

치어기 무지개송어의 사료내 어분대체원으로서 동물성 단백질원들의 이용 가능성

장혜경 · 김강웅 · 배승철
부경대학교 양식학과

Possible Utilization of Animal Protein Sources as a Dietary Fish Meal Replacer in Juvenile Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*

Hye-Kyung Jang, Kang Woong Kim and Sungchul C. Bai

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

This study was conducted to evaluate the possible utilization of 5 different animal protein sources in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Meat and bone meal (MBM), feather meal (FM), squid liver powder (SLP), poultry by-product (PBP) and blood meal (BM) were chosen to be the candidate for the possible ingredients for the dietary fish meal replacer in rainbow trout feed.

Six different diets were formulated on isonitrogenous and isocaloric basis of 48% crude protein and 16.7 kJ/g diet : diet 1, 100% white fish meal (WFM) ; diet 2, 80% WFM + 20% MBM; diet 3, 80% WFM + 20% FM; diet 4, 80% WFM + 20% SLP; diet 5, 80% WFM + 20% PBP; diet 6, 80% WFM + 20% BM. As the dietary protein sources, each diet containing 34.7% of animal protein were supplied by WFM with and without MBM, FM, SLP, PBP or BM and approximately 64.2% of plant protein. After one week of conditioning period, fish averaging 2g were divided into six groups and fed one of the experimental diets for 8 weeks. After eight weeks of feeding trials, there were no significant differences in weight gain and feed conversion ratio among groups of fish fed diet 1, 3, 4, 5 and 6 ($P > 0.05$). However, weight gain of fish fed diet 2 were significantly lower than those of fish fed diet 1, 3, 4, 5 and 6 ($P < 0.05$).

These results indicated that FM, SLP, PBP and BM can be used as a dietary fish meal replacer up to 20% in juvenile rainbow trout.

Key words : Animal protein source, Fish meal replacer, Juvenile rainbow trout

서 론

무지개송어는 미국으로부터 들여온 냉수성 어종이며, 1997년 국내 담수어 양식의 총 생산량인 24,856톤 중 3,655톤으로 온수성 어종인 잉어 다음으로 많이 생산되고 있다(해양수산부, 1998). 아울러, 국내 양어용 배합사료 생산 실적에 있어서도 1998년 연간 총 생산량 76,537톤 중 8,842톤으

로 11.6%를 차지하고 있다(한국단미협회, 1998).

최근 세계적으로 수산물의 인체영양 및 건강에 미치는 유익한 효과 등으로 어류 소비량은 매년 2.5%씩 증가하고 있으며, 이 중 양식 어류는 전체 증가의 26%을 차지하고 있다(Hole and Oines, 1991). 이와같이, 세계 수산식품의 소비는 계속적으로 증가 추세인 반면에 각국의 환경오염 및 경제적 배타수역으로 인해 세계 어업 생산고는 한

계에 도달할 것이며, 공급 대책의 일환으로 많은 연구자들은 어류양식 기술과 양식 사료개발등에 역점을 두고 있다(Brown, 1983; Rumsey, 1993; Doughty and Mcphall, 1995).

