

## 치어기 잉어에 있어 사료내 단백질원으로서 어분대체품의 이용성

박홍식 · 배승철 · 김강웅 · 조재윤  
부경대학교 양식학과

### Utilization of Fish Meal Analogue as a Dietary Protein Source in Fingerling Common Carp, *Cyprinus carpio*

Hung Sik Park, Sungchul C. Bai, Kang Woong Kim and Jae-Yoon Jo  
Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

This study was conducted to evaluate the possible utilization and the replacing range of fish meal analogue (FMA) as a dietary animal protein source for fish meal replacer in fingerling common carp, *Cyprinus carpio*. Leather meal, meat and bone meal, feather meal, squid liver powder, poultry by product meal, blood meal and amino acids were selected as ingredients for FMA. Fish averaging 12.5 g were fed one of five isonitrogenous and isocaloric diets containing fish meal and/or FMA as the dietary animal protein sources. Fish meal protein (0, 20, 40, 60 or 100%) was replaced by the graded level of FMA protein. The feeding trial was conducted for 12 weeks after one week of conditioning period. Percent weight gain of fish fed diets containing 20%, 40% and 60% FMA were not significantly different from that of the fish fed the control diet ( $P>0.05$ ). Feed conversion ratio of fish fed diets containing 20%, 40%, 60% and 100% FMA were not significantly different from that of fish fed control diet.

These findings suggest that replacement of fish meal protein by FMA could be possible up to 60% of fish meal protein in fingerling Israeli carp diets.

Key words : Fish meal analogue, Common carp

## 서 론

최근 전세계 양식 총생산량의 증가 추이를 살펴보면, 1985년에는 770만톤에서 1995년은 2,130만톤으로 약 177% 증가를 보여주고 있으며, 우리나라는 국가별 생산량에서 해조류 생산량을 제외한 경우 1994년 기준으로 세계 8위를 차지하고 있다(New, 1997). 국내 양식산업은 연간 100만톤 수준이지만 90% 이상이 대부분 해조류와 패류가 포함되어 있으며 해조류를 제외한 생산량에서 순위로는 10위권 밖에 머물고 있는 추세이다. 최근 4~5년 동안 해산어류를 중심으로 어류양식

생산량이 증가를 보이고 있는 반면에, 97년도 이후 내수면의 가두리내 어업권 면허 연장 불허 방침으로 전반적인 담수어 시장은 계속하여 감소하고 있는 실정이다. 국내의 대표적인 담수어 양식 어종인 잉어는 우리나라에서 가장 오랜 역사를 가진 온수성 어류로서 국내 담수어 양식 총생산량의 1994년 63%에서 1997년 50%로 감소하였으며(해양수산부, 1998), 아울러 국내 잉어용 사료 생산량은 1998년 현재 12,868톤으로 양어사료 연간 총생산량 76,537톤의 16.8%를 차지하고 있다(한국단미협회, 1998).

1995년 이후, 개발도상국의 양식산업 발전과

지속되는 자원고갈, 지구의 온난화 현상에 따른 엘리뇨 현상으로 어자원은 소비량에 비해 오히려 감소하고, 사료원의 주성분인 어분 생산량 감소 및 양식산업의 증가로 어분가격은 450\$/톤(1994년)에서 700\$/톤(1997년)으로 폭등하였다. 국내 어분 시장 역시 전년도와 비교하여 수요량의 증가에 따라서 공급이 늘어나고 있으나, 국내에서 생산하는 어분의 양은 제한적이기 때문에 앞으로 외국산 어분 의존도가 계속해서 높아질 것으로 전망한다.

