

육성용 이스라엘 잉어에 의한 원료사료의 영양소 및 에너지 소화율

김정대 · 김광석 · 이승복 · 정관식*

강원대학교 어류영양연구실

*여수수산대학 양식학과

Nutrients and Energy Digestibilities of Various Feedstuffs Fed to Israeli Strain of Growing Common Carp (*Cyprinus carpio*)

Jeong-Dae Kim, Kwang-Seok Kim, Seung-Bok Lee, Kwan-Sik Jeong*

Fish Nutrition Research Lab., Kangwon National University, Chuncheon 220-701

**Dept. of Aquaculture, Yosu National Fisheries University*

This study was conducted with Israeli strain of common carp to determine apparent protein, lipid and gross energy digestibility coefficients and apparent calcium and phosphorus availabilities of the following feedstuffs: steam-dried white fish meal (WFM-S), flame-dried white fish meal (WFM-F), brown fish meal (BFM), soybean meal (SBM), corn gluten meal (CGM), sesame meal (SSM), wheat flour (WFL), brewer's yeast (BY) and monocalcium phosphate (MCP). Test diets consisting of a 70:30 mixture of reference diet to test ingredient were utilized with chromic oxide as an external indicator. Fecal collection was made during 10 days before the end of feeding trial lasted for 27 days. The best weight gain and feed utilization were found in fish fed MCP containing test diet. Protein digestibility was high for most ingredients, ranging from 81.2% for BY to 91.9% for SBM, with the exception of SSM which was 77.6%. Lipid digestibility coefficients ranged 74% for CGM to 85.8% for two kinds of white fish meal. Digestible energy coefficients were generally high for fish meals, ranging from 77.4% for WFM-S to 81.3% for WFM-F, whereas those for plant feedstuffs were significantly ($P<0.05$) lower, from 64.5% for CGM to 70.6% for BY. Phosphorus availability from fish meals was variable with a low of 6.6% for WFM-F and a high of 13.6% for WFM-S. Phosphorus availability from SBM and BY was 7.3% and 57.2%, respectively. Calcium and phosphorus availabilities from MCP were 84.6% and 80.6%, respectively. These results provide more precise information concerning nutrients and energy utilization of Israeli strain of common carp and will allow ingredient substitutions in practical diet formulations based on levels of available protein and phosphorus.

Key words : Israeli strain of common carp, Feedstuffs, Nutrient digestibility, Phosphorus availability

본 논문은 1996-1997년 농림부의 현장애로 기술개발 연구비에 의해 수행되었음.

서 론

사료내 이용가능한 영양소 및 에너지의 이용성은 소화율의 측정에 의해 평가된다. 소화율가는 특정동물의 영양소 요구량 충족을 위해 원료사료를 혼합하는 사료배합표 작성에 이용되며, 일반적으로 이는 사료의 질과 가격을 동시에 만족시키는 최적사료 배합을 위한 것이다. 원료사료의 소화율가는 동물의 소화능력과 원료사료의 화학적 조성에 좌우된다. 그러나 사료배합시 고려되지 않는 환경요인, 급여형태, 사료제조기술 등과 같은 여러요인은 실제 사양체제하에서 소화율에 영향을 미칠수 있다 (Cho and Kaushik, 1990). 이 밖에도 소화율 측정방법에 따른 소화율가의 변이 또한 존재한다. 따라서, 소화율가는 항상 일정하다고는 볼 수 없다.