우리나라에 있어서는 최근 4~5년 동안 해산어류를 중심으로 어류양식 생산량이 점차 증가를 보이고 있는 반면에 1997년도 이후 내수면의 가두리 어업권 면허 연장 불허방침으로 담수어 시장은 계속하여 감소하고 있는 실정이다. 따라서 날로 급증하는 어류 수산물 수요에 대한 공급 부족을 메우기 위해서 우리나라 양식산업의 구조를 하루빨리 담수어를 비롯하여 해산어, 회유어류, 갑각류 등 어류양식 중심으로의 육성이 시급하며 이를 위해서 저렴하고 우수한 양질의 양어사료가 개발되어야 할 것이다. 이제까지 양어사료의 주 단백질원으로 높은 기호성과 단백질 함량 및 질 등이 우수하고 영양학적인 가치가 높은 어분을 주로 사용하였으나, 최근 어분의 주공급원인 정어리의 어획량 감소로 인해 공급이 불안정하여 어분 가격은 계속 상승할 전망이다(McCoy, 1990; Rodriguez-Serna et al., 1996). 따라서, 여러 연구를 통하여 어분을 일부 대체할수 있는 동물성 단백질원에 관한 많은 연구가 보고되고 있다. Chinook salmon에서는 우모분(Fowler, 1990), 나일 틸라피아와 무지개송어에서는 육골분, 가금부산물, 육분 등의 동물성 사료원(Rodriguez-serna et al., 1996; Watanabe et al., 1991), 무지개 송어(Luzier and Summerfelt, 1992 ; Luzier et al., 1995), 틸라피아(Otubusin, 1987), 차넬메기(Winfrey and Stickney, 1984; Mohsen and Lovell, 1990), 및 뱀장어(Gallagher and Degani, 1988; Lee and Bai, 1997; 송 등, 1995)에서는 혈분사료원이 어분 단백질을 대체할 수 있었다. 이외에도 식물성 단백질원인 대두박, 콘글루텐밀 등에서 어분단백질의 대체 가능성을 보였다(NRC, 1993).

주로 가축사료로 널리 사용된 동물성 단백질원들은 단백질 함량이 비교적 높고 아미노산의 조성이 어분에 비해 뒤떨어지지 않으며, 가격면에서도 저렴하고 공급이 안정적인 장점이 가지고

있다. 아울러, 식물성 단백질원에 비해 인 및 단백질의 이용율이 높아 양어 사료내 주 동물성 단백질원인 어분의 대체단백질원으로서 이용 가능하나 국내에서는 무지개 송어를 대상으로 이와 관련된 연구가 매우 미비하였다.

따라서, 이 연구는 어분단백질 기준으로 동물성 가공 부산물인 육골분, 우모분, 오징어간분, 가금부산물 및 혈분을 각각 20%씩 이용 가능한지를 평가하기 위해 실시하였으며, 무지개 송어 성장 결과를 비교 검토함으로써 어분대체원으로서의 적합성과 적정 대체범위에 관한 기초 자료를 얻고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험어 및 사육관리

실험어는 경북 이화정 송어 양어장에서 가져온 약 2g 정도의 치어기 무지개송어를 실험 환경에 적응할수 있도록 상업사료를 주면서 1주간 예비사육 하였으며, 주 사육 실험기간은 8주간 실시하였다. 예비사육 후, 평균무게 2.2g인 치어를 30마리씩 수용하여 각 실험구당 3반복으로 6개 사료구에 무작위 배치하였으며, 사료 공급은 어체중의 4~4.5%(건물량)로 1일 3회 주었다. 각 실험수조는 부경대학교 양어장에 설치되어 있는 60×25×40 cm 크기의(60 l)의 순환여과 시스템의 유리수조를 이용하였고, 유수량은 1 l/min로 stand pipe를 통하여 넘치는 물을 양어장의 주여과조로 순환되도록 하였고, 수조 바닥의 중앙에 배수구를 설치하여 고형오물을 1일 1회 배출하였다. 사육기간 동안 수온은 16~20℃였고, 수중 용존산소는 7~9mg/l 였다.

2. 실험사료

실험사료의 조성표와 일반성분은 Table 1에 나타내었으며, 각각 사료원들의 일반성분 및 아미노산 조성은 Table 2와 3에 나타내었다. 실험사료는 북양어분(White Fish Meal, WFM)을 기준으로 육골분(Meat and born meal, MBM), 우모분

