

잉어 사료에 있어 축산 가공 부산 혼합물의 어분 대체 가능성

배승철 · 장혜경 · 조은선
부경대학교 양식학과 사료영양연구실

Possible Use of the Animal By-product Mixture as a Dietary Fish meal Replacer in Growing Common Carp (*Cyprinus carpio*)

Sunghul BAI, Hye-Kyung JANG and Eun-Sun CHO

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

This study evaluated the possible utilization and the replacing range of animal by-product mixture (ABPM) as a dietary fish meal replacer in growing common carp (*Cyprinus carpio*). ABPM is a mixture of leather meal, meat and bone meal, blood meal and squid liver powder at a specific weight based ratio. Five different diets were formulated on isonitrogenous and isocaloric basis of 40% crude protein and 15.3 KJ/g diet in which white fish meal (WFM) protein was substituted with the ABPM protein as follows: diet 1, 100% WFM (0% ABPM, control); diet 2, 75% WFM+25% ABPM (25% ABPM); diet 3, 50% WFM+50% ABPM (50% ABPM); diet 4, 25% WFM+75% ABPM (75% ABPM); diet 5, 0% WFM+100% ABPM (100% ABPM). As the dietary protein sources, each diet contained 34.7% of animal protein supplied by white fish meal and/or ABPM and 65.3 % of plant protein. After one week of conditioning period, fish averaging 10 g were randomly assigned to each diet treatment as triplicate groups and fed one of the experimental diets for 12 weeks. Weight gain of fish fed diet 1 (control) and 3 were significantly higher than those of fish fed diet 2, 4 and 5 during the first 4 weeks ($P < 0.05$), while there were no significant differences among all diet groups during the third 4 weeks ($P > 0.05$). Feed conversion ratio of fish fed diet 1 was significantly higher than those fed diet 2, 3, 4 and 5 during the second 4 weeks ($P < 0.05$), while there were no significant differences among all diet groups during the first and the third 4 weeks ($P > 0.05$). There were no significant differences in proximate analysis among fish fed the experimental diets either for the second 4 weeks or the third 4 weeks ($P > 0.05$).

These results indicated that ABPM could be used as a fish meal replacer up to 100% in growing common carp.

Key words: animal by-product mixture, fish meal replacer, common carp (*Cyprinus carpio*)

서 론

잉어는 우리나라의 가장 오랜 담수 양식 대상으로 국내 잉어용 사료생산량은 58,069톤으로 전체 양어사료 생산량의 43%를 차지하고 있다 (단미회보, 1996). 현재 여러 연구를 통하여 양어 사료원으로는 어분, 혈분, 우모분, 육골분의 동물성 사료원 (Luzier and Summerfelt, 1995; Fowler, 1990; Gallagher et al., 1988; Moshen and Lovell, 1990; Rodriguez-Serna et al., 1996; Song et al., 1995; Watanabe et al., 1991)과 대두박, 면실박, 콘글루텐밀 등의 식물성 사료원 (Belal and Assem, 1995; Pongmaneerat et al., 1993)들을 이용 할 수 있다고 보고 되었다 (Kaushik, 1995; NRC, 1993).

양어 사료는 양식 산업 경비의 생산 경비 중 50% 이상을 차지하고 있으며 (단미회보, 1996), 양식 증대와 더불어 생산량은 증가하고 있다 (Rumsey, 1993). 어분은 상업용 양어사료의 주단백질원으로 이용되어져 왔고, 사료원 경비중 가장 큰 비중을 차지하고 있으나, 최근

어분의 주공급원인 정어리의 어획량 감소로 인해 공급이 불안정하여 이에 따른 어분 가격은 계속 상승하고 있다 (Rumsey, 1993; McCoy, 1990; Rodriguez-Serna et al., 1996). 특히 어분내 함유되어 있는 인은 그 이용율 (bio-availability)이 낮아 수질의 부영양화 (eutrophication)를 초래함으로써 (Watanabe, 1991) 수질오염의 측면에서 크게 문제시되고 있다. 이에 어분 단백질을 대체할 수 있는 영양적으로는 우수하면서 가격이 저렴하고, 공급이 안정적이며 나아가 수질오염을 극소화 시킬 수 있는 어분 대체단백질원의 개발에 관한 연구가 매우 필요한 실정이다.