원료사료의 소화율가 측정은 일반적으로 대상 어류의 영양소 요구량을 충족시키는 표준사료 (reference diet)를 제조한 후, 이 표준사료 70%에 시험할 원료사료 30%를 혼합하여 간접법으로 측정한다. Cho and Slinger (1979)는 무지개 송어에 의한 원료사료의 소화율을 이러한 방법으로 침전분 장치를 이용하여 최초로 측정하였다. 이들은 표준사료와 시험할 원료사료간의 아무런 상호작용이 없을 것이라고 간주하였으나, 성장실험은 병행하지 않았다. 동일한 방법으로 Hajen et al., (1993)은 연어의 소화율을 측정함에 있어 식물성 원료사료의 함유비율을 낮추어 측정하였다. McGoogan and Reigh (1996) 그리고 Gaylord and Gatlin (1996)은 동일한 방법으로 분짜내기법을 이용하여 각 원료사료의 red drum에 의한 소화율을 측정하였으나, 성장실험은 병행하지 않았다. 한편, Hanley (1987)는 틸라피아에 의한 소화율을 측정하면서 시험원료사료의 비율을 사료내 80-90%로 구성하였다. 그러나 이러한 방법에서는 특히 식물성 원료사료의 경우 기호성 문제가 대두될 소지가 있다. 최근, Watanabe et al., (1996a)은 잉어를 포함한 4종의 담수어류에 의한 여러 원료사료내

단백질 소화율을 표준사료 80%, 원료사료 20% 비율로 구성하여 측정하였다.

소화율가는 부가적 특성을 나타낸다 (Cho and Kaushik, 1990)고 하지만 생물학적 비생물학적 요인에 기인하여 경제적인 사료배합에의 적용이 어렵다. 더우기 원료사료의 소화율이 측정되더라도 탄수화물 함량이 높은 식물성의 경우 잎스트루전과 같은 가공에 의해 가소화 에너지가의 증가가 일어나기 때문에 정확한 에너지가의 평가가 불가능하다. 그러나 사료배합에 이용되는 원료사료의 소화율가 측정은 사료의 질을 평가하는 제일차적인 척도가 될 수 있기 때문에 우선적으로 이뤄져야 한다. 오랜 양식역사에도 불구하고 잉어의 소화율에 대한 자료는 최근이야 보고되기 시작하고 있다 (Watanabe et al., 1996a,b). 한편, 국내에서는 이스라엘 잉어에 대한 원료사료의 영양소 소화율에 관한 자료가 지금까지 전무하기 때문에, 사료배합에 이용되는 여러 가지 원료사료의 소화율을 측정하고자 성장실험과 병행하여 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

실험동물 및 분체집

잉어용 관행사료의 배합에 주로 사용되는 원료사료의 영양소 및 에너지 소화율을 측정하기 위하여 평균 55g의 이스라엘계 거울잉어(*Cyprinus carpio*) 1,000미를 20개의 사육수조에 처리당 2반복으로 반복당 각 50미씩 공시하였다. 분체집은 김 등 (1996)에 전술된 바와 같이 자체고안된 침전장치를 이용하여 수행되었다. 유출구 전면부에는 유출수로 배출되는 상당량의 부상분을 회수하기 위하여 유리섬유를 고정시켰다. 10일간의 적응기간 동안 시판사료를 급여하였으며, 후속 2일간의 절식후 개시어체중을 측정하였다. 표준사료 및 9종의 실험사료를 27일간 급여하여 사양 실험을 행하였으며, 사양실험 최종 10일간 분체집을 수행하였다. 종료어체중의 측정은 최종 분체집이 끝난 다음날 아침에 수행하였다.

매일 아침 첫번째 사료 급여전 채집된 분은 55°C의 열풍순환 건조기를 이용하여 건조한 후 분쇄하였으며, 10일간의 분은 균일하게 혼합한 다음 분석때까지 냉동보관 하였다.

