
석사학위논문

Moist Pellet과 Extruded Pellet에 의한 넙치의 성장 효과

제주대학교 대학원

수산생물학과



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

김 원 평

1996년 12월

Moist Pellet과 Extruded Pellet에 의한 낱치의 성장 효과

지도교수 노 섬

김 원 평


이 논문을 이학 석사학위 논문으로 제출함.

1996년 12월


김원평의 이학 석사학위 논문을 인준함.



심사위원장

김성익 

위 원

이재훈 

위 원

이호준 

제주대학교 대학원

1996년 12월

**Effects of Extruded Pellet and Moist Pellet
on Growth of Olive Flounder, *Paralichthys
olivaceus***

Won-Pyoung KIM

(Supervised by professor Sum-RHO)

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE**



**DEPARTMENT OF MARINE BIOLOGY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY**

1996. 12

목 차

ABSTRACT	1
I. 서 론	2
II. 재료 및 방법	4
1. 실험어 및 사육관리	4
2. 실험사료	5
3. 사육환경 측정 및 성장조사	5
4. 성분분석	7
III. 결 과	8
1. 사육환경	8
2. 실험어의 성장	8
3. 사료효율	18
4. 어체조성의 변화	26
5. 통계분석	26
IV. 고 찰	31
V. 요 약	36
VI. 참고문헌	37
감사의 글	41



ABSTRACT

The growth effect of the two extruded pellet (A, B , feed A and B)) and two moist pellet (C, D, feed C and D) were comparatively examined in this study. A total of 2,000 flounder juveniles, a mean length of $14.22 \pm 1.0\text{cm}$ and mean weight of $31.09 \pm 8.51\text{g}$ was fed the feed A for first six months, then moved into 8 large and 4 small aquariums for 12 weeks.

After 12 weeks, the mean body weight of the flounder were gained as follows : the flounders fed with feed C was 187.86g, D was 180.84g, A was 169.95 and B was 158.94g. There was no significant differences among the body weight of fishes fed with the three feed except feed B ($P < 0.05$).

Daily weight gain was observed to be the highest the C (1.270) and followed by D (1.250), B (1.174) and A (1.162).

Feed coefficient was higher at the extruded pellet than at the moist pellet, but when it was converted to percent of dry weight, the feed C (3.070) was the heighest and followed by D (4.003) and B (4.233). The sequent survival rate of the fish was D (94.64%), B (93.97%), A (93.40%) and C (92.57%).

As a result of this study, it is believed that using extruded pellet for rearing flounders would be suitable due to its stable cost, easy supply and storage.

I. 서론

우리나라의 해수어류 양식은 1970년대초 방어, *Seriola quinqueradiata*의 가두리 양식이 실시된 이후 1986년 우리나라 환경에 적합한 넙치, *Paralichthys olivaceus*의 종묘생산 기술이 개발되면서 현재에는 참돔, *Pagrus major* (유 등, 1991), 조피볼락, *Sevastes schlegeli* (현과 노, 1996), 농어, *Lateolabrax japonicus* (최 등, 1996)등으로 확산되고 있다. 이후 양식 대상종으로써 황점볼락, *Sebastes oblongus* (변 등, 1995), 황복, *Fugu ocellatus* (장 등, 1996), 붉바리, *Epinephelus akaara* (황성일 1993), 자주복, *Takifugu rubripes* (고와 노, 1996 ; 노와 정, 1993), 숭어, *Mugil cephalus* (장 등, 1996)등이 개발중에 있다.

그러나 해산어류 양식의 급속한 신장 추세에 비하여 어류양식에 있어서 경영비의 많은 부분을 차지하는 사료에 대해서는, 연어류 (Lall and Bishop, 1977 ; Halver et al., 1964), 무지개송어 (Satia, 1974), 참돔 (Yone, 1976), 방어 (Takeda et al., 1975), 넙치 (Cowey et al, 1971 ; 1972 ; Gatesoupe et al., 1977)등에 대한 단백질, 아미노산, 필수지방산, 비타민 요구량등 대부분이 어류의 영양학적 연구를 중심으로 이루어져 왔다. 담수어류와는 달리 딱딱한 배합사료 보다는 습기가 있는 생사료나 모이스트 펠렛을 더 선호하는 해수어류의 먹이습성과 어류가 요구하는 영양을 고루 갖춘 배합사료 공급에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

