

성장기 잉어(*Cyprinus carpio*) 사료에 있어서 단백질원으로서의 혈분 첨가효과*

송민현 · 이경준 · 배승철

부산수산대학교 양식학과

Effects of Dietary Blood Meal as a Protein Source in Growing Common Carp (*Cyprinus carpio*)*

Min-Heon Song, Kyeong-Jun Lee and Sungchul C. Bai

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

ABSTRACT

A series of feeding experiments were conducted to study the possible utilization of blood meal as a dietary protein source in growing common carp, *Cyprinus carpio*. Diets were formulated on isonitrogenous and isocaloric basis of 40% crude protein and 3,640 kcal/kg diet : diet 1 (100 FMP, control), 100% fish meal protein (FMP) ; diet 2 (25 BMP), 75% FMP+25% blood meal protein (BMP) ; diet 3 (50 BMP), 50% FMP+50% BMP ; diet 4 (75 BMP), 25% FMP+75% BMP ; diet 5 (100 BMP), 100% BMP. As the dietary protein sources, 34.2% of animal protein were supplied by FMP and/or BMP, and approximately 65.8% of plant protein were used.

In the first experiment, weight gain and feed efficiency were improved with increased level of blood meal protein in the diets. Weight gain and feed efficiency from fish fed diets 4 and 5 were significantly higher ($P < 0.05$) than those from fish fed diets 1, 2 and 3.

The second experiment was designed as a cross-over study to prove the first experiment's results. This cross-over study shows that weight gain from fish fed diet 5 is greater than that from fish fed diet 1.

The third experiment was conducted to compare palatability between diet 1 (100 FMP) and 5 (100 BMP). The data from this palatability study indicated that the palatability of diet 5 was lower than that of diet 1 initially, however, the palatability of diet 5 was improved and not worse than that of diet 1 within a week.

* 본 연구는 수산청 특정연구개발사업의 "어분대체품개발"에 관한 연구의 일환으로 부산수산대학교 해양산업개발연구소(ERC)와 원희상사(주)의 지원연구비에 의해 수행되었음.

Therefore, these findings may suggest that the fish meal can be replaced with blood meal completely in growing common carp diets.

서 론

잉어는 우리 나라에서 가장 오랜 양식의 역사를 가진 대표적 온수성 양식어로, 국내 담수어 양식 생산량의 63%를 차지하는 주요 양식 어종이다(농림수산부 1994). 잉어 사료에는 31~38%가 적정 조단백질 함량이며(NRC 1993), 사료 원료로는 어분, 혈분, 육골분, 우모분 등의 동물성과 대두박, 면실박, 콘글루텐밀 등의 식물성 단백질원들이 이용될 수 있다.

양어사료에서 각 사료원 중 단백질원의 비용이 상당부분을 차지하고 있으며, 이제까지 동물성 단백질원으로는 주로 어분을 사용하여 왔으나 사료 단백질원으로 어분을 계속 사용할 때는 다음 두가지 문제에 직면하게 될 것이다. 첫째는 어분의 수요가 계속 증가되는 반면, 어분 생산량의 증가율이 둔화되어(Rumsey 1994) 어분의 안정적 공급은 물론 가격상승으로 인한 경제성이 위협받게 될 수 있다는 점이며, 둘째는 어분사료가 양식어종의 요구량보다 과량의 인(燐)을 함유할 경우, 양식장의 수질환경을 오염시킬 수 있다는 점이다. 어분은 양어사료의 주단백질원으로서 어종별로 상이하나, 국내 양어사료 생산업체에서는 사료원의 20~30%를 어분으로 사용하고 있는 실정이다. 그런데, 이 중 약 25%를 수입산 어분에 의존하고 있어서(단미협회 1995), 앞으로 세계 어분 생산량의 점진적 감소를 예상해 볼 때(Rumsey 1994), 사료내 어분단백질을 다른 단백질원으로 대체해 나가는 것이 바람직하다.

양어사료에서 어분을 다른 단백질원으로 대체하는 시도는 여러 연구자들에 의해 연구되어 왔다. 차넬메기에 대한 혈분사료실험(Recce and Wesley 1975)으로부터 초어에 대한 대두박사료(Dabrowski and Kozak 1979), 잉어에 대한 대두박사료(Viola et al. 1981, 1982), 무지개송어에 대한 가금류 부산물 이용(Alexis et al. 1985), 틸라피아에 대한 혈분의 이용성(Otubusin 1987), 유럽장어에 대한 가금육분 및 혈분첨가사료(Gallagher and Degani 1988), 차넬메기에 대한 혈분 및 육골분 첨가사료(Mohsen and Lovell 1990), fall chinook salmon에 대한 우모분 첨가사료와 가금부산물사료(Fowler 1990, 1991), 잉어에 대한 육분, 대두박, 콘글루텐으로의 어분 대체(Pongmaneerat et al. 1993) 등의 연구가 있었다. 이러한 이전의 어분대체 연구에서 어분의 상당 부분을 대체할 수 있는 것으로 보고되었다. 이중 혈분은 단백질 함량이 89%(NRC 1993)나 되는 우수한 단백질원으로 일부 양어사료에 소량을 첨가하여 사용하고 있고, 일부 어종에 대해 어분의 일부를 대체하는 실험이 이뤄지기도 하였으나(Recce and Wesley 1975; Asgard and Austreng 1986; Otubusin 1987; Martins and Guzman 1994; Luzier and Summerfelt 1995) 잉어용 사료에서는 아직 연구, 보고된 바가 없다.