실험사료 및 사양관리

표준사료(reference diet)는 카제인(BBA, France) 50%, 타피오카 알파전분(Bangkok, Thailand) 37.9%, 대두유 6%, 어유 4%, 비타민 혼합제 0.5%, 광물질 혼합제 0.3%, 콜린 0.3% 및 산화크롬 1%로 배합하였으며, 시험사료(test diet)는 배합된 표준사료 70%에 실험코자하는 원료 사료 30%로 구성되었다. 일인산칼슘(monocalcium phosphate : MCP) 함유사료의 경우 표준사료 97%에 3%의 MCP를 혼합하여 제조되었다. 원료사료 및 배합된 각 실험사료의 화학적 조성은 각각 Tables 1 과 2에 나타난 바와 같다. 표준사료 및 혼합된 각 실험사료는 25%의 증류수와 반죽한 다음 3mm 다이가 부착된 육골분쇄기를 이용하여 국수(spaghetti)처럼 성형하였다. 그후 55°C의 열풍순환 건조기를 이용 24

시간 건조하였다. 사료는 일일 5번씩 매회 섭취도가 떨어질때까지 급여하였으며, 실험기간 동안의 사육수온은 26-30°C의 범위를 보였다. 순환여과식 사육장치의 구조 및 기타 사양관리는 김과 김 (1995)에 전술한 바와 같았다.

조사항목

총 27일간의 실험사료 급여에 따른 어류의 증체량, 사료섭취량, 사료요구율 및 단백질 이용 효율과 함께 원료사료의 단백질, 지방, 회분, 칼슘, 인, 총에너지 소화율을 측정하였다. 원료사료의 소화율 (apparent digestibility coefficients : ADCs)은 먼저 표준사료와 시험사료의 소화율을 Maynard and Loosli(1969)의 공식에 의거하여 구한 다음, Cho et al., (1982)에 의한 공식으로 계산하여 구하였다.

분석방법

사료와 분의 일반성분은 AOAC (1990)의 방법에 따라 분석하였는데, 수분은 105°C의 오븐에서 24 시간 건조하였으며 단백질(N×6.25)

Table 1. Chemical composition (g or kJ/100g) of ingredients for digestibility

Ingredient	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Ca	P	Gross energy
WFM-S ¹	8.01	63.76	5.57	18.13	6.40	3.01	1814.7
WFM-F ²	3.28	67.85	5.40	19.18	6.47	3.22	1896.4
BFM ³	7.42	67.39	6.58	14.55	4.27	2.35	1921.6
SBM ⁴	10.64	44.13	1.51	5.50	1.24	0.69	1755.1
CGM ⁵	11.44	65.18	1.23	1.26	0.91	0.46	1987.6
SSM ⁶	2.21	49.64	9.58	10.51	2.99	1.46	2062.5
WFL ⁷	12.90	16.60	1.90	1.26	0.81	0.37	1635.2
BY ⁸	8.55	39.59	0.56	5.64	0.82	1.18	1762.3
MCP ⁹	3.36	-	-	79.70	18.47	21.82	-

¹WFM-S=steam-dried white fish meal, Cornell Broth. Co., USA(ship factory).

²WFM-F=flame-dried white fish meal, Dong Won Industries Co., Korea.

³BFM=brown fish meal, San Antonio, Peru.

⁴SBM=soybean meal, Cheil Foods & Chemical Inc., Korea.

⁵CGM=corn gluten meal, Dong Bang Corporation, Korea.

⁶SSM=sesame meal, Ottogi Foods Co., Korea.

⁷WFL=wheat flour, Cheil Foods & Chemicals Inc., Korea.

⁸BY=brewer's yeast, JINRO Coors Brewing Co., Korea.

⁹MCP=monocalcium phosphate, BASF, Germany.

Table 2. Chemical composition(g or kJ/100g DM) of the experimental diets composed of 70% reference diet and 30% test ingredient¹

Diet	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Ca	P	Gross energy
Reference	43.31	7.78	3.93	1.30	0.56	2303.03
WFM-S	49.41	8.47	8.42	3.28	1.46	2170.36
WFM-F	50.67	8.76	8.26	3.08	1.30	2247.36
BFM	49.75	9.08	6.86	2.80	1.17	2170.32
SBM	44.30	8.15	4.47	1.55	0.65	2133.02
CGM	49.72	6.82	3.19	1.01	0.46	2165.32
SSM	45.36	9.77	5.35	2.03	0.84	2150.46
WFL	36.28	5.17	3.03	1.40	0.54	2030.26
BY	42.26	8.09	4.59	1.48	0.76	2191.53
MCP	42.30	9.29	5.97	1.79	1.00	2299.11

¹Refer to Table 1.