축산가공부산물인 수지박, 육골분, 혈분과 수산가공부산물인 오징어내장분은 주로 가축의 사료원으로 사용되어 왔다. 또한, 이들은 단백질 함량이 비교적 높을 뿐 아니라 아미노산의 조성이 어분에 비해 크게 뒤떨어지지 않고 저렴하며 공급이 안정적이어서 사료내 동물성 단백질원인 어분의 대체단백질원으로 이용 가능하여 연구가 되어왔으나 국내에서 잉어를 대상으로 이와 관련된 연구가 매우 미비하였다.

따라서 본 연구는 성장기 잉어 사료에 있어서 동물성 단백질원인 축산가공부산혼합물 (Animal by-product mixture, ABPM)을 어분 대체사료원으로서의 사용여부와 대체가능수준을 판단하고 잉어용 어분대체품개발의 기초자료를 제공하고자 실시되었다.

재료 및 방법

1. 실험어 및 실험설계

본 실험은 부경대학교 양어장의 순환여과식 사육시설 중 15개의 콘크리트 수조에서 잉어 (*Cyprinus carpio*) 치어로 행하였다. 사육 실험은 사료내 어분 단백질을 축산가공부산혼합물 (Animal by-product mixture, ABPM)로 대체한 대체량 (%)에 따라 총 5개 사료 실험군으로 나누고, 실험구당 25마리씩 3반복으로 무작위 배치하여 총 12주간의 사육 실험을 행하였으며, 첫번째와 두번째 4주간의 사육기간이 끝난 8주후에 같은 사료구내에서 평균 어체중이 28 g이 되도록 재배치 하여 세번째 4주간 사육실험을 행하였다. 실험어는 경상남도 함안에 위치한 잉어 양어장에서 평균 10 g 정도의 치어를 실험 장소로 옮겨와 잉어 치어용 상업사료를 1주간 공급하여 예비사육을 하였다.

2. 실험사료

본 실험사료의 단백질원은 동물성으로 북양어분 (White Fish Meal, WFM)과 축산가공부산혼합물 (ABPM)을, 식물성으로 대두박 (Soybean Meal, SM)과 콘글루텐밀 (Corn Gluten Meal, CGM)을 사용하였다. ABPM은 수지박 (Leather Meal, LM), 육골분 (Meat and Bone Meal, MBM), 혈분 (Blood Meal, BM) 및 오징어내장분 (Squid Liver Powder, SLP)을 일정비율로 혼합하여 제조 하였다. 모든 사료는 National Research Council (NRC, 1993) 자료에 근거하여 조단백질 함량은 40%, 가용성 에너지는 15.3 KJ/g (protein, carbohydrate and lipid: 16.7, 16.7 and 37.7 KJ/g)으로 동일하게 맞추어 (Lee and Putnam, 1973; Garling and Wilson, 1977) 총 5개의 실험사료를 제조하였고, 사료는 다음과 같이 설계되었다: diet 1, 100% WFM+0% ABPM (0% ABPM, control); diet 2, 75% WFM+25% ABPM (25% ABPM); diet 3, 50% WFM+50% ABPM (50% ABPM); diet 4, 25% WFM+75% ABPM (75% ABPM); diet 5, 0% WFM+100% ABPM (100%