본 실험에서는 잉어 사료에 있어서 혈분단백질을 동물성 단백질원으로 어느 수준까지 이용할 수 있는지를 판단하기 위하여 잉어의 사육실험을 실시하고 성장과 사료효율, 체성분 및 혈액조성, 사료의 유인성 등에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실험어 및 실험설계

이 실험은 부산수산대학교 양어장의 보온사육동내에 15개 실험용 유리수조를 설치하여 잉어(*Cyprinus*

carpio) 치어를 사육했으며, 치어는 이스라엘잉어와 참잉어의 계통간 교배에 의한 것을 사용하였다. 사육실험은 사료 단백질원으로서 혈분의 첨가함량에 따라 총 5 개 사료 실험군으로 설정해서, 각 실험군별 3 반복으로 무작위 배치하여 예비실험 4 주, 주사육실험 6 주 그리고 교차확인실험을 3 주간에 걸쳐 실시하였다. 또한 교차확인실험 기간중 2 주간 별도의 유인성평가실험을 동시에 실시하였다.

2. 실험사료

실험사료의 단백질원은 동물성으로 어분과 혈분을, 식물성으로 대두박, 소맥분, 콘글루텐밀을 사용하였으며, 그 양은 Pongmaneerat et al. (1993)이 제시한 식물성 단백질의 양과 비슷한 수준으로 유지하였다. 실험 사료(Table 2)는 잉어의 영양요구에 맞도록(NRC 1993) 조단백질 함량은 40%, 가용에너지(Physiological fuel value : protein, 4 kcal/g ; lipid, 9 kcal/g ; carbohydrate, 4 kcal/g)는 3,640 kcal/kg으로 실험실에서 제조하였으며, 단백질/에너지 비율(P/E Ratio)은 107로 맞추었다.

사료 1 (100% FMP, 대조군)은 사료내 조단백질 함량 40% 중 동물성 단백질을 어분단백질로 충당하였고, 혈분을 전혀 사용하지 않았다. 사료 2 (25% BMP), 사료 3 (50% BMP), 사료 4 (75% BMP)는 사료내의 동물성단백질을 혈분단백질로 조단백질 함량을 기준으로 점차적으로 증가시키며 25, 50, 75%로 어분단백질을 대체하였다. 사료 5 (100% BMP)는 동물성단백질원으로 어분단백질을 100% 대체하여 혈분만을 사용하였다. 어분과 혈분(Hemoglobin powder)의 일반성분과 아미노산 조성은 Table 1에 나타내었다. 혈분은 조지방 함량이 낮기 때문에 사료 중 혈분 첨가비가 증가함에 따라 분석치를 기준으로 어유(대구간유) 함량을 증가시켰다. 혈분첨가량이 증가할수록 사료내의 인과 칼슘

Table 1. Proximate analysis and amino acid composition of blood meal and fish meal(DM basis)¹

	Fish meal ²	Blood meal ³
Crude protein	68.5(68.45)	92.3(92.5)
Crude lipid	6.7(7.48)	0.1(0.1)
Crude ash	23.2(23.2)	3.6(3.6)
Arginine	4.2	3.7
Histidine	1.3	6.3
Lysine	4.5	8.6
Leucine	4.5	12.4
Isoleucine	2.7	0.5
Methionine	1.7	1.0
Phenylalanine	2.3	6.8
Threonine	2.6	3.6
Tryptophan	0.6	1.5
Valine	3.0	9.2
Tyrosine ⁴	1.9	2.1
Cysteine ⁴	0.8	0.7

¹Values in parenthesis indicated our laboratory analysis for proximate analysis

²Amino acid composition of fish meal cited from NRC (1993)

³Amino acid composition of Hemoglobin powder of Harimex B.V. cited from NRC (1993)

⁴Semi-essential amino acid

함량은 감소하므로 일인산칼슘과 탄산칼슘으로 보충하였고, 점착제로 carboxy methylcellulose(CMC)를 0.1% 씩 사용하였다. 사료제조는 먼저 어분, 대두박, corn gluten meal을 분쇄기(RETSH GMBH 5657)로 분쇄하여 다른 원료와 혼합한 다음, extruder (보경상회, 부산)를 이용하여 압출 성형하였다. 제조된 사료는 강제송풍건조기에서 상온으로 24 시간 건조(수분함량 12% 내외)한 후 밀봉하여 -20℃의 냉동고에 냉동 보관하면서 사용하였다.