은 켈달 방법으로, 지방은 에테르추출법으로, 회분은 550°C에서 12시간 회화시켜 분석하였다. 칼슘(Ca)함량은 ammonium oxalate 용액으로 침전시킨 후 H₂SO₄ 용액과 반응시켜 KMnO₄로 적정하여 구하였으며, 인(P)은 vandate molybdate-yellow 법으로 470nm에서 spectrophotometer (Shimadzu, UV-120-12)로 분석하였다. 사료와 분내 에너지는 Gallenkamp adiabatic calorimeter를 이용하여 분석하였으며, 산화크롬은 Bolin et al., (1952)의 방법에 따라 산 가수분해한 후 spectrophotometer를 이용하여 Kim and Ahn (1993)에 전술된 바와 같이 분석하였다. 얻어진 결과의 통계적 분석은 분산 분석과 Duncan (1995)의 multiple range test를 SAS statistics package(SAS Inst. Inc., NC, USA)로 실시하였다.

결과 및 고찰

중체 및 사료이용효율

Table 3에서는 실험사료를 섭취한 거울잉어의 성장율, 사료요구율 및 단백질이용효율을 나타내었는데, 성장율에서는 MCP 함유사료구가 55.7g으로 가장 우수한 성적을 나타내었으나 (P<0.05) 갈색어분 함유사료구(BFM)와는 차이가 없었다. 그러나, 소맥분(WFL) 함유사료구가 33.5g으로 가장 저조하게 나타났는데 (P<0.05), 이것은

WFL 함유사료의 조단백질 함량이 36.3%, 총 에너지 함량이 2030kJ/100g로서 타 사료에 비해 낮았던데서 기인한 것으로 보인다. MCP 함유구가 증체성적이 우수했던것은 표준사료를 97% 함유하고있어서 에너지 함량이 높았을뿐 아니라 사료에 함유된 인의 이용성이 상대적으로 좋았기 때문으로 추정된다.

한편, 사료요구율(FCR)은 증체성적이 가장 좋았던 MCP 함유구가 0.97로 가장 우수하였으며, 간접식과 직접식 백색어분 및 갈색어분 함유구간에는 차이가 없었다 (P>0.05). 그러나 소맥분 함유구에서는 역시 사료요구율이 가장 저조하게 나타났다 (P<0.05). 전체적으로 볼 때 표준사료에 식물성원료가 30%씩 함유된 사료 급여구에서 사료요구율이 저조한 경향을 나타내었다. 단백질이용효율(PER)은 1.42~2.30의 범위를 보였는데, MCP 함유구가 2.3으로 처리구중 가장 우수하였고 (P<0.05), 호박 함유구(SSM)가 1.42로 가장 저조하였다. 한편, 어분 함유사료구중에서는 BFM 함유구가 1.83으로, 식물성 원료사료중에서는 맥주효모(BY) 함유구가 1.96으로 우수하였다. 그러나 BFM과 BY 함유구간에는 유의적인 차이가 발견되지 않았다.