ABPM). 실험 사료의 단백질원은 동물성 단백질원으로는 총단백질의 34.7%를 어분과 ABPM을 사용하였고, 식물성 단백질원으로는 대두박, 밀가루, 콘글루텐밀을 약 65.3% 사용하였으며, 이 중 동물성 단백질원인 ABPM은 어분의 조단백질량에 기준하여 첨가량을 어분단백질의 25%, 50%, 75% 혹은 100% 수준으로 어분을 대체하여 사료를 제조하였다. 사료제조는 먼저 동물성 사료원인 어분, 수지박, 육골분과 식물성 사료원인 대두박, 콘글루텐밀을 분쇄기 (RETSCH GMBH 5657)로 분쇄하여 다른 원료와 혼합한 다음, 압출 펠렛 성형기 (보경상회, 부산)를 이용하여 압출 성형 하였다. 제조된 사료는 강제송풍 건조기에서 상온으로 3 시간 건조 (수분 함량 18% 내외)한 후 밀봉하여 -20°C 에서 냉동보관하면서 사용하였다.

3. 사육시설 및 사육환경

실험수조는 순환여과시스템으로 $60 \times 47 \times 40 \text{ cm}^3$ 크기 (약 120 l)의 콘크리트 수조에 유수량은 1 l/min로 stand pipe를 통하여 넘치는 물을 양어장의 주여과조로 순환되도록 하였고, 수조 바닥의 중앙에 배수구를 설치하여 고형오물을 1일 1회 이상 배출하였다. 전 실험 기간 동안 수온은 $20 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 로 자연수온에 의존하였고 용존산소는 $2.5 \sim 6.0 \text{ mg/l}$ 로 유지되었다. 사료 공급은 어체중의 2.7~4.0% (건물기준)로 1일 3회 (08:30, 12:30, 16:30시) 12주간 공급하였다. 어체중은 2주마다 측정하였고, 사료공급량도 2주마다 어체중 증가에 따라 조정하였으며, 실험 시작 8주 및 12주후 체장, 혈액 및 일반성분 분석을 실시하였다.

4. 분석 및 통계처리

어체 일반성분 분석을 위한 샘플은 사육 실험후 수조별로 5마리씩 임의로 추출하였다. 일반성분 중 사료 및 어체의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법 ($N \times 6.25$), 조지방은 Folch et al. (1957)법, 조회분은 직접회화법으로 분석하였다 (AOAC, 1990). 혈액 분석은 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)함량을 측정하였다.

통계처리는 Computer program statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul, MN, USA, 1989)을 사용하였으며,

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

Ingredients	Experimental diets				
	(0% ABPM) ¹	(25% ABPM) ²	(50% ABPM) ³	(75% ABPM) ⁴	(100% ABPM) ⁵
White fish meal ²	20.00	15.00	10.00	5.00	0.00
Animal by-product mixture ³	-	4.89	9.77	14.66	19.54
Wheat meal ⁴	32.38	32.20	29.50	31.70	31.38
Soy meal ⁵	20.00	22.00	20.00	20.00	20.00
Corn gluten meal ⁶	16.50	15.00	17.00	16.50	16.50
Yeast	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vitanim premix ⁷	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Mineral premix ⁸	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05
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	18.8	19.6	20.6	17.7	18.3
Crude protein	39.5	39.4	39.8	39.8	39.3
Crude lipid	9.68	9.63	9.70	9.66	10.11
Crude ash	8.17	7.74	6.44	9.01	9.46

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

^{2,5,6}Kum Sung Feed Co., Pusan, Korea.

³Mixture of the followig ingredients at a specific ratio based on their dry matters: leather meal, meat and bone meal, blood meal, squid liver powder, etc.

⁴Young Nam Flour Mills Co., Pusan, Korea.

⁷Vitamin premix (mg/100 g experimental diet 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, 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 experimental diet): MnSO₄, 50; ZnSO₄, 40; FeSO₄, 135; CuSO₄, 1; calcium iodate, 1; MgO, 2.5

ANOVA test를 실시하여 TUKEY test로 평균간의 유의성 ($P < 0.05$)을 검정하였다.