Table 2. Composition of experimental diets (% of dry matter basis)¹

Treatment :	Diets				
	1 (100 FMP)	2 (25 BMP)	3 (50 BMP)	4 (75 BMP)	5 (100 BMP)
Ingredients					
Fish meal ²	20.00	15.00	10.00	5.00	0.00
Blood meal ³	0.00	3.72	7.45	11.17	14.89
Wheat meal ⁴	39.50	39.50	39.50	39.50	39.50
Soybean meal ⁵	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Corn gluten meal ⁶	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Yeast	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Monocalciumphosphate	1.00	1.70	2.50	3.10	4.00
Calcium carbonate	0.00	0.60	0.80	1.44	1.50
Vitamin premix ⁷	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mineral premix ⁸	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
L-ascorbic acid	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Fish oil (pollack)	0.50	0.85	1.15	1.40	1.73
Carboxymethylcellulose	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cellulose	0.83	0.46	0.43	0.22	0.21
Proximate analysis (DM basis)					
Moisture	12.0	13.6	11.9	13.1	12.9
Crude protein	40.7	42.7	40.1	42.3	42.2
Crude lipid	2.54	2.44	1.76	1.39	0.58
Crude ash	7.79	7.66	7.37	7.27	6.76

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

²Kum Sung Feed Co., Pusan, Korea.

³Harimex B.V., Netherlands.

⁴Young Nam Flourmills Co., Pusan, Korea.

⁵Kum Sung Feed Co., Pusan, Korea.

⁶Kum Sung Feed Co., Pusan, Korea.

⁷Vitamin premix (mg/100 g feed unless indicated otherwise) : vit. A, 375 IU ; vit. D₃, 125 IU ; vit. E, 2 ; menadiansodium bisulfite, 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

⁸Mineral premix (mg/100 g feed) : MnSO₄ (32%), 50 ; ZnSO₄ (34%), 40 ; FeSO₄ (28%), 135 ; CuSO₄ (34%), 9 ; CoSO₄(33%), 1 ; Calcium iodate (60%), 1 ; MgO (54%), 2.5

3. 사육시설

실험수조는 순환여과시스템으로 60×25×40 cm³ 크기(60 ℓ)의 유리수조를 설치하여, 유수량은 1 ℓ

/min로 stand pipe를 통하여 넘치는 물을 양어장의 주여과조로 순환되도록 하였고, 수조 바닥의 중앙에 배수구를 설치하여 고형오물을 1 일 1 회 배출하였다. 집수조에는 가온장치를 설치하고 필요시 수온을 조절하여 20~27°C로 조절하였고, 용존산소는 4.5-6.0 ppm으로 유지하였다.

4. 사육방법

가. 예비실험

약 7 g 정도의 치어에 어분단백질과 혈분단백질의 함량이 대등한 사료(사료 3)를 공급하여 10 일간 먹이붙임을 하였다. 먹이붙임후 주사육실험을 위한 최종선별의 목적으로 수조당 25 마리(평균어체중 7.0±0.5 g)씩 무작위로 수용하고, 사료는 5 개 실험사료를 어체중의 5~8%(건물기준)씩 1 일 3 회(08:00, 13:00, 18:00) 공급하였으며, 4 주간의 예비실험을 주사육실험과 동일한 조건으로 실시하였다.

나. 주사육실험

실험어는 예비실험의 배치를 그대로 유지하고, 숙성어와 미숙어를 골라낸 후, 평균 어체중 15.0±0.5g이 되도록 수조별로 20 마리씩 수용하여, 주사육실험을 6 주간 실시하였다. 사료는 어체중의 3%(건물기준)를 4 주간은 1 일 4 회 (08:00, 11:00, 14:00, 17:00)에, 2 주간은 1 일 3 회(08:00, 12:30, 17:00)로 나누어 공급하였으며, 어체중은 2 주 간격으로 측정하였다.

다. 교차확인실험

실험군은 2 개 군을 설정하여 재배치하였으며, 주사육실험에서 성장이 가장 좋았던 사료 5(100 BMP) 실험군과 성장이 가장 나빴던 사료 1 (100 FMP) 실험군의 사료를 서로 교차시켜 공급하여 주사육실험 결과를 확인하고자 3 주간 실험하였다. 실험어는 주사육실험시의 수조 배치를 그대로 유지하였으며, 수조별로 15 마리씩으로 줄여서 같은 수조에 재배치하였다. 사료는 어체중의 3%(건물기준)를 1 일 3 회(08:00, 12:30, 17:00)에 나누어 공급하였다. 어체중은 시작시와 3 주후에 측정하였다.

라. 유인성평가실험

실험군은 4 개 수조에 20 마리씩(평균무게: 32.2±0.2 g) 재배치하고 10 일간의 예비사육(사료 3 공급)을 한후에 2 가지 방법으로 사료의 유인성실험을 실시하였다. 실험사료는 사료 1 (100 FMP), 사료 5 (100 BMP)이며, 1 일 사료 공급량은 어체중의 3%(건물기준)로 3 회(08:00, 12:30, 17:00)에 나누어 각 측정방법당 6 일간 공급하였다: (1) 방법 1-2 개 수조를 1 개 군으로 하여 2 개 실험군을 6 일간 2 반복으로 실험하였다(Table 3). 실험기간중 1 일 2 회(12:30, 17:00)는 50 BMP (사료 3) 사료를 공급하면서, 두가지 실험사료구별로 사료를 완전히 먹을 때까지 소요되는 시간을 각각 측정하였다. 유인성평가실험은 오전 08:00 시 1 회만 실시하였으며, 이때의 사료공급량은 어체중의 1%(건물기준)를 공급하였다. (2) 방법 2-본방법에서는 사료 1 과 5를 각각 어체중의 0.5%(건물기준)씩 공급하고 일정시간후의 잔여사료 입자수를 계수하여 유인성평가실험을 실시하였다. 6 일간 1 일 2 회(12:30, 17:00)는 2 가지 사료가 같은 비율로 잘 섞여진 혼합 사료를 공급하였고, 1 일 1 회(08:00)에 한하여 두가지 사료를 수조의 좌·우편에 분리하여 동시에 공급하고 15 분뒤에 두가지 사료의 잔여량(사료입자수)을 육안으로 계측하여, 전반부 3 일과 후반부 3 일간의 평균잔여 사료입자수를 기록하였다.