우리나라의 해수어류 양식용 사료로는 정어리(*Sardinops melanosticta*), 전갱이(*Trachurus japonicus*), 까나리(*Ammodytes personatus*), 고등어(*Scomber japonicus*)와 같은 생사료가 주로 이용되었다. 1990년 이후부터는 이들 생사료의 질적, 양적 생산 불안정성으로 인해 분말배합사료와 생사료를 혼합하여 만든 모이스트 펠렛(moist pellet)을 주로 이용하고 있다. 그러나 moist pellet의 사용은 병원성 세균이나 기생충의 감염, 사료의 산패, 영양소의 불균형 등에서 오는 영양성 질병, 사료유실에서 오는 경제적 손실과 수질오염, 수급의 불안정, 원료 원가의 상승에 따른 경영압박을 비롯하여 생사료의 냉동보관, 유통 및 처리과정에서 소요되는 노동력이나 시간의 낭비 등에 따른 불이익이 크다. 따라서 이러한 문제점을 극복하기 위한 배합사료의 개발이 절실하게 요구되고 있는 실정이다.

현재 시판되고 있는 해수어용 배합사료가 현장에서 기피되고 있는 이유는 대부분의 해수어류가 고품의 건조 펠릿보다는 moist pellet에 대한 선호도가 높고, 성장도 좋은 것이 한 원인이겠지만, 영양적으로 완전하고 값싼 배합사료를 만들기가 어려운 것이 일차적 원인이 되고 있다(이 등, 1993). 특히 넙치의 경우에 있어서는 고품의 펠릿을 거부하는 현상이 타 어종보다 심하다. 시판되고 있는 일부 배합사료를 공급한 넙치들은 Edwardsiellosis나 체색흑화같은 질병이 발생하여, 품질이나 가격 면에서 양식어민의 욕구를 충족시키지 못하고 있는 실정이다. 국민경제의 발전으로 현장인력의 부족현상에 따른 생력화와 양어장 배출수의 오염 부하량을 줄이기 위하여 선진국에서와 같이 배합사료로의 전환은 매우 시급한 실정이다.

이 연구에서는 우리나라 해수어류 양식의 주종을 이루고 있는 넙치의 먹이로써 개발된 고압팽창사료(extruded pellet)와, 분말배합사료에 생사료를 첨가하여 제작한 모이스트 펠릿(moist pellet)을 공급하여 넙치의 섭식상태, 성장, 사료효율 및 생존율 등을 비교 평가하여, extruded pellet을 이용한 넙치의 양성 가능성을 알아보기 위하여 실시하였다.



II. 재료 및 방법

1. 실험어 및 사육관리

이 연구에 이용한 넙치 치어는 전장 14.22 ± 1.10 cm, 체중 31.09 ± 8.51 g되는 인공종묘로써 1995년 5월 28일에 2,000여 미를 북제주군 조천읍 함덕리 소재의 제주대학교 해양연구소 실내 사육 실험동으로 수송하였다.

실험에 사용된 사육조는 원뿔형 중앙 배수 장치를 한 FRP원형수조로서 지름 3 m × 높이 0.9 m 되는 대형수조 8개(수조번호 1~8)와 지름 1.5 m, 높이 0.9 m 의 소형수조 4개(수조번호 9~12)를 사용하였다. 사육수량은 대형수조 4.25 톤, 소형수조 1톤으로 1일 8회 환수시켰으며 충분한 산소 공급을 위하여 통기하여 주었다. 넙치 치어의 수용량은 대형 수조에는 200 미씩, 소형수조에는 50미씩을 각각 수용하였다.

