

이스라엘 잉어 (*Cyprinus carpio*)에 대한 어분 대체품의 성장 효과

조재윤 · 허창경 · 박정환 · 윤길하 · 김유희 · 오승용 · 배승철
부경대학교 양식학과

Effects of Fish Meal Analogue on the Growth of Israeli Strain of Common Carp, *Cyprinus carpio*

Jae-Yoon Jo, Chang-Kyung Hue, Jeong-Hwan Park, Gil Ha Yoon,
Youhee Kim, Sung-Yong Oh and Sung-Chul Bai
Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

This study was conducted to investigate the effect of fish meal analogue (FMA) on the growth of Israeli carp, *Cyprinus carpio* averageing 43 g. Leather meal, meat and bone meal, feather meal, squid liver powder, poultry by-product and blood meal were used for ingredient of FMA. Four experimental diets were formulated to contain 36% crude protein and 15.4 kJ available energy g^{-1} . The percentage of replacement of WFM (white fish meal) by FMA on the basis of crude protein were as follows : Diet 1, 100% WFM+0% FMA (0% FMA, control) ; Diet 2, 80% WFM+20% FMA (20% FMA) ; Diet 3, 60% WFM+40% FMA (40% FMA) ; Diet 4, 40% WFM+60% FMA (60% FMA).

In this experiment, fingerling Israeli carp averaging 43 g were assigned to each diet treatment.

When the experiment was terminated, weight gain (WG), feed conversion (FC), specific growth rate (SGR) and protein efficiency ratio (PER) were measured respectively.

In the experiment, WG, FC, SGR and PER of Diet 2 were not significantly different from those of the control diet (P0.05). And WG, FC and SGR of Diet 3 were not significantly different from those of the control diet, but PER of Diet 3 was significantly lower than that of the control Diet. In Diet 4, WG, FC and PER were not significantly different from those of the control Diet, but SGR was lower than that of the control Diet.

According to the results from this study, it might be possible to replace fish meal protein by FMA up to 60% in fingerling Israeli carp diets.

Key words : Fish meal analogue, *Cyprinus carpio*, Diet

서 론

농업의 최대 생산력은 한계에 도달했으며 새로운 인류의 식량 자원에 대한 요구가 절실하나, 어업 활동을 통한 무한한 식량의 보고로 생각되어 오던 해양의 생산력도 그 한계점에 와있음을 실감하고 있는 상황에서 양식은 미래에 보다 안정

적인 인류의 식량 공급원으로서 인식되고 있다 (Thomas, 1995). 어류 양식에 있어 사료는 양식장 환경, 질병과 함께 기본적으로 고려되어야 할 요인이며, 또한 사료는 영양에 직결되는 요소로서 양식 성공의 관건이 될 수 있는 중요한 변수라고 할 수 있을 것이다. 그러나 최근들어 전세계적인 어획 자원의 고갈에 따른 어분 생산량 감소 및

양식 산업의 증가로 어분 가격이 크게 상승하고 있는 실정이다. 또한 국내에서 생산해내는 어분의 양도 매우 제한적이므로 외국산 어분에 대한 의존도가 날로 증가해 가고 있다. 따라서 많은 양어 사료 영양학자들이 어분 대체품으로 식물성 단백질원(대두박, 면실박, 콘글루텐 밀, 채종박 등) 및 동물성 부산물 단백질원(육골분, 육분, 혈분, 우모분, 가금 부산물 등)을 이용하여 값비싼 어분을 대신하여 값싸고, 공급이 안정적인 사료원을 부분적 또는 전체적으로 어분을 대체할 수 있는 연구를 계속하고 있다(Wee and Wang, 1987; Hardy and Masumoto, 1990).