Table 3. Diet's allocation for the palatability test (1st 6 days)

Group	Days					
	1	2	3	4	5	6
A	100 FMP ¹	100 BMP	100 FMP	100 BMP	100 FMP	100 BMP
B	100 BMP ²	100 FMP	100 BMP	100 FMP	100 BMP	100 FMP
C	diet 1 : diet 5 (1 : 1)	diet 1 : diet 5 (1 : 1)	diet 1 : diet 5 (1 : 1)	diet 1 : diet 5 (1 : 1)	diet 1 : diet 5 (1 : 1)	diet 1 : diet 5 (1 : 1)
D	diet 1 : diet 5 (1 : 1)	diet 1 : diet 5 (1 : 1)	diet 1 : diet 5 (1 : 1)	diet 1 : diet 5 (1 : 1)	diet 1 : diet 5 (1 : 1)	diet 1 : diet 5 (1 : 1)

¹Diet 1=100% fish meal protein

²Diet 5=100% blood meal protein

5. 분석 및 통계처리

어체성분 분석을 위한 샘플은 주사육실험후 수조별로 5 마리씩 임의로 추출하였다. 일반성분중 사료 및 어체의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조지방은 Folch et al. 법(1957), 조회분은 직접회화법으로 분석하였다. 혈액분석은 수조별로 2 마리씩 임의로 추출하여 미부정맥에서 혈액을 채혈한 다음, hemoglobin의 측정에는 Drabkin 용액을 사용하여 cyan-methemoglobin 방법으로, hemoglobin (Sigma Chemical, St. Louis MO; total hemoglobin procedure, No. 525)을 측정하였다. Hematocrit 은 micro-hematocrit 방법(Brown, 1989)으로 측정하였다.

통계처리는 Computer program statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul, MN, USA)를 사용하였으며, ANOVA test를 실시하여 최소유의차검정(LSD : least significant difference)으로 평균간의 유의성(P=0.05)을 검정하였다

결 과

주사육실험 기간의 증체량과 사료효율은 Table 4에 나타내었다. 사료내 혈분의 함량이 증가할수록 성장이 빨랐으며, 사료 4 (75 BMP)와 사료 5 (100 BMP) 실험군은 대조군(100 FMP)보다 유의하게 성장이 빨랐다(P < 0.05). 대조군(100 FMP)에서 15.5 g으로 가장 적은 증체량을 보였으며, 사료 5 (100 BMP) 실험군이 22.0 g으로 가장 높은 증체량을 보였다(P < 0.05). 사료효율은 증체량과 같은 경향을 나타내었으며, 사료 4 (75 BMP)와 사료 5 (100 BMP) 실험군이 대조군보다 높은 사료효율을 보였다(P < 0.05). 대조군의 사료효율이 63.2 %로 가장 낮았고, 사료 5 (100 BMP) 실험군이 81.7 %로 가장 높았다(P < 0.05). 3 주간의 교차확인실험 결과는 Table 5에 나타내었다. 사료 1 (100 FMP)을 공급했던 대조군에 사료 5 (100 BMP)를 공급한 경우, 실험 시작시에는 유의적인 차이가 있던 것이 3 주후에는 유의적인 차이가 없어짐으로서 뚜렷한 성장 증가를 보였다. 사료효율은 사료 1 (100 FMP)을 공급했던 대조군에 사료 5 (100 BMP)를 공급한 실험군에서 유의적으로 높게 나타났다(P < 0.05).

Hematocrit 값과 hemoglobin 측정값은 Table 4에 나타내었으며, 모든 실험군에서 유의차를 보이지 않았다(P > 0.05). 실험어를 전어체 분석한 결과는 Table 6에 나타내었다. 수분, 조단백질 및 조지방에서는 모든 실험군간에 통계적 유의차가 없었지만(P > 0.05), 혈분 함량이 증가할수록 수분 함량이 증가하고,

조지방 함량이 감소하는 경향을 보였다. 조희분에서는 대조군에 비해 혈분첨가 실험군이 유의차를 보이지 않았지만($P > 0.05$), 사료 3 과 4에 비해서 사료 5 실험군에서는 유의적으로 낮게 나타났다($P < 0.05$).