결 과

전반기의 4주와 두번째 4주 그리고 후반기의 4주의 사육 실험후 각 실험기간의 증체율 (weight gain, %)과 사료전환효율 (FCR, %)은 Table 2에 나타내었다. 성장율에 있어서, 전반기 첫번째 4주간은 사료 1 (0% ABPM, 대조구)과 3 (50% ABPM)이 다른 사료구에 비해서 유의적으로 높았고 ($P < 0.05$), 두번째 4주 후에는 사료 1이 다른 사료구에 비해 유의적으로 높았으나 ($P < 0.05$), 후반기 세번째 4주 후에는 모든 사료구간에 유의적인 차이가 없었다 ($P > 0.05$). 사료전환효율 (FCR, %)에 있어서는 전반기 첫 번째 4주간에는 전 사료구간에 유의적인 차이가 없었으며 ($P < 0.05$), 전반기 두번째 4주 후에는 사료 1 (대조구)에 비해 모든 사료구가 낮았으나 ($P < 0.05$), 반면 후반기 세번째 4주후 모든 사료구 사이에 유의적 차이가 나타나지 않았다 ($P > 0.05$).

전반기 8주간의 사육 실험후 각 사료구에서 임의 추출한 어체의 혈액 분석 결과 혈액내 hemoglobin치 (11.2 ± 0.4 , 평균 \pm SD)와 hematocrit치 (39.1 ± 1.5)는 모든 사료구간사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았다 ($P > 0.05$).

전반기 8주와 후반기 4주의 사육 실험후, 각 사료구에서 임의 추출한 어체의 평균비만도 (CF)는 각각 1.59 ± 0.05 와 1.60 ± 0.07 이었고, 모든 사료구간에 유의차를 보이지 않았다 ($P > 0.05$).

전반기 8주와 후반기 4주의 사육 실험기간동안 사료가 전어체 일반성분에 미친 영향을 보기 위하여 각 사료 실험구에서 어체를 임의로 추출하여 전어체의 일반성분 함량 (조단백, 조지방, 회분, 수분)을 분석한 결과 모든 사료구간에 유의차는 나타나지 않았다 ($P > 0.05$). 전반기 8주후에 모든 실험구의 전어체 평균 조단백질, 조지방, 회분 및 수분은 각각 52.3 ± 4.8 , 30.4 ± 0.9 , 8.4 ± 0.4 , 74.5 ± 0.2 이었다. 그리고 후반기 4주후에 모든 실험구의 전어체 평균 조단백질, 조지방, 회분 및 수분은 각각 53.6 ± 1.2 , $33.01.7$, 8.1 ± 0.3 , 73.3 ± 0.6 이었다.

Table 2. Weight gain and FCR of common carp fed the experimental diets for 12 weeks¹

Diets	Weight gain (%) ²			FCR (%) ³		
	First 4 weeks	Second 4 weeks	Third 4 weeks	First 4 weeks	Second 4 weeks	Third 4 weeks
1 (0% ABPM)	82.8 ^a	78.6 ^a	46.1	38.2	82.3 ^a	68.0 ^{ab}
2 (25% ABPM)	68.1 ^c	67.3 ^b	47.3	41.1	70.0 ^b	70.6 ^a
3 (50% ABPM)	77.3 ^{ab}	66.2 ^b	45.5	38.4	68.5 ^b	66.1 ^{ab}
4 (75% ABPM)	68.9 ^c	51.7 ^c	43.8	37.8	59.7 ^c	64.2 ^{ab}
5 (100% ABPM)	68.2 ^c	48.7 ^c	41.2	41.7	55.0 ^c	58.2 ^b
Pooled SEM ⁴	2.44	3.10	1.05	1.04	2.85	1.79

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

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

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

⁴Pooled SEM=SD / √n

고 찰

본 실험에서 제조된 잉어 사료는 국내 사료제조회사들의 실용사료를 기준으로 실험사료내 조단백질 함량을 잉어의 최적 성장을 위한 조단백질 요구량 31~38%보다 다소 높은 (NRC, 1993) 40%가 되도록 하였고, 실험사료를 제조한 후 일반성분을 분석한 결과 모든 사료구의 조단백질 함량은 모두 유사한 수준이었다 (Table 1).