국내에서는 송 등(1995)이 성장기 잉어 사료의 단백질원으로서 어분 단백질을 혈분 단백질로 100%까지 대체 가능함을 보고하였다. 이와같이 단독 어분 대체품의 연구는 어종과 동물성 가축 부산물의 종류에 따라 다양한 연구 성과가 보고되고 있지만, 복합 어분 대체품의 어종의 각 성장 단계에 따른 이용효율에 관한 연구는 미비한 실정이다.

치어기(12.5g)의 이스라엘 잉어를 대상으로 한 연구는 이미 박(1998)에 의해 실험되어, 어분 대체 60%에서 대조구와 유의적으로 차이가 없으며, 100%에서는 성장이 저하된 결과를 얻은 바 있으므로, 이 연구에서는 이보다 더 큰 43g 정도의 이스라엘 잉어를 대상으로 어분대체 효율을 조사하였는데, 앞선 연구에서 100%에서는 성장이 저하된 결과를 얻은 것을 토대로 이 연구에서는 60%까지의 대체 효율을 조사하였다.

재료 및 방법

평균 무게 $43g \pm 0.42g$ 의 이스라엘 잉어는 국립 부경대학교 양어장의 폐쇄 순환 여과식 시설내의 원뿔형의 바닥을 가진 5,000ℓ 콘크리트 사육 탱크에 수용하였다. 각 사육 탱크당 200마리씩 3반 복으로 임의로 배치하였다. 총 12주간 실시하였으며, 수온은 실험시작시 $25^{\circ}C$ 였으며, 실험종료시에는 $17^{\circ}C$ 였다. 사료는 하루 어체중의 3%가 매 시간 마다 공급되었으며, 용존산소는 항상 4~6

mg/L로 유지하였다.

실험 사료의 동물성 단백질원으로는 북양 어분(white fish meal, WFM)과 어분 대체품(fish meal analogue, FMA 1)을 이용하였고, 식물성 단백질원으로는 대두박(soybean meal, SM), 소맥분(wheat meal, WM), 콘글루텐 밀(corn gluten meal, CGM)등을 사용하였다. 어분 대체품은 혈분(blood meal, BM), 오징어 간분(squid liver powder, SLP), 육골분(meat and bone Meal, MBM), 수지박(leather meal, LM), 우모분(feather meal, FM) 그리고 가금 부산물(poultry by-products)등을 혼합하여 제조하였다. 총 4개의 실험 사료는 어분 대체품의 대체 비율에 따라 아래와 같이 제조되었는데, 각 사료는 조단백질 함량을 36%, 가용성 에너지는 15.4 kJ/g 으로 동일하게 맞추어졌다; Diet 1, 100% WFM+0% FMA (0% FMA, control); Diet 2, 80% WFM+20% FMA (20% FMA); Diet 3, 60% WFM+40% FMA (40% FMA); Diet 4, 40% WFM+60% FMA (60% FMA). 실험 사료는 모든 원료를 혼합한 후 펠렛 제조기로 압출·성형하였다. 제조된 사료는 송풍 건조기를 이용하여 상온에서 24시간 동안 건조한 다음, sieve를 이용하여 사료를 쳐서 입자 크기를 고르게한 후, 밀봉하여 $-20^{\circ}C$ 로 냉동보관하였다.

이 실험에 이용된 실험 사료의 조성표와 일반 성분은 Table 1에 나타내었으며, 어분 대체품의 6가지 동물성 가축 부산 혼합물의 일반 성분 분석은 Table 2에 나타내어졌다.