Table 4. Weight gain, feed efficiency (%) hemoglobin, hematocrit and condition factor in common carp fed experimental diets for the 6-week period¹

Diets	Wt.gain ² (g)	FE ³ (%)	Hemoglobin (g/dl)	Hematocrit	Condition factor ⁴
1 (100 FMP)	15.47±0.59 ^b	63.17±1.41 ^b	10.00±0.19	44.00±0.94	1.58±0.01
2 (25 BMP)	15.67±1.12 ^b	63.50±2.78 ^b	9.90±0.26	44.00±0.00	1.57±0.01
3 (50 BMP)	17.18±0.34 ^b	66.27±1.68 ^b	9.73±0.17	44.30±0.94	1.54±0.02
4 (75 BMP)	22.01±0.24 ^a	77.60±1.45 ^a	9.67±0.35	43.69±1.25	1.56±0.04
5 (100 BMP)	22.03±0.90 ^a	81.67±2.43 ^a	8.97±0.37	43.00±0.27	1.52±0.04

¹Means of three replicate groups ; Values in the same column not sharing a common letter are significantly different ($P < 0.05$)

²Weight gain(g)=final wt.-initial wt.

³Feed efficiency=wt. gain(g)×100/feed(g, dry matter basis)

⁴Condition factor=[wet wt.(g)/total length(cm)³]×100

⁵±standard error of mean

Table 5. Weight gain and feed efficiency (FE) for common carp fed two experimental diets during the 3 weeks (cross test)¹

	Diets	
	100 BMP→100 FMP	100 FMP→100 BMP
Initial weight(g)	38.22±1.26 ^a	32.35±1.05 ^b
Final weight.(g)	55.24±2.47	52.29±1.98
Weight gain(g)	17.02±0.98	19.93±1.23
Feed efficiency(%)	70.44±2.81 ^b	97.68±2.40 ^a

¹Means of three replicate groups ; Values in the same row not sharing a common letter are significantly different ($P < 0.05$)

Table 6. Proximate analysis of whole body composition¹

	Diets					pooled sem ²
	1	2	3	4	5	
Moisture	75.59	76.08	76.17	76.59	75.92	0.59
Crude protein	14.95	15.87	15.91	15.48	15.47	0.15
Crude lipid	6.36	5.56	6.02	5.23	5.98	0.22
Crude ash	2.65 ^{ab}	2.56 ^{ab}	2.78 ^a	2.77 ^a	2.50 ^b	0.04

¹Means of five fish from each of three replicate groups ; Values in the same row not sharing a common letter are significantly different ($P < 0.05$)

²Pooled standard error of mean

유인성 평가실험의 결과, 2 개 실험사료에 대한 잉어의 선택성은 초기에는 사료 5 (100 BMP)보다

사료 1 (100 FMP)을 먼저 선택하였으나 기간이 경과할수록 선택성의 차이가 적어졌다(Table 7). 방법 1의 6 일간은 수조별로 어체중의 1% (건물기준)의 사료를 먹는데 소요되는 시간이 사료 1 (100% FMP) 실험군은 평균 26.7 분, 사료 5 (100% BMP) 실험군은 평균 28.3 분으로 실험구별로 사료를 먹는데 소요된 평균 시간에는 유의적인 차이가 없었다($P > 0.05$). 방법 2의 사료 공급후 15분 후에 측정된 잔여사료입자수는 사료 5 (100 BMP)보다 사료 1 (100 FMP) 실험군에서 전반부 3 일간은 유의적으로 적었으나($P < 0.05$), 후반부 3 일간의 측정에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으므로($P > 0.05$) 기간이 경과할수록 두 사료에 대한 기호성의 차이가 없어짐을 알 수 있었다.

Table 7. The results of the palatability test¹

	Diets	
	1 (100 FMP)	2 (100 BMP)
Feeding time ² (minute)	26.7±2.4	28.3±2.0
Uneaten feeds ³ (pellet)	38.5±5.0 ^b	52.0±2.3 ^a
Uneaten feeds ⁴ (pellet)	27.7±1.6	31.3±2.6

¹Values within the same row not sharing a common letter are significantly different ($P < 0.05$)

²Average feeding time of two replicate groups for 6 days in the first method

³Average uneaten feeds of two replicate groups for the 3 days in the second method

⁴Average uneaten feeds of two replicate groups for the 3 days in the second method

고 찰

잉어의 조단백질 요구량은 31~38% (NRC 1993)로 알려져 있으나, 국내 사료제조회사들의 실용 사료를 기준으로 실험사료내의 조단백질 함량을 40% 이상이 되도록 하였다. 실험사료의 제조후 분석된 조단백질 함량은 실험군간에 약간의 차이가 나타났으나(Table 1), 잉어의 성장에는 큰 영향을 미치지 않았을 것으로 사료된다. 또한 예비실험 기간을 제외한 전실험기간동안 일간 사료공급량을 어체중의 3% (건물기준)로 유지하여 잉어의 일간 단백질요구량 10~12 g/kg body wt. day-1 (Sato 1991)을 충족시킴으로서 단백질 섭취량의 차이가 잉어의 성장에 직접적인 영향을 주지는 않았을 것으로 판단된다.