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

Ingredient	Experimental diets					
	1	2	3	4	5	6
White fish meal (WFM) ²	50	40	40	40	40	40
Meat & bone meal (MBM) ³	-	12.32	-	-	-	-
Feather meal (FM) ⁴	-	-	7.43	-	-	-
Squid liver powder (SLP) ⁵	-	-	-	13.94	-	-
Poultry by-product (PBP) ⁶	-	-	-	-	11.59	-
Blood meal (BM) ⁷	-	-	-	-	-	7.56
Soybean meal	3	3	3	3	3	3
Corn gluten meal	11.5	16.1	16.3	16	17.2	11.8
Wheat flour	19.5	17.74	18.86	18.27	11.18	18.11
Yeast	1	1	1	1	1	1
Fish oil ⁸	9.0	8.5	6.0	8.3	9.2	7.5
Vitamin mixture ⁹	3	3	3	3	3	3
Mineral mixture ¹⁰	1	1	1	1	1	1
Cellulose	2	2	2	2	2	2
Proximate analysis :						
Crude protein	47.7	49.5	48.2	48.2	48.7	48.1
Crude lipid	14.9	15.9	15.3	13.5	14.4	11.5
Crude ash	11.0	13.4	11.0	9.5	11.6	10.8
Phosphorus	1.07	0.83	0.86	0.60	1.05	1.03

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

²Hanchang fishmeal Co., Pusan, Korea.

^{3,4,5,6,7,8}Purchased from Ewha oil Company, Pusan, Korea.

⁹Vitamin premix(mg/kg feed unless indicated otherwise): vit.A, 3000IU; vit.D₃, 2400IU; vit.E, 120IU; menadione sodium bisulfate, 6; vit. B₁-HCl, 15; vit.B₂, 30; vit.B₆-HCl, 15; vit.B₁₂, 0.06; vit.C, 300; calcium pantothenate, 150; nicotin amide, 150; inositol, 150; d-biotin, 1.5; choline chloride, 3000; pancreatin, 12.5.

¹⁰Mineral premix (mg/kg feed): MnSO₄, 320; ZnSO₄, 270; FeSO₄, 750; CuSO₄, 60; CoSO₄, 7; MgSO₄, 17.25; K₂SO₄, 212.24; NaCl, 51.88; K₂HPO₄, 136.09; NaSeO₃, 0.013, KI, 0.15.

Table 2. Proximate composition of the ingredients (% of dry matter)¹

Ingredient	Protein	Lipid	Ash	Moisture
Fish meal	68.5	10.0	17.1	4.4
Meat & Bone meal	55.5	18.0	23.0	4.2
Feather meal	88.7	8.2	3.5	9.8
Squid liver powder	51.2	20.6	6.6	10.1
Poultry by-product	68.0	16.7	15.1	3.6
Blood meal	90.5	0.74	2.3	8.2

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

(Feather meal, FM), 오징어간분(Squid liver powder, SLP), 가금부산물(Poultry by-product, PBP) 및 혈분(Blood meal, BM)의 동물성 단백질원들과 대두박(Soybean Meal, SM)과 콘글루텐밀의 식물성 단백질원들을 사용하였으며, 탄수화물원은 밀가루(Wheat meal), 지질원은 어유(Fish oil)를 사용하였다.

동물성 단백질원인 어분은 상기의 5가지 다른 동물성 단백질원으로 각각 사료에 20%씩 대체시켜 대조구(어분구) 사료를 포함하여 총 6가지 사료를 만들었으며, 사료의 조성을 요약하면 다음과

Table 3. Essential amino acid composition (%) of the ingredients¹

	WFM [*]	MBM [*]	FM [*]	SLP [*]	PBP [*]	BM [*]
Arg	4.05	3.16	3.20	1.94	3.22	2.54
His	2.30	1.04	1.35	0.97	2.84	4.37
Ile	0.92	0.79	2.98	2.10	1.33	0.85
Leu	2.07	1.78	5.67	3.40	2.87	11.38
Lys	1.95	1.68	2.33	3.01	2.87	7.67
Met/Cys	1.03/0.36	0.44/0.20	0.86/0.05	0.70/0.23	0.78/0.02	1.12/0.48
Phe/Tyr	1.10/2.79	1.13/0.69	2.54/1.01	1.44/0.59	1.39/0.34	4.91/0.70
Thr	2.09	1.60	3.70	2.66	2.32	5.80
Trp	0.13	0.11	1.05	0.82	0.38	0.05
Val	1.67	1.57	4.97	2.95	2.14	8.30
Total	20.46	14.19	29.71	20.81	20.5	48.15

¹Amino acid content of ingredients were analyzed by the laboratory of National Fisheries Research and Development Agency, Daejeon, Korea (HITACHI MODEL 835-50).