이와같이, 어분의 수요는 계속 증가하는 반면에 어분 생산량의 증가율이 둔화되어 어분의 안정적 공급과 가격상승으로 인한 경제성이 위협받게 될 것이다(Rumsey, 1994). 따라서 미국에서는 이미 "propak" 이라는 어분대체품이 개발되어 미국내 동물 및 어종별 실험이 시작하고 있는 단계이며, 여러나라의 양어사료 영양학자들은 대두박, 먼실박, 콘글루텐밀 및 채종박 등과 같은 식물성 단백질원(Belal and Assem, 1995 ; Pongmaneerat et al., 1993)과 육골분, 우모분, 가금부산물, 혈분 등과 같은 동물성 가축부산물(Gallagher and Degani, 1988 ; Fowler, 1990 ; Moshen and Lovell, 1990 ; Watanabe et al., 1993 ; Luzier and Summerfelt, 1995 ; 송 등, 1995 ; Rodriguez-Serna et al., 1996)을 이용하여 값비싼 어분대신 값싸고, 공급이 안정적인 사료원을 부분적 또는 전체적인 어분대체품으로 개발하기 위한 연구를 계속하고 있다(Cowey et al., 1971 ; Andrews and Page, 1974; Cho et al., 1974 ; Wee and Wang, 1987 ; Ng and Wee, 1989 ; Hardy and Masumoto, 1990 ; Lee and Bai, 1997a, b ; 김과 배, 1997 ; 배 등, 1997, 1998).

유사한 어종에 대한 연구는 초어의 대두박 사료(Dabrowski and Kozak, 1979), 잉어의 대두박 사료(Viola et al., 1981, 1982), 잉어의 육분, 대두박, 콘글루텐으로의 어분대체품(Pongmaneerat et al., 1993) 등의 연구가 있었으나, 어분대체품에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서, 이 연구에서는 담수어인 치어기 잉어

의 어분대체품 이용에 있어서 어느정도까지 대체할 수 있는지를 알아보았으며, 나아가 어분대체품 개발의 중요한 기초자료를 얻고자 실시하였다. 또한, 대량생산할 수 있는 양식어종의 사료비 절감 및 어분대체품의 상품성을 높이고 수요의 지속적인 확보를 위한 상품의 다변화를 유도하는 데 그 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험사료

본 실험사료의 조성표와 일반성분은 Table 1에 나타내었으며, 어분대체품의 6가지 동물성 가축부산물혼합물의 일반성분 분석은 Table 2에 나타내었다. 실험사료의 동물성 단백질원으로는 북양어분(White Fish Meal, WFM), 어분대체품(Fish Meal Analogue, FMA)을, 식물성으로는 대두박(Soybean Meal), 소맥분(Wheat Meal) 콘글루텐밀(Corn-gluten Meal)등을 사용하였다. 어분대체품은 혈분(Blood Meal), 오징어내장분(Squid Liver Powder), 육골분(Meat and Bone Meal), 수지박(Leather Meal), 우모분(Feather Meal) 그리고 가금부산물(Poultry by-product)을 특정 비율로 혼합하여 제조하였다. 총 5개의 실험사료는 어분대체품의 어분단백질을 대체한 수준에 따라 제조하였다: 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); diet 5, 0% WFM+100% FMA (100% FMA). 사료제조는 먼저 사료원들을 분쇄기(RETSH GMBH5657)로 분쇄하여 다른 원료와 사료표(Table 1)에 따라서 혼합한 다음, extruder(보경상회, 부산)를 이용하여 압출 성형하였다. 제조된 사료는 강제송풍건조기에서 상온으로 3시간 건조한 후 밀봉하여 -20℃의 냉장고에 냉동 보관하면서 사용하였다.

### 2. 실험어 사육 및 실험설계

실험어는 평균 12.5 g의 잉어 (*Cyprinus carpio*)

**Table 1. Composition and proximate analysis of the experimental diets (% of DM basis)<sup>1</sup>**

Ingredient	Diets <sup>2</sup>				
	1	2	3	4	5
White fish meal <sup>3</sup>	20.0	16.0	12.0	8.0	-
Fish meal Analogue <sup>4</sup>	-	3.97	7.94	11.9	19.84
Wheat meal <sup>5</sup>	30.5	30.5	30.5	30.5	32.0
Soybean meal <sup>3</sup>	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Corn gluten meal <sup>3</sup>	16.0	16.0	16.0	16.0	15.75
Yeast	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Vit. premix <sup>6</sup>	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Min. premix <sup>7</sup>	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05
Fish oil	5.0	4.65	4.3	3.9	2.55
Cellulose	1.45	1.83	2.21	2.65	2.81
<i>Proximate analysis (% of DM basis)</i>					
Crude Protein	43.9	44.4	45.3	45.9	45.4
Crude Lipid	10.8	10.1	9.9	9.5	9.6
Crude Ash	4.8	5.2	4.6	4.7	4.4

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

<sup>2</sup>Diets; # 1 = 100% WFM, # 2 = 20% FMA, # 3 = 40% FMA, # 4 = 60% FMA, # 5 = 100% FMA.