실험은 1995년 7월 8일 까지 6 주간 순치 사육한 후 7월 9일 부터 9월 30일 까지 12주 동안 본 실험을 실시하였다. 순치 사육기간 중의 사료공급은 6 mm 크기의 실험사료 A(Table 1)를 매일 2회(07:00시, 18:00시)에 걸쳐 섭식활동을 중지할 때까지 공급하고 본 실험이 시작된 7월 9일 부터는 9 mm 크기의 고압팽창 사료(extruded pellet)와 모이스트 펠렛(moist pellet)을 실험종료시 까지 공급하였다. 사료 공급후 섭식하지 않고 남은 사료는 그물눈이 1 mm인 net로 모두 수거하여 정확한 섭식량을 파악하는데 이용하였으며, 어체측정일의 아침 사료는 공급하지 않았다. 배설물이나 사육수에 혼합되어 유입된 수조내 이물질들은 원뿔형 중앙 배수 장치를 이용하여 유수되는동안 자동 배출되도록 하였고, 잔류물은 1일 1회 저녁 사료 공급한 30분 후에 사육조 저면 청소를 통하여 완전히 제거하였다.

2. 실험사료

실험에 사용한 4종의 사료에 대한 영양성분의 조성은 Table 1과 같다. 사료 A와 B는 수분이 6.30%와 7.65%인 extruded pellet으로써, 각각 단백질 40.44%, 40.31%, 지질 19.92%, 16.11%, 탄수화물 19.92%, 16.11% 이었다. 사료 A는 사육수조 1, 5, 9에 공급하였으며, B는 사육수조 2, 6, 10의 실험어에 공급하였다.

사료 C와 D는 제조회사가 서로 다른 분말배합사료 20%에 인근 정치망에서 어획되는 고등어와 전갱이 치어 80%를 혼합하여 만든 moist pellet으로써, 수분 65.01%, 54.23%, 단백질 18.82%, 18.70%, 지질 6.16%, 3.57%, 탄수화물 5.60%, 18.77% 였다. C는 사육수조 3, 7, 11에 공급하였으며, D는 사육수조 4, 8, 12의 실험어에 각각 공급하였다.

moist pellet의 제작은 생사료원인 고등어와 전갱이 치어를 chopper에서 분쇄한 것에 시판되는 분말배합사료를 혼합하여 moist pellet 제조기로 압출성형하였고, 선도 유지를 위하여 20일 간격으로 제조하여 냉동고(-18℃)에 보관하여 공급하였다.

3. 사육환경 측정 및 성장조사



실험기간중의 수온, 용존산소(dissolved oxygen : DO), pH, 비중을 매일 오전 10시에 측정하였으며, DO는 DO meter(KDO-515), pH는 pH meter(HM-10P), 비중은 부평비중계(B형)를 사용하여 측정한후 해수비중환산표에 의거 수온 15℃ 때의 표준비중을 구한 뒤 염분으로 환산하였다.

실험어의 어체측정은 6주간의 순치사육이 끝난 7월 9일부터 매 4주마다 전장과 체중을 측정하였다. 어체를 측정하는 날의 아침사료는 절식시켰으며, 체중은 톱로딩 천칭 (gT 410D)으로 0.01 g까지, 전장은 모눈종이를 이용하여 자체 제작한 측정판으로 1 mm 단위까지 측정하였다. 어체 측정 후에는 모든 실험구의 시

Table 1. Results of biochemical analysis conducted on the experimental diets used during the course of study

(Unit : percent)

	Extruded pellet		Moist pellet	
	A	B	C	D
Moist	6.30	7.65	65.01	54.23
Crude protein	40.44	40.31	18.82	18.70
Crude fat	19.92	16.11	6.16	3.57
Ash	9.25	10.41	4.41	4.73
Carbohydrate	24.09	25.52	5.60	18.77



험어를 Oxytetracycline 20 ppm에서 약육하였다. 1회와 2회의 측정은 대형수조에서 80미를 무작위로 추출하였으며, 소형수조에서는 50미 전수를 측정하였다. 3회 측정은 대형수조에서 50미, 소형수조에서 20미씩을 무작위 추출하여 측정하였다. 그리고 실험종료시에는 실험어 전수의 체장과 체중을 측정하였다.

실험결과의 분석은 general linear model(gLM)을 통한 nested analysis of variance(ANOVA)를 실시한 후 Statistical Analysis(SAS Institute North Caroline, USA)를 이용하여 Tukey's multiple range test로 평균간의 유의성을 검정하였다.