Luzier and Summerfelt (1995)는 무지개송어 사료에서 혈분(blood powder)을 단백질 기준으로 어분의 65%까지 대체하는데 성공하였다. 그러나 본 실험에서는 조단백질 기준으로 어분을 완전 대체하는데 성공하였으며, 오히려 대조군보다 성장과 사료효율에서 더 좋은 결과를 보였다. 이러한 결과는 이전의 여러 어종에 있어서의 많은 어분대체 연구와는 상이한 결과로서 다른 어종에 비해, 특히나 이와 유사한 실험디자인의 틸라피아, 뱀장어에 있어서의 혈분단백질 이용성에 관한 실험(미발표)에서 보인 50%까지의 대체가능성과는 달리, 100%의 완전대체가 이루어진 것으로 보아 잉어는 혈분단백질을 다른 어종에 비해 훨씬 잘 이용할 수 있음을 보여준다.

Asgard and Austreng (1986)은 혈액단백질(protein from whole blood)의 소화율이 무지개송어에서 97% 이상으로 어분단백질보다 훨씬 우수하다고 보고하였다. 본 실험에 사용된 혈분은 hemoglobin powder 로써 조단백질 함량이 92%에 이르고, 가공 과정에서 저온분사 건조법을 사용하였기 때문에 아미노산 파괴 또는 전환이 일어나지 않아서 아미노산의 소화율도 96-99%에 이르며, 용해성도 뛰어난 것으로 보고되었다(Harimex info. 1992). 본 실험에서 혈분첨가 함량이 높은 실험군(사료 4, 5)의 성장이

좋았던 것도 이러한 것에 기인된다고 추측할 수 있다. 어분에 비해 혈분에서 상대적으로 적은 필수 아미노산은 arginine, isoleucine, methionine으로 실험사료내 혈분함량이 증가할수록 대조군(100 FMP)에 비하여 이러한 필수아미노산의 함량이 감소되었다. 그런데, 혈분에 부족한 isoleucine은 leucine 과 세포에 흡수·전달되는 메카니즘이 같아서 상호 제한작용을 하게된다. 그러나 이러한 문제는 isoleucine을 풍부하게 함유하고 있는 대두박, 콘글루텐밀 등을 첨가하므로써 해소될 수 있으며, 본 실험에 사용한 실험사료내의 대두박, 콘글루텐밀과 같은 식물성단백질의 isoleucine이 잉어의 이러한 3 가지 필수아미노산 요구량을 충족시켰으리라 사료된다.

사료효율의 경우, Mohsen and Lovell (1990)의 차넬메기 실험에서 적은 양의 혈분첨가(3.4%)보다는 더 많은 양의 혈분첨가(6.8%) 사료구에서 사료효율이 더 높게 나타났다는 보고가 있었는데, 본 실험의 결과에서도 이와 유사하게 혈분첨가 함량이 많은 실험군(사료 4, 5)에서 높은 사료효율을 보였다($P < 0.05$).

혈액분석 결과, hematocrit 은 실험군간에 유의차가 없이($P > 0.05$) 44% 정도로 나타났는데, 이 결과는 Alexis et al. (1985)의 무지개송어에 있어서의 32-42% 범위의 보고와 유사하다. 또한 Kikuchi et al. (1994)은 넙치의 hemoglobin 양을 3.6-5.3 g/dl 로 보고하였다. 그러나 일반적인 건강한 정상 어류의 hemoglobin 양은 10 g/dl 이상으로 알려져 있으며(Post 1983), 본 실험 결과의 hemoglobin 양이 9-10 g/dl로 나타난 것과 일치하여 본 실험에서의 잉어는 정상적으로 성장하였다고 볼 수 있다. 어체조성은 사료공급량과 사료배합에 의해 가장 큰 영향을 받는다(Zeitler et al. 1984). Zeitler et al. (1984)은 잉어 사료내 단백질함량 40~50% 처리 수준에서 어체 단백질함량이 15.2~16.9% 라고 보고하였고, Murai et al. (1985)은 잉어 사료내 단백질함량 24~34% 처리 수준에서 어체 단백질함량이 13.1%로 보고하여, 잉어의 경우 단백질 요구량 38% 범위에서 사료내 단백질함량 증가에 따라 어체단백질 조성도 증가한다고 볼 수 있다. 실험사료내 단백질함량 40% 수준의 주사육실험 6 주 후의 체성분조성을 분석한 결과, 단백질함량 15~16%로서(Table 6) Zeitler et al. (1984)의 보고와 일치하며, 각 처리군간에 유의차가 나타나지 않아 5 가지 실험사료는 사료배합에서 영양적으로 적절하였던 것으로 볼 수 있다.