<sup>3</sup>Kum Sung Feed Co., Pusan, Korea

<sup>4</sup>Mixture of the following ingredients : blood meal, squid liver powder, meat and bone meal, leather meal, feather meal, poultry by-product

<sup>5</sup>Young Nam Flour Mills Co., Pusan, Korea

<sup>6</sup>Vitamin premix (mg/100g feed unless indicated otherwise): vit.A, 375IU; vit.D<sub>3</sub>, 125IU; vit.E, 2; menadione sodium bisulfate, 0.05; vit.B<sub>1</sub>-HCl, 2; vit.B<sub>2</sub>, 0.75; vit.B<sub>6</sub>, 0.75; vit B<sub>6</sub>-HCl, 0.87; vit.B<sub>12</sub>, 0.0005; vit.C, 5; calcium pantothenate, 10; nicotin amide, 4; inositol, 0.5; d-biotin, 0.0025; choline chloride, 50; pancreatin, 1.25

<sup>7</sup>Mineral premix (mg/100 g feed): MnSO<sub>4</sub>, 50; ZnSO<sub>4</sub>, 40; FeSO<sub>4</sub>, 135; CuSO<sub>4</sub>, 1; Calcium iodate, 1; MgO, 2.5

**Table 2. Proximate analysis of the fish meal analogue (FMA) and the ingredients used in FMA (% of dry matter basis)<sup>1</sup>**

Composition	Protein	Lipid	Ash	Moisture
Leather meal	62.91	13.34	13.34	4.09
Meat and bone meal	47.54	12.26	30.35	5.68
Feather meal	62.91	13.34	14.92	4.09
Squid liver powder	47.85	19.01	5.77	7.13
Poultry by-product	67.32	14.99	8.12	9.12
Blood meal	95.15	0.01	4.65	7.56
Fish meal analogue	67.02	13.41	10.59	6.51

<sup>1</sup>Results reported on the dry matter basis, average of triplicate analyses.

치어를 사용하였고, 60 l 수조에 각 수조당 20 마 리씩 수용하여 각수조당 3반복으로 무작위 배치 하였다. 수온은 실험 시작시 23℃에서 실험 종료 시 15℃로 전 실험기간동안 자연 지하수에 의존

하였고, 예비 사육기간은 1 주간 실시하였으며, 주 실험기간은 1996년 9월 12일~1996년 12월 3일까지 12주간 사육 실험 하였다. 사육실험은 사료내 동물성 단백질원인 어분단백질 기준으로 어분대체품을 비율에 따라 총 5개 실험군으로 나누어 실시하였다. 부경대학교 양어장에 설치되어 있는 60×25×40 cm<sup>3</sup> 크기(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 고히오물을 1일 1회 배출하였다.

### 3. 어체 측정 및 성분 분석

실험종료 후, 증체율(Weight gain, WG), 일간 성장률(Specific growth rate, SGR), 사료전환효율(Feed conversion rate, FCR), 생존율(Survival rate), 단백질전환효율(Protein efficiency ratio, PER), Hemoglobin, Hematocrit, Condition factor 그리고 어체의 일반성분을 조사하였다.