전반기 8주간의 사육 실험후 어체의 혈액분석 결과 Hematocrit치는 실험구간의 유의차가 없이 (P<0.05) 35~42.7%로 나타났는데, 이는 Alexis et al. (1985)의 무지개 송어에 있어서 32~42% 범위의 보고와 유사하였고, Song et al. (1995)이 보고한 44% 보다 낮은 경향을 보였다. 하지만 실험에 사용된 대상어종이 잉어로 동일하긴 하나 계통에 있어서 본 실험에는 이스라엘 잉어를 사용하여 Song et al. (1995)의 실험어인 보통잉어와 다르므로 다소 수치상의 차이가 있을것으로 사료된다. 일반적으로 건강한 정상어류의 hemoglobin양은 10 g/dl 이상으로 보고 되었으며 (Post, 1983) 본 실험 결과 10.7~11.8 g/dl로 나타나 본 실험에서의 잉어는 간단한 혈액학적검사 결과로 미루어 보아 빈혈과 같은 일반 질병 증상과 영양결핍 증의 징후가 없었으므로 건강하게 정상적인 성장을 하였다고 사료된다.

다섯가지 실험사료의 12주간 공급은 어체의 비만도에 아무런 영향을 주지 않았다. 반면 성장에 있어서 전반기 첫번째 4주간은 전사료구간에 차이가 없었으며, 전반기 두번째 4주간은 사료 3, 4 및 5가 사료 1(대조구)보다 유의하게 낮았으나 총 12주후에는 모든 사료구간에 유의차가 없어졌다. 이는 축산가공혼합부산물 (ABPM)에 대한 먹이불입과 새로운 사료원을 이용하기 위한 생체내 소화효소 활성화 및 대사적응에 상당한 시간이 걸렸기 때문인 것으로 추측된다.

어체의 일반성분조성은 동일한 종안에서 계통 차이, 사육수온 및 체중 증가 등의 여러요소에 영향을 받으며 특히 사료 공급량, 사료 배합에 가장 많은 영향을 받는다 (Zeitler et al., 1984; Nandeesha et al., 1995). 또한 성장함에 따라 어체의 지방 및 수분은 감소하나 단백질 및 무기질 함량 변화는 적은 편으로 보고 된 바 있다 (Murai et al., 1985). 본 실험의 어체 일반성분 분석 경로가 첫번째 및 두번째 4주후와 세번째 4주후의 어체의 일반성분에는 사료구간에 유의한 차이를 보이지 않았으며, 어체 조성중 지방과 단백질 함량의 반비례 관계가 보고 되었으나 (Zeitler et al., 1984) 본 실험의 전어체중에서는 그러한 경향이 전사료구에서 나타나지 않았다. 본 연구의 어체 조지방이 Song et al. (1995)이 보고한 것보다 높은 이유는 동일한 종이라도 계통이 다르며 특히 본 실험어인 이스라엘 잉어는 보통잉어 보다 조지방 함량이 높다는 보고 (Kang et al., 1992)와 일치한다. 여러 다른 연구 결과들에 의하면 어체의 조성 중 조지방은 가장 많은 영향을 받으며 (Pongmaneerat et al. 1993; Belal and Assem, 1995; Zeitler et al., 1984; Murai et al., 1985), 특히 사료내 지질의 함량과 첨가되는 지질원내 n-3 PUFA 함량 (Lee et al., 1993)에 따라 어체 지방 함량 및 지방산의 조성이 영향을 받는다고 보고 되었다. 사료내 지방원으로 Song et al. (1995)은 대구간유를 사용하였으나 본 실험에서는 오징어간유를 사용하였고 이에 n-3 PUFA가 많이 함유되어 있어 어체의 조지방 함량에 영향을 미친 것으로 생각된다. 본 실험 결과, 어체의 조단백질 (% of dry matter basis)이 Song et al. (1995)이 보고한 수치 (wet basis)보다 다소 높았으나, 이는 수치박(약 13%)과 육골분(약 14%)의 조지방 함량이 어분(약 7.5%)에 비해 두 배 정도 높으므로 사료내 조지방의 대부분이 에너지원으로 이용되고 단백질을 절약하여 어체 단백질 함량의 증가를 초래한 것으로 판단되며, Takeuchi et al. (1989),