*WFM=White fish meal, MBM=Meat & born meal, FM=Feather meal, SLP=Squid liver powder, PBP=Poultry by-product, BM=Blood meal.

같다: Diet 1, 100% WFM (control); Diet 2, 80% WFM+20% MBM; Diet 3, 80% WFM+20% FM; Diet 4, 80% WFM+20% SLP; Diet 5, 80% WFM+20% PBP; Diet 6, 80% WFM+20% BM.

실험사료의 조단백질 함량은 46.5%, 가용에너지(Physiological fuel value: Lee and Putnam, 1973; Garling and Wilson, 1976)는 16.7 kJ/g (protein, 16.7 kJ/g; lipid, 37.7 kJ/g; carbohydrate, 16.7 kJ/g)으로 조절하였다.

실험사료 제작은 원료를 혼합한 후, 모이스트 펠렛 제조기로 압출 성형하였으며, 입자크기는 1 mm의 크기의 채로 고르게 친 후, 밀봉하여 -20℃에 냉동 보관하면서 사용하였다.

3. 어체 측정 및 성분분석

실험 종료 후, 증체율(Weight gain, WG), 사료 효율(Feed efficiency, FE), 일간성장률(Specific growth rate, SGR), 단백질전환효율(Protein efficiency ratio, PER), Hemoglobin, Hematocrit (PCV), 비만도(Condition Factor, CF), 전어체 일 반성분, 그리고 사료, 혈액, 뼈 및 전어체내 인 성분을 조사하였다.

어체측정은 2 주 간격으로 성장률을 측정하기

위해 MS-222(100ppm)로 마취시켜 전체 무게를 측정하였다. 마지막 8주에는 혈액분석을 위해 각 수조당 3마리씩 임의로 추출하여 미부정맥에서 채혈한 후, hematocrit은 micro-hematocrit method (Brown, 1980)로 측정하였다. 일반성분중 실험사료 및 전어체의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소 정량법(N×6.25), 조지방은 Folch et al.(1957)법, 조회분은 직접 회화법으로 각각 분석하였다. 아미노산분석은 시료를 6N HCl로 110℃에서 24시간 가수분해시켜 감압농축한 후, pH 2.2 Na-citrate buffer로써 정용하여 HITACHI Resin 2619 column (2.6×150mm)를 사용하여 HITACHI Model 835-50 아미노산 자동 분석기로 분석하였다. 그리고 사료, 혈액, 뼈 및 전어체내 인 성분은 Chen et al. (1956) 방법의 의하여 분석하였다.

4. 통계처리

통계처리는 Computer Program Statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul, MN, USA)로 ANOVA test를 실시하여 최소유의차검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

8주간의 사육 실험 결과는 Table 4에서 나타내었으며, 모든 실험기간 동안 생존율은 100%였다. 사료구 1(100% WFM)의 증체율은 344%로써 단백질 기준으로 동물성 부산물원들을 일정한 비율로 대체한 사료구 2(20% MBM), 사료구 3(20% FM), 사료구 4(20% SLP) 및 사료구 5(20% PBP)의 증체율인 342%, 310%, 347% 및 332%와 비교하여 유의적인 차이는 없었으나(P>0.05), 사료구 6(20% BM)에서는 235%의 증체율로 대조구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다(P<0.05). 이와같이 어분구에 비해 낮은 증체율을 보인 혈분은 영양소의 불균형에서 발생하는 것 보다는 육식성 어류의 기호성으로 인한 낮은 사료섭취 뿐만아니라 사료의 제조과정 중 높은 열처리로 화학적 아미노산 불균형, 생체내 이용률 및 단백질 질(quality) 감소시킬 수 있을 것이다(Opstvedt et al., 1984; McCallum and Higgs, 1989).