어체 측정은 4주 간격으로 성장율을 측정하기 위해 MS-222 (100 ppm)로 마취시켜 전체 무게를 측정하였다. 마지막 12주는 증체율 조사와 혈액 분석을 위해 각 수조당 3 마리씩 무작위 추출하여 미부정맥에서 혈액을 채혈한 후, micro-hematocrit method(Brown, 1978)에 의해 hematocrit을 측정하고, 동시에 Drabkin's 용액을 사용하여 cyanmethemoglobin(Sigma Chemical, St Louis MO; total hemoglobin procedure No. 525) 방법으로 hemoglobin을 측정하였으며, 다른 성분 분석을 위해 나머지 어류는 -40℃에 냉동 보관하였다. 실험사료와 각 수조별로 5 마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체의 일반성분 분석 중, 수분은 상압 가열 건조법(105℃, 4시간)으로, 조단백질은 kjeldahl법(AOAC, 1984)에 의한 질소정량법(N×6.25)으로, 조지방은 Folch et al.(1957) 방법으로, 그리고 조회분은 직접회화법으로 각각 분석하였다.

### 4. 통계처리

통계처리는 Computer program statistix 3.1

(Analytical Software, St. Paul, MN, USA)를 사용하였으며, ANOVA test 를 실시하여 최소유의차 검정 (LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성(P=0.05)을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

12 주간의 사육 실험 결과는 Table 3에서 나타내었으며, 모든 실험기간 동안 생존율은 100%였다. 증체율은 사료구 2(20% FMA), 사료구 3(40% FMA) 및 사료구 4(60% FMA)에 있어 359%, 350% 및 333%로서 어분대체품이 증가할수록 대조구(367%)와 비교하여 유의적인 차이가 없었으나(P>0.05), 사료구 5(100% FMA)에서는 301%의 증체율로 대조구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다(P<0.05). 사료전환효율은 대조구와 비교하여 사료구 2, 3, 4 및 5의 모든구에서 통계적으로 유의적인 차이가 없었으나(P>0.05), 수치상에 있어서는 100% 어분대체품구가 1.56으로 다른 사료구들의 값(1.42~1.45)보다 다소 높은 경향을 나타내었다. 이와 같은 성장 결과의 경향은 송 등(1995) 이 보고한 성장기 잉어 사료에 있어서 혈분 첨가효과의 대조구 사료와 유사한 결과를 나타내었으며, 아울러 본 실험실에서 자체 제작한 잉어(10g) 사료에 있어서 육골분과 피혁분으로 대체한 결과(배 등, 1997)와 비교하여 상기 실험이 매우 좋은 결과를 도출해냈다. 일간성장률에 있어서는 사료구 2, 3 및 4에서는 1.77~1.82%로서 대조구 1.83%과 비교하여 유의적인 차이가 없었으나(P>0.05), 사료구 5에 있어서는 1.66%로서 유의적으로 낮은 경향을 보였다(P<0.05). 또한 단백질 전환 효율에 있어서는 1.39~1.61%로서 유의적으로 증체율 및 일간성장률과 유사한 경향을 나타내고 있다.

Dong et al. (1993)은 동물성 부산물을 사용하는데 있어서는 필수아미노산 조성의 불균형, 낮은 단백질 소화율(예를 들어 keratins), 사료원의 변질 등이 문제점으로 대두된다는 보고와는 달리, 본 실험에서 위와 같은 요소들의 결과를 토대로 살펴보면 잉어의 5가지 실험사료의 생체내 이용률(bioavailability)에 대한 평가 여부는 없었지만

**Table 3. Weight gain, feed conversion rate (FCR), specific growth rate (SGR), protein efficiency ratio (PER), hemoglobin, hematocrit and condition factor (CF) in Israeli carp fed five experimental diets for 12 weeks<sup>1</sup>**

	Diets					Pooled SEM <sup>7</sup>
	1	2	3	4	5	
Initial avg. wt.(g)	12.6	12.6	12.5	12.7	12.5	0.01
Final avg. wt.(g)	59.0	57.9	56.4	55.9	50.2	0.26
Wt gain(%) <sup>2</sup>	367 <sup>a</sup>	359 <sup>a</sup>	350 <sup>a</sup>	333 <sup>ab</sup>	301 <sup>b</sup>	0.52
FCR <sup>3</sup>	1.42	1.43	1.45	1.45	1.56	0.04
SGR(%) <sup>4</sup>	1.83 <sup>a</sup>	1.82 <sup>a</sup>	1.79 <sup>a</sup>	1.77 <sup>a</sup>	1.66 <sup>b</sup>	0.02
PER(%) <sup>5</sup>	1.61 <sup>a</sup>	1.56 <sup>a</sup>	1.53 <sup>ab</sup>	1.60 <sup>a</sup>	1.39 <sup>b</sup>	0.03
Hemoglobin(g/dl)	9.9	9.6	10.8	10.2	10.6	0.10
Hematocrit(%)	36	34	34	34	35	0.62
CF <sup>6</sup>	1.53	1.57	1.61	1.53	1.59	0.01