분내 영양소 함량

분내 영양소 함량을 Table 4에 표시하였는데 단백질 함량은 11.39~19.61% (g/100g DM)의

Table 3. Weight gain and feed utilization of carp fed the experimental diets¹

Diet	Initial wt. g/fish	Wt. gain g/fish	Feed intake g/fish	FCR ²	PER ³
Reference	55.2±0.10	42.1±0.20 ^{ef}	53.9±0.29 ^d	1.28±0.01 ^c	1.72±0.02 ^{cdde}
WFM-S	55.2±0.07	51.8±1.27 ^{bc}	54.9±0.28 ^b	1.06±0.03 ^{ef}	1.79±0.06 ^{cd}
WFM-F	55.2±0.04	50.1±0.46 ^c	54.8±0.28 ^{bc}	1.09±0.02 ^{ef}	1.70±0.03 ^{cdde}
BFM	55.2±0.17	53.9±0.03 ^{ab}	55.8±0.38 ^a	1.04±0.01 ^g	1.83±0.01 ^{bc}
SBM	55.1±0.07	38.8±0.49 ^{fg}	54.1±0.19 ^{bcd}	1.39±0.02 ^b	1.54±0.02 ^g
CGM	55.1±0.07	449±0.28 ^{de}	53.2±0.87 ^{de}	1.18±0.03 ^d	1.60±0.04 ^{ef}
SSM	55.0±0.17	36.2±0.57 ^{gh}	52.8±0.19 ^{ef}	1.46±0.03 ^b	1.42±0.03 ^g
WFL	55.1±0.12	33.5±0.32 ^h	52.1±0.09 ^f	1.56±0.02 ^a	1.66±0.02 ^{def}
BY	55.2±0.02	46.7±2.72 ^d	52.7±0.28 ^{ef}	1.13±0.06 ^{de}	1.96±0.11 ^b
MCP	55.2±0.08	55.7±0.78 ^a	53.9±0.29 ^{cd}	0.97±0.02 ^s	2.30±0.05 ^a

¹Refer to Table 2.

²Feed conversion ratio=feed intake, DM/wet weight gain.

³Protein efficiency ratio=wet weight gain/protein intake.

^{a,b,c,d,e,f}Values (means±SE of two replicates) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different (P<0.05).

Table 4. Fecal composition of fish fed the experimental diets¹

Diet	Fecal composition (g or kJ/100g DM)					
	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Ca	P	Gross energy
Reference	11.06	1.44	4.89	1.90	0.75	1543.73
WFM-S	16.35	2.49	16.11	6.55	2.82	1547.95
WFM-F	16.48	2.65	16.58	6.61	2.70	1539.00
BFM	17.91	3.10	13.62	6.00	2.47	1638.37
SBM	11.39	2.08	8.18	3.16	1.27	1678.29
CGM	17.36	2.74	5.77	1.97	0.88	1732.59
SSM	19.61	2.98	10.11	4.20	1.70	1722.18
WFL	12.20	1.95	6.23	3.01	1.11	1742.76
BY	16.61	2.70	5.63	2.00	1.06	1735.08
MCP	12.52	1.82	7.12	2.53	1.32	1581.21

범위를 나타냈었으며, 대두박 함유구(SBM)가 11.39%으로 가장 적었고 호박 함유구(SSM)가 19.61%으로 가장 많았다. 지방함량의 경우 1.44~3.10%의 범위를 나타내었고 실험사료에서 원래 지방함량이 높았던 사료(SSM, BFM)에서 분내 지방함량이 대체적으로 높게 나타나는 경향이 있었다. 그러나 MCP를 3% 함유하였던 사료의 경우 지방함량이 9.29%로서 높았으나 분내 지방함량이 1.82%로 낮게 나타난 것은 유효인의 함량증가로 인하여 지방의 이용효율이 높아졌기 때문으로 추정된다. 회분함량의 경우 4.89~16.58%의 범위로 실험사료내 회분함량이

높을수록 분내 회분함량이 높은 경향을 나타냈다. 에너지 함량은 어분함유구보다 식물성 원료함유구가 일반적으로 높게 나타났는데, 이것은 탄수화물의 소화율이 낮았던데 기인하는 것으로 보인다.

