, 식물성으로는 대두박(Soybean Meal, SM), 콘글루텐밀(Corn Gluten Meal, CGM)을 사용하였고, 조단백질 함량은 39.5%, 가용성 에너지는 15.3 KJ/g으로 동일하게 맞추었고, 실험사료내의 어분대체 비율은 다음과 같다: diet 1 (대조구), 100% white fish meal (WFM, control); diet

2, 75% WFM+25% leather meal (LM); diet 3, 50% WFM+50% LM; diet 4, 75% WFM+25% meat and bone meal (MBM); diet 5, 50% WFM+50% MBM. 일주간의 먹이불임후에 잉어는 각 실험군별 평균어체중 10 g이 되도록 하여 3반복으로 무작위 배치하였고, 첫번째와 두번째 4주간의 사육기간이 끝난 8주 후에는 평균어체중이 28 g이 되도록 재배치하여 세번째 4주간동안 사육하였다. 사료는 1일 3회 어체중의 2.7-4%로 12주간 공급하였다.

첫번째와 두번째 4주후 사료 1(대조구)과 2의 증체율은 유의적 차이가 없었으나(P>0.05), 사료 3, 4, 5는 대조구보다 유의적으로 낮았다(P<0.05). 이와는 달리 세번째 4주후에 있어서는 대조구와 비교하여 전 사료구에서 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 사료전환효율에 있어서도 12주에는 대조구와 비교하여 전 사료구간에 유의적 차이가 없었다(P>0.05). 전어체 일반성분 분석 결과, 8주의 수분과 12주의 조지방을 제외하고는 모든 사료구의 일반성분치(수분, 조단백, 조지방, 조회분)에 있어서 유의적 차이가 없었다(P>0.05).

본 실험 결과, 사료내 동물성 단백질원으로 피혁분과 육골분은 충분한 먹이불임후에 어분단백질의 50%까지 대체 가능함을 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.
- AOAC, 1995. Official methods of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA.
- Belal, I. E. H. and H. Assem, 1995. Substitution of soybean meal and oil for fish meal in practical diets fed to channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque) : effects on body composition. *Aquaculture Research*

- rch, 26 : 141-145.
- Brown, B. A., 1980. Routine hematology procedures. In *Hematology : Principles and Procedures*. pp.71-112. Lea and Febiger, Philadelphia.
- 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. of Biol. Chem.*, 226 : 497-509.
- Fowler, L. G., 1990. Feather meal as a dietary protein source during parr-smolt transformation in fall chinook salmon. *Aquaculture*, 89 : 301-314.
- 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, 1976. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutr.* 106 : 1368-1375.
- Kaushik, S. J., 1995. Nutrient requirement, supply and utilization in the context of carp culture. *Aquaculture*, 129 : 225-241.
- 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.
- McCoy, H. D. II, 1990. Fishmeal - The critical ingredient in aquaculture feeds. *Aquaculture Magazine*, 16(2) : 43-50.
- 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.
- Murai, T., T. Akiyama, T. Takeuchi, T. Watanabe and T. Nose, 1985. Effects of dietary protein and lipid levels on performance and carcass composition of fingerling carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 51(4) : 605-608.
- Nandeesh, M. C., S. S. De Silva and D. K. 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.
- NRC (National Research Council), 1993. Nutrient requirement of fish. National Academy Press, Washington, D. C., 114 pp.
- Ógino, C. and H. Takeda, 1976. Mineral requirements in fish-III. Calcium and phosphorus in carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 42(7) : 793-799.
- Pongmaneerat, J. and T. Watanabe, 1991. Nutritive value of protein of feed ingredients for carp *Cyprinus carpio*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57 : 503-510.
- Pongmaneerat, J., T. Watanabe, T. Takeuchi and S. Satoh, 1993. Use of different protein meals as partial or total substitution for fish meal in carp diets. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(7) : 1249-1257.
- Post, G., 1983. Nutrition and nutritional diseases of fish In : *Textbook of fish health*. TFH. Publication, Inc. Ltd. pp.199-207
- Rodríguez-Serna, M., M. A. Olvera-Novoa and C. Carmona-Osalde, 1996. Nutritional value of animal by-product meal in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fry. *Aquaculture Research*, 27 : 67-73.
- Watanabe, T. and J. Pongmaneerat, 1991. Quality evaluation of some animal protein sources for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57(3) : 495-501.
- Watanabe, T., 1991. Past and present approaches to aquaculture waste management in Japan. In : Cowey, C. B. and C. Y. Cho (eds.). *Nutritional strategies & aquaculture waste*, pp.137-154. Fish nutrition research lab., Ontario, Canada.
- Yone, Y. and N. Toshima, 1979. The utilization of phosphorus in fish meal by carp and black sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 45(6) : 753-756.
- Zeitler, M. H., M. Kirchgessner and F. J. Schwarz, 1984. Effects of different protein and energy supplies on carcass composition of

잉어사료에 있어서 피혁분과 육골분의 어분대체원으로서의 평가

- carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 36 : 37-48.
- 강석중·최병대·정우건, 1992. 두 계통 잉어의 체 성분 비교. *한국양식학회지* 5(2) : 167-175.
- 단미회보, 1996a. 한국단미사료협회. 제 400호, 8 pp.
- 단미회보, 1996b. 한국단미사료협회. 제 404호, 8 pp.
- 송민현·이경준·배승철, 1995. 성장기 잉어(*Cyprinus carpio*) 사료에 있어서 단백질원으로서의 혈분 첨가효과. *한국양식학회지* 8(4) : 343-354.
- 이상민·이종윤·강용진·허성범, 1993. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 생화학적 변화 I. 성장효과 및 체성분의 변화. *한국양식학회지* 6(2) : 89-105.