매 2주 간격으로 전체무게를 측정하였으며, 실험 종료후, 증체율(weight gain, WG, %), 사료 계수(feed conversion, FC), 일일 성장률(specific growth rate, SGR, %), 그리고 단백질 효율(protein efficiency ratio, PER)을 계산하였다. 12주간의 실험이 모두 끝난 후, 각 실험구당 6마리의 어류를 임의로 추출하여 어체 성분 분석을 실시하였다. 어체 성분 분석중 수분은 상압 가열 건조법, 조단백질은 Kjeldal 질소 정량법($N \times$

Table 1. Composition and proximate analysis of the experimental diets (% of DM basis)

Ingredient	Diet 1 (100% WFM)	Diet 2 (20% FMA)	Diet 3 (40% FMA)	Diet 4 (60% FMA)
White fish meal ¹	20.0	16.0	12.0	8.0
Fish meal analogue ²	—	3.97	7.94	11.9
Wheat meal ³	34.0	34.0	34.0	34.0
Soybean meal ⁴	20.0	20.0	20.0	20.0
Corn gluten meal ⁵	16.0	16.0	16.0	16.0
Yeast	1.0	1.0	1.0	1.0
Monocalciumphosphate	1.0	1.15	1.3	1.4
Vitamin. premix ⁶	3.0	3.0	3.0	3.0
Mineral. premix ⁷	1.0	1.0	1.0	1.0
Fish oil	3.0	2.6	2.2	1.85
<i>Proximate analysis</i> (% of DM basis)				
Crude Protein	36.3	37.5	36.1	34.9
Crude Lipid	22.2	23.0	19.3	17.4
Crude Ash	8.0	8.0	7.8	8.1

¹Kum Sung Feed Co., Pusan, Korea

²Mixture of the following ingredients(% of dry matter basis) : blood meal, squid liver powder, meat and bone meal, leather meal, feather meal, poultry by-product

³Young Nam Flour Mills Co., Pusan, Korea

⁴Kum Sung Feed Co., Pusan, Korea

⁵Kum Sung Feed Co., Pusan, Korea

⁶Vitamin 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.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

⁷Mineral premix (mg/100g feed) : MnSO₄, 50 ; ZnSO₄, 40 ; FeSO₄, 135 ; CuSO₄, 1 ; Calcium iodate, 1 ; Mgo, 2.5

Table 2. Proximate analysis of the fish meal analogue (% DM basis)

Composition	Crude Protein	Crude Lipid	Crude Ash	Moisture
Leather meal	68.45	16.7	7.75	4.11
Meat and 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
Aanalogue	69.07	14.41	12.27	5.24

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

6.25), 조지방은 Folch 등의 방법(1957), 조회 유의성(P<0.05)을 검정하였다. 분은 직접 회화법으로 분석하였다.

모든 측정값은 Computer Program Statistix 4.1(analytical software)을 사용하였으며, ANOVA test를 실시하여 최소 유의차 검정(LSD : least significant difference)으로 평균간의

결 과

12주간 4가지의 실험 사료를 공급하여 사육한 실험 결과를 Table 3에 나타내었다. Table 3 에

Table 3. Weight gain, feed conversion, specific growth rate and protein efficiency ratio of israeli strain of common carp fingerling fed four experimental diets¹

Diets	Initial wt.(g)	Final wt.(g)	Weight gain(g)	FC ³	SGR(%) ⁴	PER ⁵
1 (100% WFM)	42.7±0.46	179.0±5.22	25354.7±1139.3 ^a	1.46±0.03 ^b	1.68±0.02 ^a	1.88±0.04 ^a
2 (20% FMA)	42.5±0.44	170.5±1.04	24365.3±1569.4 ^{ab}	1.58±0.06 ^a	1.62±0.06 ^{ab}	1.70±0.07 ^b
3 (40% FMA)	42.9±0.32	174.2±1.87	25679.3±212.3 ^{ab}	1.48±0.01 ^b	1.66±0.03 ^a	1.87±0.01 ^a
4 (60% FMA)	43.1±0.45	164.4±4.33	23984.0±1321.6 ^b	1.55±0.07 ^{ab}	1.59±0.04 ^b	1.85±0.08 ^a

¹Mean of triplicate groups : Values±SEM in the same column with different superscript are significantly different (P<0.05)

²Weigth gain : Final wt.-initial wt.