Shimeno et al. (1995)의 보고치와는 유사하였다. 그러나 각 처리구간의 유의차가 나타나지 않았으므로 5가지 실험 사료는 사료 배합에서 영양적으로 적절 하였던 것으로 볼 수 있으며 어체의 비교적 높은 지방 축적은 맛과 상품성에 크게 영향을 주지 않을 것으로 생각된다. 하지만 사료내 ABPM 첨가에 따라 소화율은 감소 되었으리라 추측되며 이에따른 추후 소화율 확인 실험이 필요하다고 사료된다.

본 실험 결과 성장기 잉어에서 각 사료구의 뚜렷한 외관상 인 결핍증상은 관찰되지 않았고 12주후의 성장에 유의한 차이가 없었으므로 인의 결핍은 없었다고 사료된다. 이는 잉어에 위산 분비가 없어서 사료내에 인을 0.6~0.7% 정도 첨가 해야 하나 (NRC, 1993; Ogino and Takeda, 1976; Yone and Toshima, 1979), 식물성 사료원내 인보다 동물성 사료원내 인의 이용율이 높으므로 (Luzier and Summerfelt, 1995) ABPM내 함유된 인이 성장에 영향을 주지 않았던 것으로 사료된다. 그러나 추후 적정 인의 첨가량 결정에 관한 연구와 사료원의 소화율 및 사료원내 아미노산 분석 (Pongmancerat et al., 1993)을 실시한 후 사료배합표를 작성한다면 보다 효율적이며 영양적으로 균형잡힌 경제적인 사료배합표를 작성 할 수 있을 것이다.

따라서, 본 실험 결과들을 통해 ABPM의 단백질은 충분한 먹이불임이 됐을 때 성장기 잉어사료내 어분단백질의 100%까지 대체하여 사용 가능함을 보여주었다.

요 약

본 연구는 성장기 잉어 사료의 어분 대체사료원으로서 축산가공혼합부산물 (Animal by-product mixture, ABPM)의 이용 가능성과 어분단백질 대체 범위를 결정하고 잉어용 어분대체품개발의 기초자료를 제공하고자 실시되었다. 본 실험사료의 동물성 단백질원으로는 북양어분 (White Fish Meal, WFM)과 수지박 (Leather Meal, LM), 육골분 (Meat & Bone Meal, MBM), 혈분 (Blood Meal, BM), 오징어내장분 (Squid Liver Powder, SLP)의 혼합물인 축산가공부산물혼합물 (Animal by-product mixture, ABPM)을 사용하였고, 식물성 단백질원으로는 대두박 (Soybean Meal, SM)과 콘글루텐밀 (Corn Gluten Meal, CGM)을 사용하였다. 모든 실험사료는 조단백질 함량 40%, 가용성 에너지 15.3 KJ/g (protein, carbohydrate and lipid; 16.7, 16.7 and 37.7 J/g)으로 동일하게 맞추었고 각 사료의 성분조성은 다음과 같이 요약된다. diet 1, 100% WFM+0% ABPM (0% ABPM, control); diet

2, 75% WFM+25% ABPM (25% ABPM); diet 3, 50% WFM+50% ABPM (50% ABPM); diet 4, 25% WFM+75% ABPM (75% ABPM); diet 5, 0% WFM+100% ABPM (100% ABPM). 각 사료내 단백질원으로서, 동물성 단백질은 어분과 ABPM을 사용하여 총단백질의 34.7%를, 식물성 단백질은 65.3%를 공급하였다. 일주간의 먹이불임후에 잉어는 각 실험군별 평균어체중 10g 되도록 하여 3반복으로 무작위 배치하였고, 전반기 첫번째와 두번째 4주간의 사육기간이 끝난 8주후에는 평균어체중이 28g 되도록 재배치하여 추가로 후반기 세번째 4주간 총 12주동안 사육하였다. 사료는 1일 3회 어체중의 2.7~4%로 12주간 공급하였다. 매 2주마다 체중을 측정하였고 전반기 8주, 12주후 체장, hemoglobin, hematocrit 및 일반성분 분석을 실시하였다.