4. 성분분석

실험어와 사료의 성분분석을 위하여 실험 시작시와 종료시에 각 실험구마다 임의로 10미씩을 추출하여 일반성분분석을 위해 -30℃에서 냉동 보관하였다. 성분분석은 여수수산대학교 식품영양학실험실에 의뢰하여 실험어와 사료의 수분, 단백질, 지질, 탄수화물, 회분을 분석하였다. 사료 및 어체의 수분은 상압가열 건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법($N \times 6.25$), 조지방은 Soxhlet추출법(ether 추출법), 조회분은 직접회화법으로 각각 분석하였다(AOAC 1984).

III. 결 과

1. 사육환경

실험 기간중의 각 실험구의 환경 요인중 주간 평균 수온, 염분농도, DO, pH의 결과는 다음과 같다.

수온의 변화는 20~28℃의 범위로 8월 중순에 최고에 달하였으며, 염분농도는 31.1~33.7%의 범위였다(Fig. 1).

DO와 pH는 사육환경의 동일성을 알아보기 위하여 실험기간을 통하여 모든 실험구에서 측정되었다. DO와 pH의 변화는 Fig. 2와 같다. 실험기간중 pH의 변화는 7.0~9.0의 범위로 8월 중순에 최고치를 보였으며, DO는 3.5~7.5 mg/l로 수온이 높은 8월 중순에 비교적 낮게 나타났다.

사육 환경은 4개 실험구 모두 유사한 변화를 보였다.

2. 실험어의 성장



체중과 전장의 월간 증가량은 Table 2와 Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5과 같다. Table 2에서는 각 사육수조별로 평균전장(cm), 체중(g), 측정된 실험어의 체중합과 측정 개체수를 나타내었다. 이를 Fig. 3과 Fig. 4에서 평균과 표준편차로 도식화하였다.

7월 9일부터 9월 30일까지 총 4회를 측정하는 동안 1,800마의 실험어를 대상으로 3,399개의 측정치를 얻었다.

실험 시작시 실험어의 전장은 17.5~18.5 cm 였으며, 체중은 13.5~16.5 g의 분포를 보였다. 그러나 9월 30일 실험 종료시 각각의 사료를 섭취한 넙치의 전장과 체중의 평균은 A사료 27.46 cm, 250.06 g, B 사료 26.77 cm, 232.73 g, C사료