³Feed conversion : dry feed intake/wet weigth gain

⁴Specific growth rate : (loge final wt.-loge initial wt.)/days

⁵Protein efficiency ratio : wet weight gain/protein intake

서 보는 바와 같이, Diet 2(20% FMA)는 증체율(WG), 사료계수(FC), 일일성장률(SGR) 및 단백질 효율(PER)에 있어서 대조구(100% WFM)에 비하여 유의적으로 차이가 없었으며(P>0.05), Diet 3(40% FMA)은 PER만이 대조구에 비해 유의적으로 낮은 결과를 보였을 뿐, WG, FC 그리고 SGR에 있어서는 대조구에 대해 유의적으로 차이가 없었다(P>0.05). 또한 Diet 4(60% FMA)의 경우도 SGR는 대조구에 비해 유의적으로 낮았으나(P<0.05), WG, FC 및 PER에 있어서는 대조구(100% WFM)에 대해 유의적인 차이가 없었다(P>0.05).

12주간의 실험이 끝난 후, 사료가 어체에 어떤 영향을 미쳤는지 알아보기 위하여 각 사료구에

서 실험어를 6마리씩 임의로 추출하여 어체의 일반 분석 함량(수분, 조단백, 조지방, 조회분)을 조사하였는데 분석 결과는 Table 4에 나타내었다. Table 4에 나타내어진 것과 같이, 수분, 조단백, 조지방, 조회분이 모든 사료구에 있어서 대조구에 대해 유의적으로 차이가 없었다(P>0.05).

고 찰

실험사료의 단백질 함량은 Table 1에서 보는 바와 같이 실험구마다 약간의 차이가 나타났으나, 어체의 일반 성분 분석 결과에서 나타나 있듯이, 모든 사료구에서 사료 단백질 함량이 유의적인

Table 4. Proximate analysis of whole body of israeli carp fed four different diets (% of DM basis)¹

Diet	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash
1 (100% WFM)	71.23±0.67	14.05±0.36	10.46±1.51	1.93±0.28
2 (20% FMA)	72.21±0.99	14.49±0.37	0.36±0.84	2.14±0.32
3 (40% FMA)	72.35±2.00	14.14±0.58	9.68±1.59	2.17±0.13
4 (60% FMA)	71.04±2.91	14.23±0.16	11.29±2.91	1.80±0.22

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

차이를 보이지 않았으므로 각기 다른 사료로 인한 이스라엘 잉어의 성장에 영향은 없었던 것으로 생각된다. 또한 전 실험 기간동안 일간 사료 공급율을 어체중의 3%로 유지하여 실험어의 일간 단백질 요구량 10~12 g/kg body wt. day-1 (Satoh, 1991)를 충족시킴으로서 단백질 섭취량의 차이가 실험의 성장에 직접적인 영향을 주지는 않았을 것으로 판단된다.

이 실험에서 사용된 4가지의 실험사료의 결과에 대한 생체내 이용률에 대한 직접적인 평가는 없었지만, 좋은 성장률과 폐사가 거의 없었으므로 영양소의 결핍으로 인한 성장이 지연되는 현상을 초래하지 않고 어류들이 정상적인 상태에서 실험되어졌다고 사료된다.