외관상 소화율

Table 5에는 실험사료에 함유된 영양소의 외관상 소화율을 표시하고 있는데 단백질의 외관상 소화율은 89.2~93.5%의 범위를 나타내었고, 지방의 경우는 89.3~95.8%, 회분은 51.2~71.7%, 인은 49.2~69.7%, 에너지는 78.6~84.7%

Table 5. Apparent digestibility coefficients (ADCs) of the experimental diets¹

Diet	ADC (%)					
	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Ca	P	Gross energy
Reference	94.2	95.8	71.5	66.5	69.3	84.7
WFM-S	91.9	92.8	53.3	51.0	52.6	8.25
WFM-F	92.2	92.8	51.5	47.7	50.5	83.7
BFM	91.7	92.1	53.3	50.3	51.1	82.5
SBM	93.5	93.5	52.2	47.5	50.7	80.0
CGM	90.7	89.3	50.5	47.9	49.2	78.6
SSM	89.2	92.4	51.9	48.2	49.4	80.0
WFL	91.9	90.9	51.2	48.3	50.5	79.3
BY	91.3	91.8	68.8	66.5	65.7	80.4
MCP			71.7	67.1	69.7	

¹Refer to Table 2; values are means of two replicate groups.

Table 6. Apparent digestibility coefficients (ADCs) of test ingredients¹

Diet	ADC (%)					
	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Ca	P	Gross energy
WFM-S	86.5±0.08 ^b	85.8±0.41 ^{ab}	10.7±0.10 ^b	14.6±1.26 ^c	13.6±3.14 ^c	77.4±0.03 ^a
WFM-F	87.8±0.05 ^b	85.8±0.61 ^{ab}	4.8±1.27 ^b	7.5±2.96 ^c	6.6±2.90 ^d	81.3±0.58 ^a
BFM	85.8±0.10 ^b	83.5±0.77 ^{bc}	10.6±2.58 ^b	12.6±1.60 ^c	8.5±2.01 ^{cd}	77.5±0.25 ^a
SBM	91.9±0.76 ^a	88.3±0.26 ^a	7.0±1.27 ^b	6.3±2.54 ^c	7.3±2.02 ^d	69.3±2.15 ^b
CGM	82.6±0.82 ^c	74.0±2.17 ^c	1.5±1.29 ^b	4.4±0.67 ^c	2.2±1.19 ^d	64.5±1.77 ^c
SSM	77.6±0.76 ^d	84.4±0.67 ^{bc}	6.0±1.35 ^b	5.4±3.90 ^c	2.7±0.03 ^d	69.0±0.78 ^b
WFL	86.6±0.34 ^b	79.6±0.22 ^d	3.8±0.52 ^b	5.6±1.35 ^c	6.4±1.18 ^d	66.8±0.78 ^{bc}
BY	81.2±0.95 ^c	82.4±0.71 ^{cd}	62.5±1.66 ^a	66.5±9.81 ^b	57.2±0.49 ^b	70.6±1.56 ^b
MCP			77.1±0.67 ^a	84.6±1.28 ^a	80.6±0.42 ^a	

¹Refer to Table 1.

^{a,b,c,d,e}Values (means±SE of two replicates) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different (P<0.05).

의 범위를 각각 나타내었다. Table 6에서는 표준사료와 원료사료의 함량을 보정하여 계산된 각 원료의 외관상 소화율(ADC)을 나타내었다. 단백질 소화율의 경우 대두박이 91.9%로 가장 높게 나타났고 (p<0.05), 호박은 77.6%로 가장 낮게 나타났다. 3종의 어분 및 소맥분내 단백질의 소화율은 85.8~87.8%의 범위로서 이들 간에는 유의차가 없었으나, 콘글루텐(CGМ) 및 맥주효모(BY)에 비해서는 높게 나타났다 (P<0.05). 지방의 소화율은 대두박이 88.3%로 두종류의 백색어분(WFM-S 및 WFM-F)과 함께 타원료

사료에 비해 높게 나타났으나 (P<0.05), 3종의 어분간에는 유의적인 차이가 없었다. 콘글루텐내 지방의 ADC는 74.0%로 타 원료에 비해 가장 낮았으며, 호박은 84.4%로 3가지 종류의 어분과는 차이가 있었으나, 소맥분과 맥주효모(82.4%) 간에는 차이가 없었다(P>0.05). 회분의 외관상 소화율은 MCP 및 맥주효모가 각각 77.1% 및 62.5%로 높게 나타났고 (P<0.05), 나머지 원료들간에는 1.5~10.7%로 변이가 있었으나 통계적인 유의차는 인정되지 않았다 (P>0.05). 칼슘(Ca)의 외관상 소화율은 MCP가 84.6%로