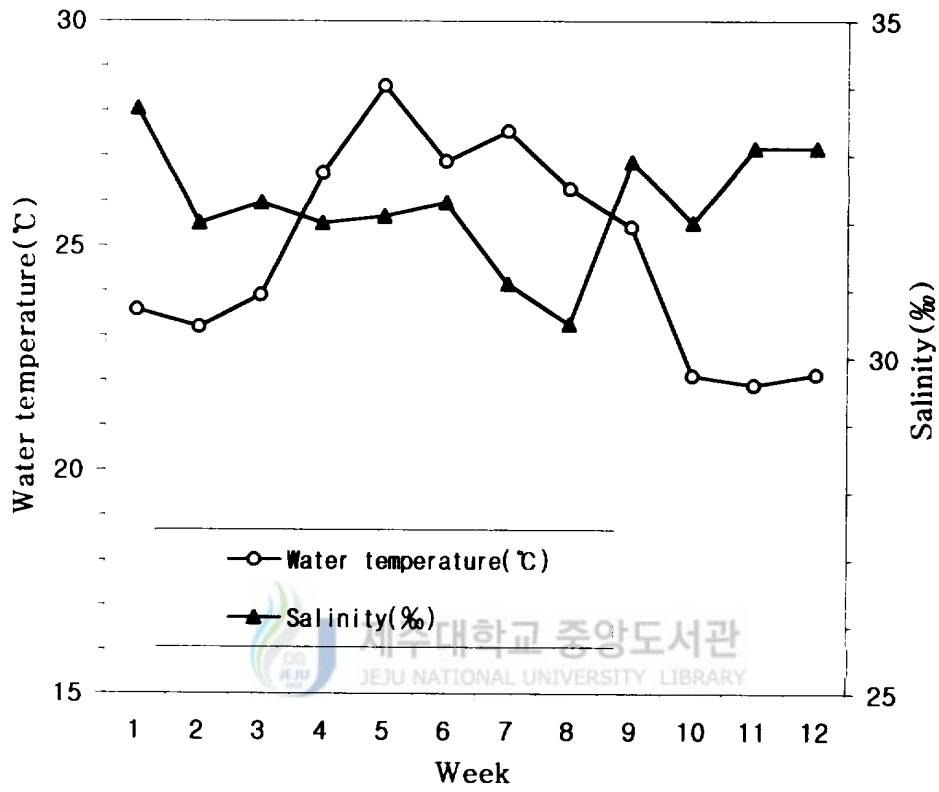


Fig. 1. Water temperature and salinity of seawater circulated in the tanks.

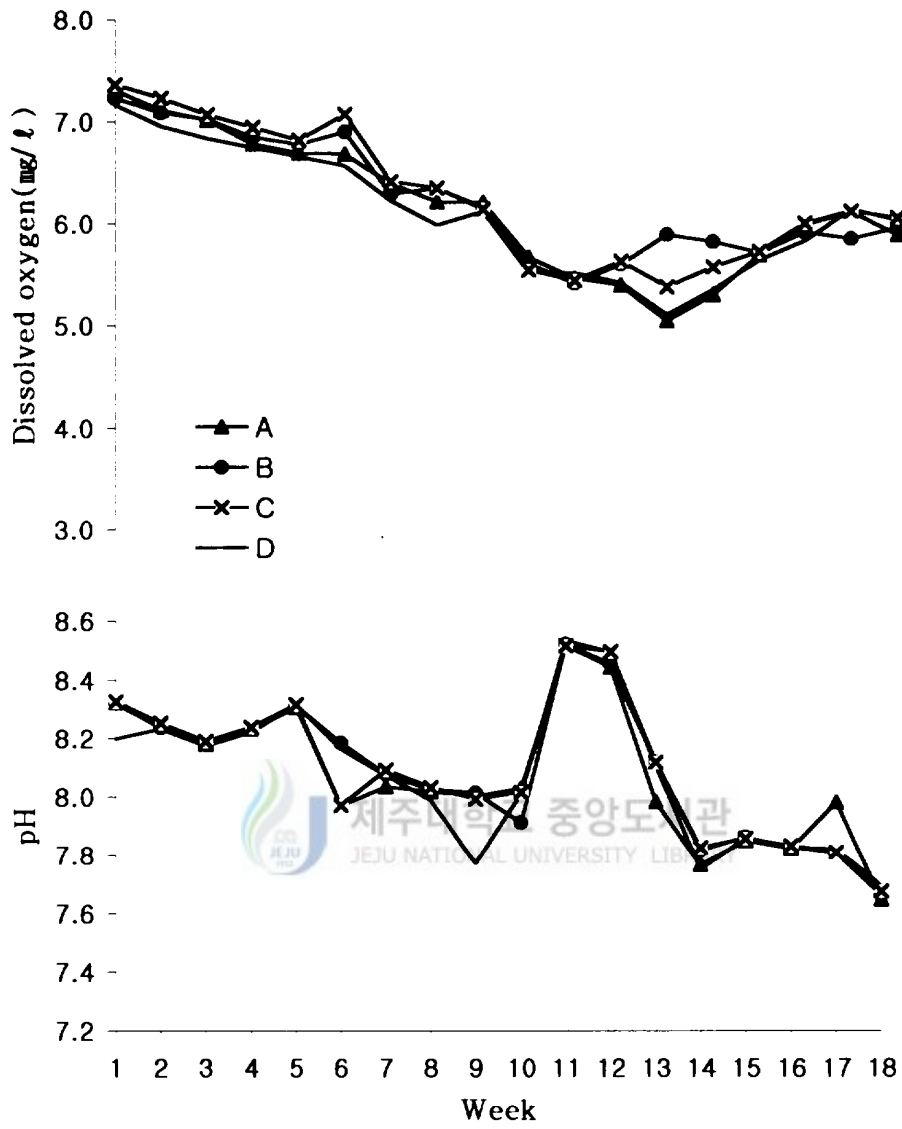


Fig. 2. Dissolved oxygen and pH variation of seawater circulated in the experimental tanks during the course of study.