사료효율은 79.9%~88.6%로서 대조구와 사료구 2 및 4 사이에 유의적인 차이가 없었으나(P>0.05), 사료구 3, 5 및 6은 77.2%~62.2%로 대조구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다(P<0.05). 그리

고 증체율과 유사한 경향을 나타낸 일간성장률에 있어서는 2.52%~2.68%로서 대조구와 사료구 2, 3, 4, 및 5와 비교하여 유의적인 차이는 나타나지 않았으나(P>0.05), 사료구 6은 2.16%로 유의적으로 낮게 나타났다(P<0.05).

어체의 혈액분석 결과, Hematocrit는 37.5~42.7%로 모든 사료구 사이에 유의적인 차이는 없었으며(P>0.05), 이와같은 값은 Alexis et al. (1985)의 무지개 송어 실험에 있어서 32~42% 범위와 매우 유사하였다. Hemoglobin은 5.43~7.50 g/dl로 모든 사료구간에 유의적인 차이가 없었으며(P>0.05), 건강한 어류에 있어서는 10g/dl 정도 보고되고 있으나 정상적인 값(Normal value)은 증명되지 않았다(Post, 1983). 그리고 필수영양소의 결핍 및 어종에 따른 환경조건과 성장상태에 따라서 변할 수 있다고 많은 연구자들이 보고하였다(Wilson et al., 1982; Mosconi-Bac. 1987; Mun-Kittrick and Leathealnd 1983; Eaton et al., 1984; Babin 1987a, b; Garrido et al., 1990). 비판도는 대조구와 사료구 2 및 4 사이에 유의적인 차이가 없었으나(P>0.05), 사료구 3 및 4는 대조구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다(P<0.05).

전어체 일반성분 분석 결과는 Table 5에 나타

Table 4. Performance of rainbow trout fed the experimental diets¹

Diet	WG ²	FE ³	SGR ⁴	Hematocrit (%)	Hemoglobin (dl)	CF ⁵
1	344.6 ^a	88.6 ^a	2.67 ^a	37.0	7.5	1.4 ^{bc}
2	342.4 ^a	80.0 ^{ab}	2.65 ^a	38.0	7.1	1.5 ^{ab}
3	310.4 ^a	77.2 ^b	2.52 ^a	37.5	7.0	1.3 ^d
4	347.9 ^a	79.9 ^{ab}	2.68 ^a	39.5	6.7	1.4 ^c
5	332.9 ^a	75.6 ^b	2.62 ^a	42.8	7.2	1.3 ^d
6	235.8 ^b	62.3 ^b	2.16 ^b	37.5	5.4	1.5 ^a
P. SEM ⁶	1.33	2.6	0.19	0.88	0.32	0.02

¹Values within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

²Weight gain (%)=(final weight - initial weight) / initial weight × 100.

³FE(%)=wet weight gain (g) × 100 / feed intake (g, dry matter basis).

⁴Specific growth rate (%) = (ln final wt. - ln initial wt.) × 100 / days.

⁵Condition factor = [wet wt.(g)/total length(cm)³] × 100.

⁶Pooled SEM = SD/√n.

Table 5. Body composition of rainbow trout fed the experimental diets (% of dry matter)¹

Diet	Moisture	Protein	Lipid	Ash	Phosphorus
1	68.1	48.9 ^b	42.3 ^a	6.9 ^{bc}	1.5 ^{ab}
2	68.2	53.4 ^a	36.5 ^b	6.5 ^c	1.0 ^c
3	68.5	50.9 ^{ab}	36.4 ^b	7.4 ^b	1.4 ^a
4	68.1	51.5 ^{ab}	37.0 ^b	7.1 ^{bc}	1.1 ^{abc}
5	67.5	50.9 ^{ab}	35.5 ^b	7.4 ^b	1.2 ^{bc}
6	69.1	52.4 ^a	33.4 ^c	8.1 ^a	1.7 ^{ab}
P. SEM ²	0.3	0.5	0.8	0.16 ^a	0.09

¹Values within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05)

내었으며, 전어체 단백질 함량은 사료구 2 및 6이 대조구보다 높았으며(P<0.05), 전어체 지방 함량에 있어서 사료구 2, 3, 4, 5 및 6은 대조구와 비교하여 유의적으로 낮았다(P<0.05). Murai et al (1985)는 체중이 증가할수록 지질의 함량은 증가하나 수분을 비롯한 단백질 및 무기질 함량 변화는 감소한다고 보고하였다. 이와같이 어체의 일반성분조성은 동일한 종안에서 계통 및 사육환경 중 수온에 따라 크게 영향을 받을 수 있지만, 무엇보다도 어체의 일반성분은 사료 공급량, 사료 배합에 가장 많은 영향을 받는다(Zeitler et al., 1984; Nandeeshia et al., 1995).