가장 높았고, 맥주효모가 66.5%로 두 번째로 높았다. 그러나 나머지 원료들 간에는 5.4~14.6%의 변이를 보였으나 유의차는 없었다 ($P>0.05$). 인(P)의 경우 MCP가 80.6%로 가장 높게 나타났고, 맥주효모가 57.2%로 두 번째로 높았으며, 간접식 백색어분(WFM-S)이 14.6%로 갈색 어분(BFM, 8.5%)을 제외한 타 원료보다 높게 나타났다 ($P<0.05$). 그러나 나머지 원료들 간에는 유의적인 차이가 없었다. 총에너지의 경우 3종류 어분이 77.4~81.3%로 타 원료에 비해 높게 나타났고 ($P<0.05$), 맥주효모, 대두박 및 호박이 69.3~70.6%로서 소맥분(66.8%)을 제외한 나머지 원료보다 높게 나타났으며, 콘글루텐은 64.5%로서 가장 낮게 나타났다 ($P<0.05$).

요 약

카제인과 알파전분으로 구성된 표준사료 70%와 실험코자하는 원료사료 30%를 함유하는 시험사료를 제조하여 평균 어체중 55g의 이스라엘 잉어에 의한 원료사료의 단백질, 지방, 회분, 칼슘, 인 및 에너지 소화율을 측정하였다. 소화율의 측정은 27일간의 성장실험과 병행하여 수행되었는데, 분체집은 성장실험의 최종 10일간 행하였다. 실험기간 동안의 수온은 26~30°C로 유지되었으며 사료는 일일 5회씩 급여하였다. 본 실험에서 얻어진 결과는 다음과 같다.

일인산칼슘(MCP) 함유구를 섭취한 어류의 중체량, 사료요구율 및 단백질 이용효율이 처리구 중 가장 우수하였으며, 어분 함유구가 공히 그 다음으로 우수한 성장 및 단백질 이용효율을 나타내었다. 식물성 원료사료중에서는 맥주효모 및 콘글루텐 함유구가 성장과 단백질 이용효율이 우수하였다. 전반적으로 실험어류는 실험사료를 잘 섭취하였으며, 정상적인 성장을 보였다.

단백질 소화율은 대두박(SBM)이 91.9%로 시험원료중 가장 높았으며, 호박(SSM)이 77.6%로 가장 낮았다. 어분(간접식 백색어분: WFM-S; 직접식 백색어분: WFM-F; 갈색어

분: BFM)의 경우 85.8% (BFM)에서 87.8% (WFM-F)로 86.6%의 소화율을 나타낸 소맥분(WFL)과 유의적인 차이가 없었다. 어분의 지방 소화율은 83.5% (BFM)에서 85.8% (WFM-S와 WFM-F)로 유사하였으며, 호박(SSM)이나 맥주효모(BY)의 소화율과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 한편, 시험원료중 지방함량이 가장 낮았던 SBM과 콘글루텐(CGM)의 소화율은 각각 88.3% 및 74%로 처리구중 각각 가장 높은 수치와 가장 낮은 수치를 보였다. 회분의 소화율은 MCP가 77.1%로 가장 우수하였으며, BY가 62.5%로 그 다음이었다. WFM-F은 4.8%인데 비해 WFM-S와 BFM은 각각 10.7% 및 10.6%로 유사하였다. CGM은 1.5%로 처리구중 가장 낮았다. 칼슘의 소화율은 회분 소화율과 동일한 경향을 보였으며, 인 소화율의 경우 WFM-S가 13.6%로 WFM-F (6.6%)와 BFM (8.5%)에 비해 높았다. BY 및 MCP의 인 소화율은 각각 57.2% 및 80.6%로 높게 나타났다. 에너지 소화율은 어분이 77.4~81.3%로 식물성 원료사료에 비해 높게 나타났으며, 식물성 원료사료중에서는 BY가 70.6%로 SBM, SSM 및 WFL과 유의적인 차이를 보이지 않았으나 CGM (64.5%)은 이들중 가장 낮았다($p<0.05$).