전반기 첫 번째 4주후 증체율 및 사료전환효율은 유의적 차이가 없었으나 전반기 두번째 4주후 사료 3, 4 및 5는 사료 1 (대조구)보다 유의적으로 낮았다 ($P<0.05$). 이와는 달리 후반기 세번째 4주후의 모든 사료구의 증체율 및 사료전환효율에는 유의적 차이가 없었다 ($P>0.05$). 또한, 전어체 일반성분 분석 결과 전·후반기동안 모든 사료구의 일반성분치 (수분, 조단백, 조지방, 조회분)에는 유의적 차이가 없었다 ($P>0.05$).

본 실험 결과, 사료내 동물성 단백질원으로 ABPM은 충분한 먹이불임 후에 어분단백질의 100%까지 대체 가능함을 보여 주었다.

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. 1990. Official Method of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- 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. *Aquacult. Res.*, 26, 141~145.
- Brown, B.A. 1980. Routine hematology procedures. In: *Hematology*. pp. 71~112. Lea & Febiger, Philadelphia.
- Folch, J., M. Lees and G.H. Sloane-Stanley. 1957. A simple method for 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*, 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. 1977. Effects of dietary carbohydrate-to-lipid ratios in growth and body composition of fingerling channel catfish. *Prog. Fish-Cult.*, 39, 43~47.
- Kang, S.J., B.D. Choi and W.G. Jeong. 1992. Comparison of amino acid profiles and lipids of two strains of common carp, *Cyprinus carpio*. *J. Aquaculture*, 5 (2), 167~175.
- 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.
- Lee, S.M., J.Y. Lee, Y.J. Kang and S.B. Hur. 1993. Effects of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids on growth and biochemical changes in the Korean rockfish *Sebastes schlegelii* I. Growth and body composition. *J. of Aquaculture*, 6 (2), 89~105.
- Luzier, J.M. and R.C. Summerfelt. 1995. Partial replacement of fish meal with spray-dried blood powder to reduce phosphorus concentrations in diets for juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbau). *Aquacult. Res.*, 26, 577~587.
- McCoy, H.D., II. 1990. Fishmeal-The critical ingredient in aquaculture feeds. *Aquacult. Mag.*, 16 (2), 43~50.
- 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.
- 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.
- Nandeesha, 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. *Aquacult. Res.*, 26, 161~166.
- NRC (National Research Council). 1993. Nutritional Requirement of Fish. National Academy of Science. Washington, D.C. 114 pp.
- Ogino, C., and H. Takeda. 1976. Mineral requirement in fish. III. Calcium and phosphorus in carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 42 (7), 793~799.
- Pongmancerat, 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.
- 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. *Fish. Sci.*, 61 (6), 977~980.
- 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*). *J. of Aquaculture*, 8 (4), 343~354.
- Takeuchi, T., T. Watanabe, S. Satoh, R. C. Martino, T. Ida and M. Yaguchi. 1989. Suitable levels of protein and digestible energy in practical carp diets. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55 (3), 521~527.
- Watanabe, T., J. Pongmancerat, 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. 1991. Past and present approaches to aquaculture waste management in Japan. In: Cowey, C.B., and C.Y. Cho (eds.). *Nutritional Strategies and Aquaculture Wastes*. 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 carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 36, 37~48.
- 한국단미사료협회. 1996. 단미회보, pp. 1~6.

1997년 9월 1일 접수

1998년 5월 4일 수리