그리고, 이 실험에서는 우모분 및 가금 부산물 사료원의 높은 지질 함량이 전어체의 지질함량의 증가를 초래하였다는 보고(Fowler, 1990; Gallagher and Degani, 1988)와 다르게 나타났다. 이것은 아마도 실험에 사용된 사료원의 가공 공정과 원료 상태가 다르기 때문에 사료 및 외부 요인에

가장 민감한 성분인 어체의 지질 이용률에도 차이가 난 것으로 사료된다. 그리고 이 실험에 이용된 동물성 가공부산물은 단백질 및 지방의 함량이 비교적 높아 고에너지를 내며, 가장 효율적인 에너지원인 지질을 에너지로 사용하게 됨으로써 단백질을 절약할 수 있으리라 사료된다(Ogino and Takeda, 1976; Shimeno et al., 1995).

전어체의 인 함량과 혈액 및 뼈의 인 농도는 Table 5와 6에 나타내었으며, 전어체의 인 함량에 있어 사료구 2는 대조구보다 유의적으로 낮았으나(P<0.05) 사료구 3, 4, 5와 6은 대조구에 비해 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 또한, 모든 사료구 간에 혈액 및 뼈의 인과 뼈의 회분 함량에는 유의적인 차이가 없는 것으로 보아 동물성 부산물 단백질원을 대체한 것은 뼈의 정상적인 성장과정에 영향을 주지 않았을 것으로 생각되며, 이와 같이 뼈의 회분 함량은 뼈의 석회질화 및 무기질 정도를 나타내는 좋은 지표가 된다고 하였다(Watanabe

Table 6. Phosphorus (P) concentration in the blood, bone and whole body of rainbow trout fed the experimental diets¹

Diet	Dietary phosphorus (% DM)	Serum phosphorus (mg/100ml)	Bone phosphorus (% lipid-free DM)	Bone ash (% lipid-free DM)
1	1.07	31.0	10.8	50.5
2	1.05	34.2	10.3	49.0
3	0.60	29.5	8.9	48.7
4	0.86	29.8	11.0	52.6
5	1.03	33.3	8.7	49.6
6	0.83	32.6	7.7	50.7
P. SEM ²		0.8	1.12	0.49

¹Values within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

et al., 1980; Dougall et al., 1996). 전어체의 인 함량은 연어에서 0.25%(% wet basis) 혹은 1.16%(DM basis)로 보고되었고, 뼈의 회분과 인함량은 (lipid free-dry basis) 각각 44~46% 및 8.8%로 보고되었다(Watanabe et al., 1981). 또한 Ogino et al.,(1979)의 무지개송어, Ketola(1975)의 연어, Wilson et al., (1982)의 메기(catfish) 실험에 의하면 뼈내 회분 함량은 36-51.4% 및 인 함량은 7.3~9.7% (DM and fat-free sample)으로 보고하였다. 이러한 값들은 본 실험의 것과 유사하였으며 각 실험자간의 차이는 분석시 뼈내 지질 추출 정도가 달라서 생긴 것으로 사료된다.

따라서, 이 무지개 송어 성장실험 결과, 어분 단백질대체원으로 동물성 가공부산물들은 어분에 비해 단백질의 질이 뒤떨어지지 않았으며, 각각을 단독으로 대체시는 20%까지 가능한 것으로 판단된다. 본 실험에 사용된 동물성 사료원들은 1~2개의 제한 아미노산을 갖고 있으므로 이들 단독으로 어분을 대체 하는 것보다 이들을 혼합하여 어분을 대체 한다면 각각의 장점과 제한아미노산을 보충하는 효과를 얻을 수 있으므로 추후 실험에서는 이러한 어분대체원의 혼합물을 이용하여 적정대체율을 정하는 것이 필요하며, 이를 위해서는 어분단백질의 대체율에 따른 다양한 대체사료단백질들의 배합과 다른 단백질 사료원의 추가 사용을 시도하여 어분 대체가 20% 이상 가능한 어분대체품의 개발을 위한 연구가 뒤따라야겠다.