Table 2. Summary of total length and total body weight increase. Tank No. : tank number, Mean T.L. : monthly mean length of fish total length in cm, S.D.(cm) : standard deviation of the length measurement, Mean T.W. : monthly mean weight of fish total weight in gram, S.D.(g) : standard deviation of the weight, Sum W. : monthly sum of the weight in gram, n : number of fish used in the measurement

July 9, 1995

Feed	Tank No.	Mean T.L.(cm)	±S.D.(cm)	Mean T.W.(g)	±S.D.(g)	Sum W.(g)	n
A	1	18.23	1.11	76.26	15.48	6,101	80
	5	18.44	1.35	80.75	15.87	6,460	80
	9	18.60	1.30	83.32	15.91	4,166	50
B	2	17.98	1.38	75.11	15.23	6,009	80
	6	18.00	1.00	69.59	12.59	5,567	80
	10	18.43	1.15	76.68	13.86	3,834	50
C	3	18.30	1.25	74.56	16.36	5,965	80
	7	17.68	1.36	68.25	16.37	5,460	80
	11	18.02	1.39	76.74	16.55	3,837	50
D	4	18.19	1.36	80.15	15.42	6,412	80
	8	17.79	1.21	70.13	14.93	5,610	80
	12	18.13	1.39	74.68	16.72	3,734	50

Table 2. Continued

Feed	Tank No.	Mean T.L.(cm)	± S.D.(cm)	Mean T.W.(g)	± S.D.(g)	Sum W.(g)	n
A	1	21.28	1.96	123.76	20.78	6,188	50
	5	21.71	1.34	124.10	22.69	6,205	50
	9	22.00	1.17	133.95	21.72	2,679	20
B	2	20.67	1.41	116.26	23.34	5,813	50
	6	21.25	1.62	120.06	25.75	6,003	50
	10	21.83	1.07	129.40	19.23	2,588	20
C	3	21.42	1.67	120.88	26.88	6,044	50
	7	20.80	1.75	114.92	27.69	5,746	50
	11	22.27	1.33	139.40	22.71	2,788	20
D	4	21.77	1.73	123.10	25.70	6,155	50
	8	21.16	1.78	119.32	30.52	5,966	50
	12	21.70	1.28	129.15	23.76	2,583	20

August 6, 1995

Table 2. Continued

Feed	Tank No.	Mean		±S.D.(cm)	Mean T.W.(g)	±S.D.(g)	Sum W.(g)	n
		T.L.(cm)						
A	1	24.71	1.69	179.06	40.29	8,953	50	
	5	24.50	2.08	168.74	44.67	8,437	50	
	9	25.42	1.83	192.65	38.72	3,853	20	
B	2	23.58	1.60	151.70	28.90	7,585	50	
	6	24.14	1.98	164.62	39.83	8,231	50	
	10	25.33	1.53	183.90	31.16	3,678	20	
C	3	24.38	2.53	163.88	50.19	8,194	50	
	7	25.13	2.12	188.88	47.33	9,444	50	
	11	26.17	1.80	204.35	41.09	4,087	20	
D	4	25.22	2.11	188.52	43.18	9,426	50	
	8	24.66	2.12	168.68	41.84	8,434	50	
	12	26.10	1.70	209.15	44.48	4,183	20	

September 3, 1995

Table 2. Continued

September 30, 1995

Feed	Tank No.	Mean T.L.(cm)	± S.D.(cm)	Mean T.W.(g)	± S.D.(g)	Sum W.(g)	n
A	1	27.12	2.01	241.01	49.04	43,622	181
	5	27.14	2.29	231.39	61.04	43,270	187
	9	28.12	1.85	277.78	48.03	12,778	46
B	2	26.13	2.37	215.59	51.11	37,513	174
	6	26.43	2.63	223.06	64.52	39,704	178
	10	27.74	1.91	259.53	61.89	12,717	49
C	3	27.86	2.81	244.09	70.10	42,715	175
	7	27.55	2.78	256.54	76.06	41,303	161
	11	28.76	2.30	282.77	64.80	13,290	47
D	4	27.82	2.85	247.22	79.72	44,249	179
	8	27.33	2.86	237.62	72.10	41,108	173
	12	29.08	2.49	282.65	68.21	13,850	49