Table 3에서 보는 바와 같이, Diet 2(20% FMA)는 증체율(WG), 사료계수(FC), 일일성장률(SGR) 및 단백질 효율(PER)에 있어서 대조구(100% WFM)에 비하여 유의적으로 차이가 없었으며($P>0.05$), Diet 3(40% FMA)은 PER만이 대조구에 비해 유의적으로 낮은 결과를 보였을 뿐, WG, FC 그리고 SGR에 있어서는 대조구에 대해 유의적으로 차이가 없었다($P>0.05$). 또한 Diet 4(60% FMA)의 경우도 SGR는 대조구에 비해 유의적으로 낮았으나($P<0.05$), WG, FC 및 PER에 있어서는 대조구(100% WFM)에 대해 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 그러므로 Diet 3과 4에서 각각 PER과 SGR에서는 대조구에 비해 유의적으로 낮은 결과를 보였지만, 이 실험에 있어서 WG, FC, 그리고 Diet 3의 경우는 SGR, Diet 4의 경우는 PER이 대조구에 대해 유의적으로 차이가 없는 것으로 나타나 모든 사료구에서 이스라엘 잉어의 성장에 큰 차이가 없는 것으로 판단된다. 이와 관련하여 은연어 사료에서 청어 어분 단백질 75%를 가금부산물로 대체하여 대조사료와 비슷한 성장을 보인 예(Higgs et al., 1979)가 있으며, Luzier and Summerfelt (1995)에 의해 무지개 송어사료에서 혈분을 이용하여 어분의 65%까지 대체한 보고가 있다. 그러나 이러한 보고들은 단

독 어분 대체품을 사용하여 거둔 성과가 대부분으로 복합 어분 대체품 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

그러므로 이 실험 결과, 어분의 60%까지 대체한 사료구에서도 대조구와 비교하여 이스라엘 잉어의 성장에 있어서 큰 차이를 보이지 않았으므로 복합 어분 대체품을 이용하였을 때도 단독 어분 대체품을 이용하였을 때와 마찬가지로 이스라엘 잉어의 성장면에서 성공적인 결과를 나타낼 수 있을 것으로 생각된다.

어체의 일반성분 조성에 있어서 단백질의 경우, Zeiter et al. (1984)은 잉어 사료내 단백질 함량 40~50% 처리 수준에서 어체 단백질 함량이 15.2~16.9%라고 보고하였으며, Murai et al. (1985)은 잉어 사료내 단백질 함량 24~34% 처리 수준에서 어체 단백질 함량이 13.1%로 보고하였다. 실험 사료내 단백질 함량 36% 수준인 이 사육 실험의 어체 성분 분석 결과에 따르면, 단백질 함량 15~16%로서 (Table 4) Zeitler et al. (1984)의 보고보다 약간 낮은 수치를 나타내었는데, 이것은 Zeitler et al.이 제시한 사료내 단백질 함량보다 낮은 36%로 낮은 수준이었기 때문으로 생각된다. 또한 어체내 단백질 함량이 모든 처리구에 있어서 유의적 차이가 나타나지 않았으므로($P>0.05$), 4가지의 실험 사료는 사료 배합에 있어서 단백질이 영양적으로 적절하게 배합된 것으로 볼 수 있다. 또한 Zeitler et al. (1984)과 Nandeesh (1995)는 어체의 일반성분 조성에 있어서 동일한 종간 계통 차이, 수온, 증체량, 사료공급 방법 및 사료 배합에 영향을 받는다고 보고하였으며, Murai et al. (1985)은 상장함에 따라 조지방의 함량은 증가하는 반면에 조단백질과 조회분의 함량의 변화는 적은 것으로 보고하였으나, 이 실험에서는 조지방과 조회분에 있어서도 모든 처리구에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다($P>0.05$). 이와 같이, 복합 어분 대체품을 설계할 경우, Dabrowski and Hardy (1994)에 의해 논의된 바와 같이, 복합 어분 대체품을 설계할 경우 합성 아미노산을 첨가하거나,

항영양소의 제거 및 부족되는 영양소를 첨가함으로써 어분과 유사한 성장 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각되며, 사료내 단백질 함량으로 인한 성장이나 아미노산 중 한가지 또는 그 이상이 결핍되었을 때 발생할 수 있는 여러 증상을 배제할 수 있는 잇점을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 이 실험 결과를 통해 이스라엘 잉어에 있어서 이스라엘 잉어의 어분 대체품인 동물성 단백질원들을 이용하여 성장기 잉어 사료내 어분을 어분 대체품으로 60% 까지 대체 가능한 것으로 생각된다.