요 약

이 연구는 치어기 무지개송어에 있어서 5가지 동물성 부산물인 사료원들의 이용 가능성을 평가하고자 수행되었다. 실험사료는 동물성 단백질원으로 북양어분(WFM)과 육골분(MBM), 우모분(FM), 오징어간분(SLP), 가공부산물(PBP) 및 혈분(BM)을 사용하였고, 조단백질 함량은 48%, 가용성 에너지는 16.7 kJ/g으로 동일하게 맞추었다. 실험사료의 조성은 다음과 같다: Diet 1, 100%

WFM; Diet 2, 80% WFM+20% MBM; Diet 3, 80% WFM+20% FM; Diet 4, 80% WFM+20% SLP; Diet 5, 80% WFM + 20% PBP; Diet 6, 80% WFM+20% BM. 1주간 예비사육 후, 평균무게 2.2g인 치어를 30마리씩 3반복으로 무작위 배치하여 8주간 사육하였다.

증체율은 사료구 6이 대조구보다는 유의적으로 낮았으나($P<0.05$), 다른 모든 사료구와 대조구간 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 사료효율은 사료구 2와 4에 있어서 대조구간에 유의적인 차이가 없었으나($P>0.05$), 사료 3, 5 및 6은 대조구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$). 전어체 수분 함량은 모든 사료구간에 유의적 차이가 없었으나($P>0.05$) 단백질은 사료 2, 6이 대조구보다 높았고($P<0.05$), 사료구 2, 3, 4, 5와 6의 전어체 지방 함량은 대조구에 비해 유의적으로 낮았다($P<0.05$). 조회분 함량은 사료구 6이 다른 모든 사료구들에 비해 유의적으로 높게 나타났다($P>0.05$). 전어체 인 함량은 사료 2가 대조구보다 유의적으로 낮았으나($P<0.05$) 사료 3, 4, 5와 6은 대조구에 비해 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

이 실험 결과, 무지개 송어 사료내 동물성 단백질원으로 육골분, 우모분, 오징어간분, 가공부산물 및 혈분과 식물성단백질원으로 대두박과 콩글루텐밀이 어분 단백질 기준으로 20%까지 대체 가능함을 보여주었다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부 수산특정연구개발사업에 의한 연구비와 부경대학교 해양산업개발연구소(ERC)의 연구비 지원에 의하여 수행된 결과로 이에 감사드립니다.