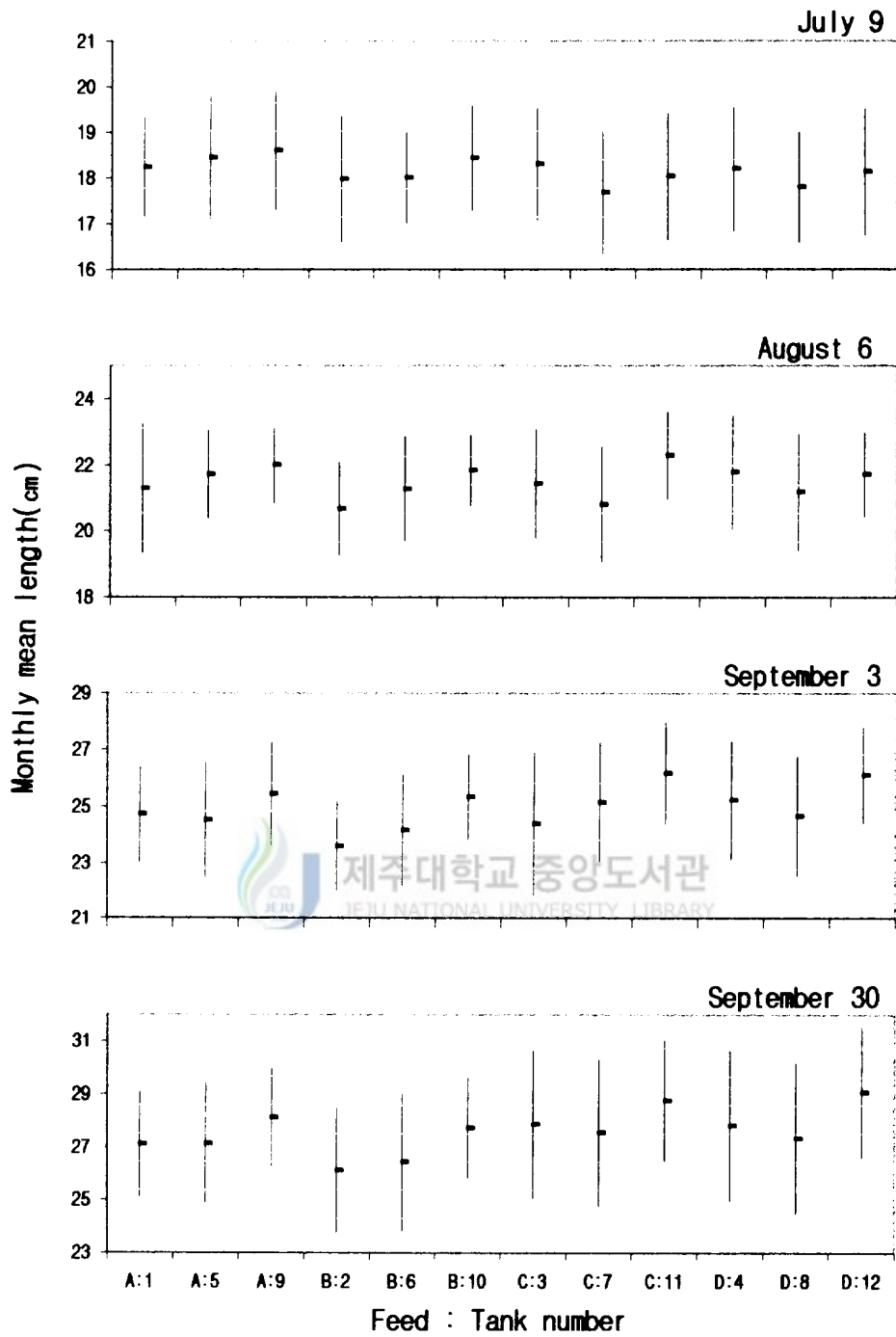


Fig. 3. Monthly mean value of fish length.