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

<sup>2</sup>(Final wt.(g) - Initial wt.(g)) × 100/Initial wt.(g)

<sup>3</sup>(Wet weight gain / feed intake) × 100

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

<sup>5</sup>Protein efficiency ratio = (final wt. - initial wt.) / protein intake (g)

<sup>6</sup>Condition factor : (Wet weight / total length<sup>3</sup>) × 100

<sup>7</sup>Pooled standard error of mean

좋은 성장률과 100%의 생존율로 나타나 성장 지연 및 결핍현상과 같은 저해요인에 대한 영향은 없었을 것으로 사료된다. 아울러, 이것은 치어기 잉어 사료에 있어서 어분단백질을 기준으로 어분 대체품의 60%까지 유의적 차이를 보이지 않았던 것으로 보아 본 실험에 들어가기 전에 실험사료의 먹이붙임과 새로운 사료원을 이용하기 위한 생체 내 효소 활성화 및 대사작용에 빠르게 적응되었을 것으로도 추측된다.

본 연구에서 사용되어진 동물성 부산물 사료원들의 어분대체 연구는 은연어 사료에서 청어분단백질 75%를 가금부산물로 대체하여 대조사료와 비슷한 성장을 보였고(Higgs et al., 1979), chinook 연어사료에서는 어분 38%(Fowler, 1990), 넙치사료에서는 어분 12~25%(Kikuchi et al., 1994)를 우모분으로 대체 가능하다고 보고하였다. Luzier and Summerfelt (1995)는 무지개 송어사료에서 혈분을 단백질기준으로 어분의 65%까지 대체 가능하였으며, 송 등(1995)은 잉어 사료에서 어분단백질을 혈분으로 100%까지 대체하였다. 김과 배

(1997)는 치어기 조피볼락 사료에 있어서 어분단백질을 어분대체품으로 60%까지 대체 가능하였으며, 치어기 넙치에 있어서도 본 실험실에서 제작한 어분대체품으로 60%까지 대체가 가능하였다(미발표). 따라서 지속적인 어분대체품의 연구는 어종과 동물성 가축부산물의 종류에 따라 다양한 연구 결과를 도출해 낼 수 있는 가능성을 시사하고 있으며, 아울러 여러가지 첨가효과를 통해 100%까지 대체가능한 좋은 성과를 거둘 수 있을 것이다.

혈액분석 결과, hematocrit은 34~36%로서 나타났다. 이러한 결과는 Alexis et al. (1985)의 무지개송어에 있어서 32~42% 측정값과 유사하였다. 또한, Post (1983)는 일반적으로 건강한 정상 어류의 hemoglobin 양은 10 g/dl 이상으로 보고한 결과와 유사한 양인 9.6~10.6g/dl로서 정상적으로 성장하였으며, 이 값은 송 등(1995)이 잉어 사료에서 보고한 9~10g/dl와 매우 유사하였다.

전어체 일반성분에 미친 영향을 보기 위하여 각 사료구에서 임의로 추출한 어체의 일반성분을

Table 4. Proximate analysis of whole body composition (% of DM basis)<sup>1</sup>

	Diet					pooled sem <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	
Moisture	69.6 <sup>ab</sup>	68.7 <sup>b</sup>	70.0 <sup>ab</sup>	71.5 <sup>a</sup>	69.6 <sup>ab</sup>	0.37
Crude protein	50.5	47.7	50.5	53.2	51.2	0.85
Crude lipid	36.7	40.9	37.9	37.9	39.9	0.75
Crude ash	6.98	6.39	7.58	6.31	6.60	0.21