실험사료의 유인성에 있어서, 첫번째 6 일간은 처음에 사료 1 (100 FMP)보다 사료 5 (100 BMP)를 먹는데 소요되는 시간이 더 길게 소요되었으나, 기간이 지날수록 두 처리군간의 차이가 점차 감소하였다. 두번째 방법의 전반 3 일간에서는 일정시간 경과 후에 잔여 사료입자수를 측정한 결과 두 사료 실험군간의 선택성에 유의차가 나타났으나($P < 0.05$), 후반 3 일간에는 유의차가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 처음에 잉어가 혈분사료보다 어분사료를 선호한 것은 실험어가 부화후부터 실험시작까지 어분사료(상품사료)에 이미 길들여져 있었기 때문이라 추정되며, 혈분첨가 사료도 짧은 기간동안 적응이 되면 잘 섭취할 수 있을 것으로 판단된다. 6 주간의 주사육실험 결과 100 BMP 사료군이 100 FMP 사료군에 비해 월등히 성장이 높아서 확인을 위한 교차실험을 하였으며, 교차실험 결과도 100 BMP 사료군의 성장이 100 FMP 사료군보다 좋았다. 결과적으로 치어 초기의 성장에 관계없이 100 BMP 사료가 100 FMP 사료보다 잉어의 성장을 촉진하는 효과를 나타냈다고 볼 수 있겠다.

인은 어류의 성장에 필수적인 무기원소로서(NRC 1993) 잉어의 인 요구량은 사료내 인 함량이 0.6~0.7%로 알려져 있다(Ogino and Takeda 1976). 잉어는 위와 위산의 분비가 없어서 어분내의 인 이용율이 낮기 때문에 잉어 사료에 가용성 인을 첨가할 필요성이 제기되었다(Yone and Toshima 1979). 또한 Ogino et al. (1979)은 일인산칼슘을 첨가하는 것이 효율적이라 하였으며, 잉어의 인 이용율은 어분에서 20%, 식물성 단백질의 phytin 질 인 20%, 1 인산칼슘 94%, 2 인산칼슘 46%, 3 인산칼슘

13%로 보고하였다. 잉어 사료의 인 첨가량은 인산염의 경우 2% 또는 1.4%에서 성장이 좋았던 것으로 보고되었고(Kim and Oh 1985), 1 인산칼슘의 경우 1% 첨가수준이 적절한 것으로 보고되었다(Kim and Kim 1995). 실험사료의 1 인산칼슘 첨가량은 사료 1 (100 FMP)에 1%로부터 혈분함량 증가에 따라 점차로 증가시켜, 사료 5 (100 BMP)에는 4%까지 첨가함으로써 대조군과 같이 사료내 총 인의 함량을 $1.27 \pm 0.01\%$ 로 맞추었다. 각 실험사료내 총인 함량의 계산은 NRC (1993) 자료를 사용하였다.

혈분은 단백질함량이 높고, 인의 함량이 어분에 비해 현저히 낮아서(어분: 3.81%, 혈분: 0.3%), 최근의 인으로 인한 환경오염문제를 고려한 어분단백질의 대체 단백질원으로 활용할 수 있을 것으로 사료된다. Luzier and summerfelt (1995)는 무지개송어의 혈분으로의 어분대체 실험에서 어분의 22.7%를 혈분으로 대체 성공하였고, 또한 사육배출수의 인의 농도도 줄일 수 있었으며, 이것은 곧 수질오염문제를 줄일 수 있는 방법이라고 보고한 바 있다.

본 실험의 결과로 볼 때 성장기의 잉어에 있어서 어분 대체 사료원으로 대두박, 콘글루텐밀 등 식물성 단백질원과 함께 혈분을 사용할 경우 어분을 대체한 혈분 첨가량이 증가할수록 높은 성장효과를 거두었으며, 오히려 혈분으로 어분을 100% 대체한 실험군이 높은 증체량을 나타냈으므로 어분을 전혀 사용하지 않은 새로운 잉어 사료의 개발을 기대할 수 있다. 또한 인의 함량이 높고 이용율이 낮은 어분을 인의 함량이 낮은 혈분으로 대체하고 이용율이 높은 1 인산칼슘을 첨가하므로써 인으로 인한 오염을 감소시킬 수 있는 사료의 개발을 기대해 볼 수 있을 것이다.

요 약

순환여과식 사육수조에서 잉어(*Cyprinus carpio*) 치어를 사육하면서, 사료 단백질원인 혈분의 첨가 함량에 따라 총 5 개 실험군을 3 반복으로 무작위 배치하고 6 주 동안 사육실험을 하였다. 실험사료의 단백질원은 동물성 20%, 식물성 약 75%를 사용하였고, 조단백질 40%, 3,640 kcal/kg을 기준으로 실험실에서 제조하였다: 사료 1 (100 FMP, control), 100% fish meal protein; 사료 2 (25 BMP), 75% fish meal protein+25% blood meal protein; 사료 3 (50 BMP), 50% fish meal protein+50% blood meal protein; 사료 4 (75 BMP), 25% fish meal protein+75% blood meal protein; 사료 5 (100 BMP), 100% blood meal protein.

6 주간의 주사육실험 결과, 혈분 첨가량이 증가할수록 증체량과 사료효율이 증가하였다. 대조군(100 FMP)에 비해 75 BMP와 100 BMP 실험군의 증체량과 사료효율이 유의하게 높았다($P < 0.05$). 3 주간의 교차확인실험에서도 100 FMP 대조군보다 100 BMP 실험군에서 높은 증체량과 사료효율을 나타내었다($P < 0.05$). 사료의 유인성평가실험은 100 FMP 와 100 BMP 사료의 유인성을 측정하기 위해 수행되었다. 유인성평가 결과, 초기에는 100 BMP 실험군의 유인성이 100 FMP 대조군보다 낮았으나 2 주만에 큰 차이가 없게 되었다. 본 실험결과, 성장기 잉어 사료의 단백질원으로서 어분단백질을 혈분단백질로 100%까지 대체 가능성을 알 수 있었다.