요 약

현재 전 세계적으로 어분의 부족과 가격의 상승으로 인하여 양어사료의 값싼 어분 대체품의 개발이 시급한 실정이다. 따라서 이 연구는 이스라엘 잉어(*Cyprinus carpio*)에 있어서 성장 단계에 따른 값싼 어분 단백질 대체품의 이용 효과를 알아보기 위해 수행되었다. 어분 대체품으로는 수지박(leather meal), 육골분(meat and bone meal), 우모분(feather meal), 오징어 간분(squid liver powder), 가금 부산물(poultry by-product) 그리고 혈분(boold meal)이 사용되었고, 이것들을 혼합하여 실험 사료를 제조하였다. 4개의 실험 사료는 조단백질 함량은 36%, 가용성 에너지는 15.4 kJ/g으로 동일하게 맞추어졌다; Diet 1, 100% WFM+0% FMA (0% FMA, control); Diet 2, 80% WFM+20% FMA (20% FMA); Diet 3, 60% WFM+40% FMA (40% FMA); Diet 4, 40% WFM+60% FMA (60% FMA).

이 실험에 사용된 어류는 이스라엘 잉어로서 평균 중량이 43g인 것이 이용되었다.

실험은 총 12 주간 실시되었으며, 실험이 종료된 후, 각각 증체율, 사료계수, 일일 성장률 그리고 단백질 효율을 조사하였다. 이 실험에서 Diet 2 (20% FMA)는 증체율(WG), 사료계수(FC), 일일성장률(SGR) 및 단백질 효율(PER)에 있

어서 대조구(100% WFM)에 비하여 유의적으로 차이가 없었으며($P>0.05$), Diet 3(40% FMA)은 PER만이 대조구에 비해 유의적으로 낮은 결과를 보였을 뿐, WG, FC 그리고 SGR에 있어서는 대조구에 대해 유의적으로 차이가 없었다($P>0.05$). 또한 Diet 4(60% FMA)의 경우도 SGR는 대조구에 비해 유의적으로 낮았으나($P<0.05$), WG, FC 및 PER에 있어서는 대조구(100% WFM)에 대해 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 따라서 성장기의 이스라엘 잉어(43g)의 어분 대체품의 이용 효율은 어분 단백질의 60% 까지 대체가 가능한 것으로 판단되며, 이보다 경제적으로 부가가치가 높은, 더 큰 어류에 관한 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Dabrowski, K. and R. W. Hardy, 1994 The status of alternatine nutrient sources of fish meal (fish meal analogue) in aquaculture diets. Proceedings of Foid '94, pp. 93-100.
- Higgs, D. A., J. R. Markert, D. W. McQuarrie, J. R. McBridge, 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. Fish-feed Technol. Eds. K. Tiews and J. E. Halver, pp. 191-218.
- Luzier, J. M. and R. C. Summefelt, 1995. Partial replacement of fish meal with spray-dried blood powder to reduce phosphorus concentrations in diets for juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), Aquacult. Res., 26 : 577-587.
- 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. Jap. Soc. Sci. Fish. 54 : 605-608.
- Nandeesh, M. C., S. S. De Silva and D. S. Murthy, 1995. Use of mixed feeding schedules in fish culture : performance of com-

- mon carp, *Cyprinus carpio* L., on plant and animal protein based diets. *Aquacult. Res.*, 26 : 161-166.
- Satoh, S., 1991. Common carp, *Cyprinus carpio*. In : RP. Wilson (Editor), *Handbook of requirements of finfish*. CRC Press, UK, pp. 55-67.
- Thomas, B. L., 1995, *Fundamentals of Aquacultural Engineering*. Department of Biological Engineering, Louisiana State Univ., 1 : 1-2.
- Wee, K. L. and S. S. Wang, 1987. Nutritive value of boil full-fat soybean in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, 62 : 96-108.
- Zeiter, 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.
- 박홍식, 1998. 부경대학교 수산 양식학과 석사학위 논문