<sup>1</sup>Values are means from triplicate groups of fish and the values within the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05)

<sup>2</sup>Pooled standard error of mean

분석한 결과가 Table 4에 나타내었다. 어체의 일반조성에 있어서 Zeitler et al. (1984)과 Nandeesha (1995)는 동일한 종간 계통차이, 수온, 증체량, 사료공급 및 사료배합 등에 영향을 받는다고 하였고, Murai et al. (1985)은 성장함에 따라 조지방의 함량은 증가하는 반면에 조단백질과 조회분의 함량 변화는 적은 것으로 보고하였으나, 수분에서 사료구 2가 대조구와 다른 사료구에 비해 유의적으로 낮은 것을 제외하고는 분석된 어체의 일반성분들의 모든 사료구사이에 유의적인 차이를 나타내지 않았다(P>0.05).

새로운 어분대체품을 개발하는데 있어서 적어도 35% 이상 단백질을 함유하고, 이것은 항단백질효소의 활성 작용이 거의 없으며, 어분과 유사한 아미노산 조성과 15% 이하의 회분 그리고 가용 인(磷) 0.5% 이상을 포함해야 한다고 보고되었다(Hardy and Masumoto, 1990). 이 실험에 사용된 어분대체품은 동물성 가공 부산물 단백질원(혈분, 육골분, 우모분, 가금부산물, 오징어간분 및 수지박)으로 조단백질 함량은 모든 사료원이 50% 이상을 내포하고 있으나, 어분대체품으로서의 이용률에 대한 평가기준은 아직도 연구가 미비한 실정으로 더 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

따라서, 위와 같은 결과를 토대로 잉어의 어분대체품인 동물성 가축부산물 단백질원들은 충분한 먹이불임이 되었을 경우, 치어기 잉어 사료내 어분단백질 기준으로 어분대체품을 60% 가량 대체가 가능함을 보여주었다.