본 실험의 결과자료는 이스라엘 잉어에 의한 관행 원료사료내 영양소 및 에너지의 이용율의 수준을 보여주고 있으며, 사료배합시 또는 배합된 사료내 가소화 단백질 및 이용가능 인 함량을 예견하는데 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 그러나 가소화 에너지 소화율 자료는 대부분의 시판잉어사료가 이스트루전 공정을 거쳐 제조된다는 점을 고려할때 이용가능한 에너지 함량계산에 직접 활용될 수는 없을 것이다.

참 고 문 헌

- Association of Official Analytical Chemists, 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Arlington, Virginia.
Bolin, D. W., R. P. King and W. W. Klosrer-

- man, 1952. A simplified method for the determination of chromic oxide (Cr_2O_3) when used as an inert substance. *Science*, 116 : 634-635.
- Cho, C. Y. and S. J. Kaushik, 1990. Nutritional energetics in fish : energy and protein utilization in rainbow trout. *World Rev. Nutr. Diet.*, 16 : 132-172.
- Cho, C. Y., S. J. Slinger and H. S. Bayley, 1982. Bioenergetics of salmonid fishes : energy intake, expenditure and productivity. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73B : 25-41.
- Cho, C. Y. and S. J. Slinger, 1979. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. *Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, Hamburg, Germany, Vol. II, pp. 239-247.
- Duncan, D. B., 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11 : 1-42.
- Gaylord, T. G. and D. M. Gatlin III, 1996. Determination of digestibility coefficients of various feedstuffs for red drum. *Aquaculture*, 139 : 303-314.
- Hajen, W. E., R. M. Beames, D. A. Higgs and B. S. Dosanjh, 1993. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Onchorhynchus tshawytscha*) in sea water. 1. Validation of technique. *Aquaculture*, 112 : 321-332.
- Hanley, F., 1987. The digestibility of foodstuffs and the effects of feeding selectivity on digestibility determination in tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 66 : 163-179.
- Kim, J. D. and K. H. Ahn, 1993. Effects of monocalcium phosphate supplementation on phosphorus discharge and growth of carp grower. *Asian-Austral. J. Anim. Sci.*, 6 : 521-526.
- Maynard, L. A. and J. K. Loosli, 1969. *Animal Nutrition*, 6th ed. McGraw-Hill, New York, St. Louis, 613pp.
- McGoogan, B. B. and R. C. Reigh, 1996. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. *Aquaculture*, 141 : 233-244.
- Watanabe, T., T. Takeuchi, S. Satoh and V. Kiron, 1996a. Digestible crude protein contents in various feedstuffs determined with four freshwater fish species. *Fisheries Science*, 62 : 278-282.
- Watanabe, T., T. Takeuchi, S. Satoh and V. Kiron, 1996b. Digestible energy : methodological influences and a mode of calculation. *Fisheries Science*, 62 : 288-292.
- 김정대 · 김광석, 1995. 사료내 일인산칼슘의 첨가가 잉어의 영양소 소화율에 미치는 영향. *한국영양사료학회지*, 19 : 1109-1115.
- 김정대 · 김광석 · 송재성 · 정관식 · 우영배 · 최낙중 · 이종윤, 1996. 육성용 거울잉어의 인 소화율 측정을 위한 여러 분체집 방법의 비교. *한국영양사료학회지*, 20 : 201-206.
- 원태희, 1990. 원료어분의 종류와 건조방법이 이스라엘 잉어의 성장능력, 체조성 및 영양소 이용율에 미치는 영향. 석사학위논문. 서울대학교, 51pp.