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.
- Babin, P. J., 1987a. Apolipoproteins and the association of egg yolk proteins with plasma high density lipoproteins after ovulation and follicular atresia in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Biol. Chem.*, 262 : 4290-4296.
- Babin, P. U., 1987b. Plasma lipoprotein and apoprotein distribution as a function of density in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Biochem.*, 246 : 425-429.
- Brown, B. A., 1980. Routine hematology procedures. In *Hematology; Principles and Procedures*. pp.7-112. Lea and Febiger, Philadelphia. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.*, 12(2) : 1-4
- Brown, E. E., 1983. *World fish farming: Cultivation and economics*. 2nd ed, AVI Publishing Company. Westport, Connecticut, pp.516.
- Chen, P.S., I. Y. Toribara and H. Warner, 1956. The determination of phosphorus. *Anal. Chem.*, 28 : 1756-1758.
- Dougall, D. S., L. C. Woods III, L. W. Doughlass and J. H. Soares, 1996. Dietary phosphorus requirement of juvenile striped bass *Morone saxatilis*. *J. World Aquat. Soc.*, 27 : 82-91.
- Doughty, C. R. and C. D. Mcphall, 1995. Monitoring the environmental impacts and consent compliance of freshwater fish farms. *Aquaculture Res.*, 26 : 557-565.
- Eaton, R. P., T. McConnell, J. G. Hnath, W. Black and R. E. Swatz, 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 simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. 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*, 73 : 177-187.
- Gallagher, M. L. and G. Degani, 1988. Poultry meal and poultry oil as source of proetin and lipid in the diet of european eels (*Anguilla anguilla*). *Aquaculture*, 73 : 177-187.
- Garling, D. L. Jr. and R. P. Wilson, 1976. Effects of dietary carbohydrate-to-lipid ratio 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.
- Hole, R. and S. Oines, 1991. Can fish silage be used as a nutritional solution to reduce aquaculture waste when considering the slaughtering quality of fish? In: Cowey, C. B. and C. Y. Cho (eds). *Nutritional strategies & Aquaculture Waste*. pp. 21-36. Fish Nutrition research Lab., Ontario, Canada.
- Ketola, H. G., 1975. Requirement of Atlantic salmon for dietary phosphorus. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 3 : 548-550.
- 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
- 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). *Aquacult. Res.*, 28 : 509-516.
- 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 : *Proceeding of the East Coast Trout Management and Culture Workshop*, Pennsylvania State College, PA. pp.22-24.
- 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 Res.*, 26 : 577-587.
- McCallum, I. M. and D. A. Higgs, 1989. An assessment of processing effects on the nutritive value of marine protein sources for juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture*, 77 : 181-200.
- McCoy, H. D., 1990. Fishmeal-The critical ingredient in aquaculture feeds. *Aquacult. Mag.*, 16 : 43-50.
- 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.
- Moshen, 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.
- 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., 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.
- NRC (National Research Council), 1993. Nutrient requirements of warm water fishes and shellfishes. National Academy Press. Washington, D. C. 114pp.
- 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. Aquacult. Res., 26 : 161-166
- Ogino, C. and H. Takeda, 1976. Mineral requirements in fish. III. Calcium and phosphorus in carp and rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 42 : 793-799.
- Ogino, C., L., H. Takeuchi, H. Takeda and T. Watanabe, 1979. Availability of dietary phosphorus in carp and rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 45 : 1527-1532.
- Opstvedt, J., R. Miller, R. W. Hardy and J. Spinelli, 1984. Heat-induced changes in sulfhydryl groups and disulfide bonds in fish protein and their effect on protein and amino acid digestibility in rainbow trout. J. Agric. Food Chem., 32 : 929-935.
- 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.
- Rodriguez-Serna, M., M. A. Olvera-Novosa and C. Carmona-Osalde, 1996. Nutritional value of animal by-product meal in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fry. Aquacult. Res., 27 : 67-73.
- Rumsey, G. L., 1993. Fish meal and alternative sources of protein feed update. 1993. Fisheries, 18 : 14-19.
- Shimeno, S., D. Kheyyali and T. Shikata, 1995. Metabolic response to dietary lipid to protein ratios in common carp. Fisheries Science, 61(6) : 977-980.
- Watanabe, T., J. Pongmaneerat, S. Sato and T. Takeuchi, 1991. Quality evaluation of some animal protein sources for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Nippon suisan Gakkaishi, 57 : 495-501.
- Watanabe, T., T. Takeuchi and C. Ogino, 1980. Effect on rainbow trout and chum salmon of deletion of trace elements from fish meal diet. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 46 : 1521-1525.
- 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.
- Wilson, P. W., E. H. Robinson, D. M. Gatlin and W. E. Poe, 1982. Dietary phosphorus requirement of channel catfish. J. Nutr., 112 : 1197-1202.
- 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.
- 농림수산부. 1994. 농림수산통계연보 pp. 508-509.
- 송민현 · 이경준 · 배승철, 1995. 성장기 잉어 *Cyprinus carpio* 사료에 있어서 단백질원으로서의 혈분 첨가효과. 한국양식학회지, 8 : 343-354.
- 한국단미사료협회. 1998. 단미회보. pp 1-6.
- 해양수산부, 1998. 해양수산부통계연보.