## 요 약

본 연구는 치어기 잉어에 있어서 동물성 단백질원들로 만들어진 어분대체품(FMA)이 어느 정도 이용 가능성을 가지고 있는지를 평가하기 위해 수행하였다. 어분대체품은 혈분(BM), 오징어간분(SLP), 육골분(MBM), 수지박(LM), 가금부산물(PBP), 우모분(FM)을 특정한 비율로 혼합하여 제작·사용하였다. 평균체중 12.5g의 어류를 사용하였고, 총 5가지 실험구는 조단백질과 에너지함량은 동일한 수준으로 디자인하였다. 총 5개의 실험사료는 어분과 또는 어분대체품을 혼합한 동물성단백질 사료원으로 사용하였으며, 어분단백질을 어분대체품에 의한 기준으로 다음과 같이 성분조성을 맞추었다; diet 1, 100% WFM+0% FMA (control); diet 2, 80% WFM+20% FMA; diet 3, 60% WFM+40% FMA; diet 4, 40% WFM+60% FMA; diet 5, 0% WFM+100% FMA. 실험사료의 12 주간 공급후, 성장률과 일간성장률 및 단백질 전환효율에 있어서 20%, 40% 및 60% 어분대체품구들은 대조구와 비교하여 유의적인 차이가 없었으며 (P>0.05), 100% 어분대체품구에서는 유의적으로 낮은 경향을 나타냈다(P<0.05). 전어체 분석은 조단백, 조지방, 조회분에 있어서 모든 사료구가 유의적인 차이는 없었다(P>0.05). 따라서, 성장기 잉어에 있어서 충분한 먹이불임이 있었을 경우 잉어사료내 어분단백질 기준으로 어분대체품을 60% 가량 대체가 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. Papapaskeva-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.
- Association of Official Analytical Chemists. 1984. *Official Methods of analysis*, 14th edition. AOAC, Arlington, Virginia.
- Belal, I. E. H. and H. Assem, 1995. Substitution of soybean meal and oil for fishmeal in practical diets fed to channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque): effects on body composition. *Aquaculture Res.*, 26 : 141-145.
- Brown, B. A., 1980. Routine hematology procedures. p. 71-112. In *Hematology : Principles and Procedures*.
- Cho, C. Y., H. S. Bayley and S. J. Slinger, 1974. Partial replacement of herring meal with soybean meal and other changes in a diet for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 31 : 1523-1528.
- Cowey, C. B., J. A. Pope, J. W. Adron and A. Blair, 1971. Studies on the nutrition of marine flatfish. Growth of the plaice *Pleuronectes platessa* on diets containing proteins derived from plants and other sources. *Mar. Biol.*, 10 : 145-153.
- 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.
- Dong, F. M., R. W. Hardy, N. F. Haard, F. T. Barrows, B. A. Rasco, W. T. Fairgrieve and I. P. Forster, 1993. Chemical composition and protein digestibility of poultry by-product meals for salmonid diets. *Aquaculture*, 116 : 149-158.
- 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. Poultry by-product meal as a dietary source in fall chinook salmon diets. *Aquaculture*, 99 : 309-321.
- 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.
- Hardy, R. W. and T. Masumoto, 1990. Specifications for marine by-products for aquaculture. p. 109-120 In: *International By-Products Conference*, Anchorage, Alaska.
- Higgs, D. A., J. R. Markert, D. W. McQuarrie, J. R. McBride, 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. p. 191-218. In: *Proc. World Symp. on Finfish Nutr. Fishfeed Technol.* Eds. K. Tiews and J. E. Halver.
- Kikuchi, K., T. Furuta and H. Honda, 1994. Utilization of feather meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Fish. Sci.*, 60 : 203-206.
- Lee, K. J. and S. C. Bai, 1997a. Haemoglobin powder as a dietary fish meal replacer in juvenile Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Aquaculture Res.*, 28 : 509-516.
- Lee, K. J. and S. C. Bai, 1997b. Hemoglobin powder as a dietary animal protein source for juvenile Nile tilapia. *The Prog. Fish-Cult.*, 59 : 266-271.
- 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* (Walbaum). *Aquaculture Res.*, 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.
- 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.
- Nandeeshha, 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. *Aquaculture Res.*, 26 : 161-166.
- New, M. B., 1997. Aquaculture and the capture fisheries balancing the scales. *J. World Aquaculture*, 28 : 11-30.
- Ng, W. K. and K. L. Wee, 1989. The nutritive value of cassava leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, 83 : 45-48.
- 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.
- Post, G., 1983. Nutrition and nutritional diseases of fish. p. 199-207 In: *Textbook of fish health*. TFH. Publication, Inc. Ltd.
- 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. *Aquaculture Res.*, 27 : 67-73.
- Rumsey, G. L., 1994. What is the future of fish meal use ? *Feed Int.*, 15 : 10-16.
- Viola, S., S. Mokady, U. Rappaprot 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., Y. Arieli, U. Rappaprot and S. Mokady, 1981. Experiments in the nutrition of carp: Replacement of fish meal by soybean meal. *Bamidgeh*, 33 : 35-39.
- Watanabe, T., J. Pongmancerat, S. Sato, and T. Takeuchi, 1993. Replacement of fish meal by alternative protein sources in rainbow trout diets. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59 : 1573-1579.
- Wee, K. L. and S. S. Wang, 1987. Nutritive value of Leucaena leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, 62 : 96-108.
- 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.
- 김강웅 · 배승철, 1997. 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)에 있어 사료내 단백질 사료원으로서의 어분대체품. *한국양식학회지*, 10 : 143-151.
- 배승철 · 장혜경 · 김경희, 1997. 잉어사료에 있어서 피혁분과 육골분의 어분대체원으로서의 평가. *한국양식학회지*, 10 : 153-161.
- 배승철 · 장혜경 · 조은선, 1998. 잉어사료에 있어 축산가공부산물혼합물의 어분대체 가능성. *한국수산학회지*, 31 : 380-385.
- 송민현 · 이경준 · 배승철, 1995. 성장기 잉어 *Cyprinus carpio* 사료에 있어서 단백질원으로서의 혈분 첨가효과. *한국양식학회지*, 8 : 343-354.
- 한국단미사료협회, 1998. 단미회보. p.6.
- 해양수산부, 1998. 해양수산부통계연보.