감사의 글

본 실험은 수산청 특정연구개발사업의 일환으로 수산청, 부산수산대학 해양산업개발연구소(ERC), 원희상사(주)의 지원으로 이루어졌으며, 실험수행에 많은 도움을 주신 주신 국립수산진흥원 전임기

부장님, 사료연구실 이상민 박사님, 박윤정님, 김명희님께 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.
- Andrews, J. W., and J. W. Page. 1974. Growth factors in the fish meal component of catfish diets. *J. Nutr.* 104 : 1091-1096.
- Asgard, T., and E. Austreng. 1986. Blood, ensiled or frozen, as feed for salmonids. *Aquaculture* 55 : 263-284.
- Brown B. A. 1980. Routine hematology procedures. In *Hematology : Principles and Procedures*. pp. 71-112. Lea and Febiger, Philadelphia.
- Dabrowski, K. and B. Kozak. 1979. The use of fish meal and soybean meal as a protein source in the diet of grass carp fry. *Aquaculture* 18 : 107-114.
- Folch, J., M. Lees, and G. H. Sloane-Stanley 1957. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissue. *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.
- Harimex B. V. 1992. Harimex Infomation of hemoglobin powder feed rate. 27 july Kim, I.-B., and J. -K. Oh. 1985. The effect of phosphorus supplementation to 40% soybean meal substituted diet for common carp. *Bull. Korean Fish. Soc.* 18 : 491-495.
- Lovell, R. T. 1982. Use of soybean products in diets for aquaculture species. Presentation made in phillippines and Taiwan. 21 pp.
- Luzier J. M. and R. C. Summerfelt. 1995. Partial replacement of fish meal with spray-dried blood powedr to reduce phosphorus concentrations in diets for juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykisc* (Walbaum). *Aquaculture Research* 26 : 577-587.
- 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
- Martins, S. N., and E. C. Guzman. 1994. Effect of drying method of bovine blood on the performance of growing diets for tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) in experimental culture tanks. *Aquaculture* 124 : 335-341.
- 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. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 51 : 605-608.
- NRC (National Research Council). 1993. Nutritional requirements of fish. National Academy of

- Science, Washington. D. C. 114 pp.
- Ogino, C., and H. Takeda. 1976. Mineral requirements of fish- $\frac{1}{2}$. Calcium and phosphorus requirements in carp. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 42 : 793-799.
- Ogino, C., L. Takeuchi, H. Takeda, and T. Watanabe. 1979. Availability of dietary phosphorus in carp and rainbow trout. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 45 : 1527-1532.
- 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.
- 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 : 1249-1257.
- Recce, D. L., and D. E. Wesley. 1975. A blood meal rumen contents blend as a partial or complete substitute for fish meal in channel catfish diets. Prog. Fish. Cult. 37 : 15-19.
- Rumsey, G. L. 1994. What is the future of fish meal use ? Feed International 15 : 10-16.
- Satoh, S. 1991. Common carp, *Cyprinus carpio*. In : R. P. Wilson (Editor), Handbook of requirements of fin fish. CRC Press, UK. pp.55-67.
- Shimma, Y., and H. Shimma. 1967. Effect of dietary C2-C14 even number saturated fatty acids on growth and fatty acid composition of rainbow trout. Bull. Freshwat. Fish. Res Lab., Tokyo 17 : 27-29.
- Smith, R. R. 1977. Recent research involving full-fat soybean meal in salmonid diets. Presented at the 1977 USTFA Convention, Keystone, Colorado. p.5.
- Stickney, R. R., and J. W. Andrews. 1972. Effects of dietary lipids on growth, food conversion, lipid and fatty acid composition of channel catfish. J Nutr. 102 : 249-258.
- Taylor, S. J., J. A. Cole, and D. Lewis. 1977. An interaction of leucine, isoleucine and valine in the diet of the growing pig. Pra. Natr. Soc. 36 : 36A.
- Viola, S., S. Mokady, U. Rappaport, and Y. Arieli. 1982. Partial and complete replacement of fish meal by soybean meal in feeds for intensive culture of carp. Aquaculture, 26 : 223-236.
- Viola, S., S. Mokady., and Y. Arieli. 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture 32 : 27-38.
- Viola, S., Y. Arieli, U. Rappaport, and S. mokady. 1981. Experiments in the nutrition of carp : Replacement of fish meal by soybean meal. Bamidgeh 33 : 35-49
- Yone, Y., and N. Toshima. 1979. The utilization of phosphorus in fish meal by carp and black sea bream. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 45 : 753-756.
- 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.
- 김정대, 김광석. 1995. 일일산칼슘의 첨가가 잉어의 성장능력, 사료 이용효율 및 인 배출량에 미치는 영향. 한국영양사료학회지 19 : 42-49.
- 농림수산부. 1994. 농림수산통계연보.
- 한국단미사료협회. 1995. 단미회보. 382 : 2-7.