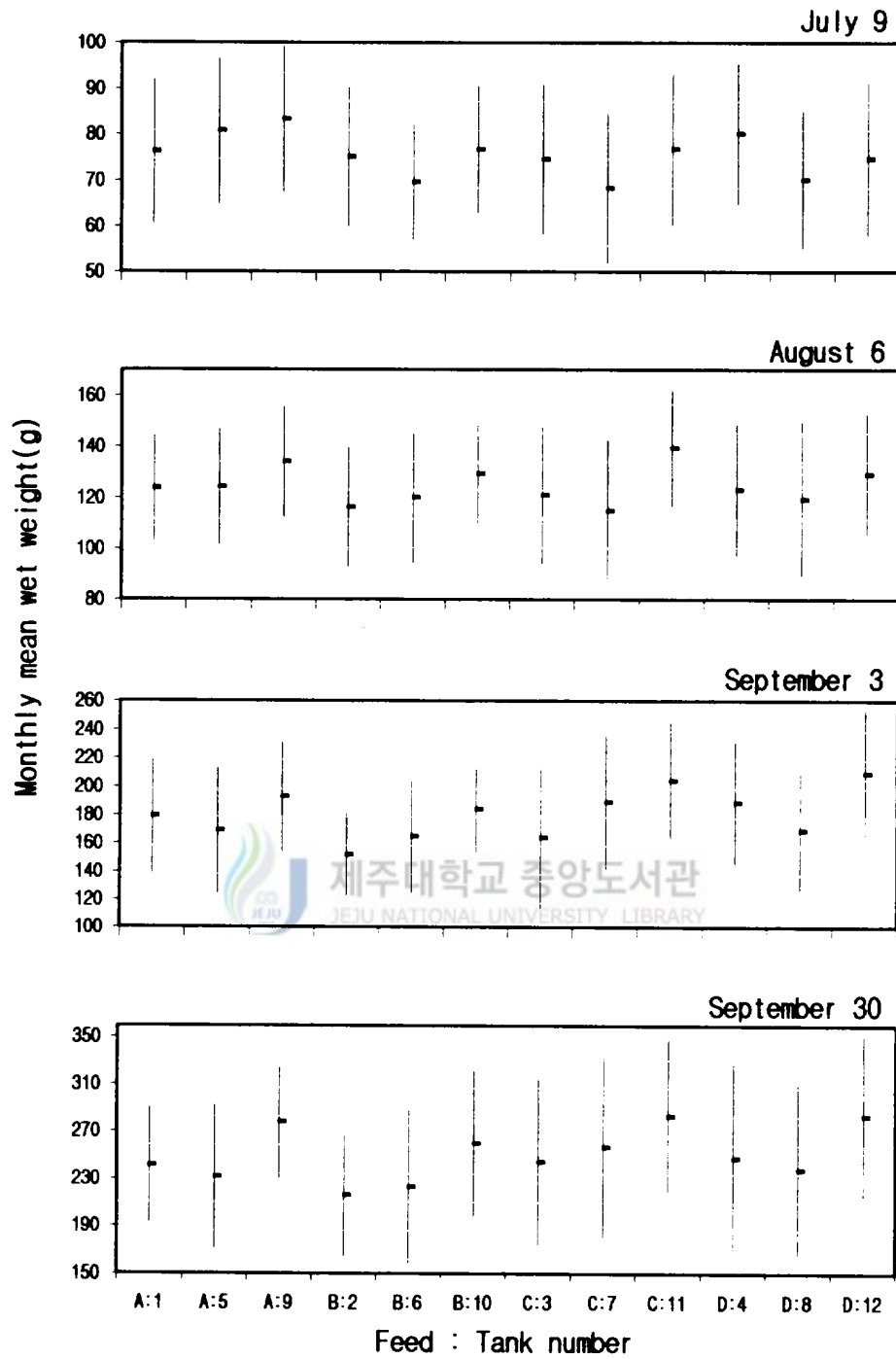


Fig. 4. Monthly mean value of fish wet weight.

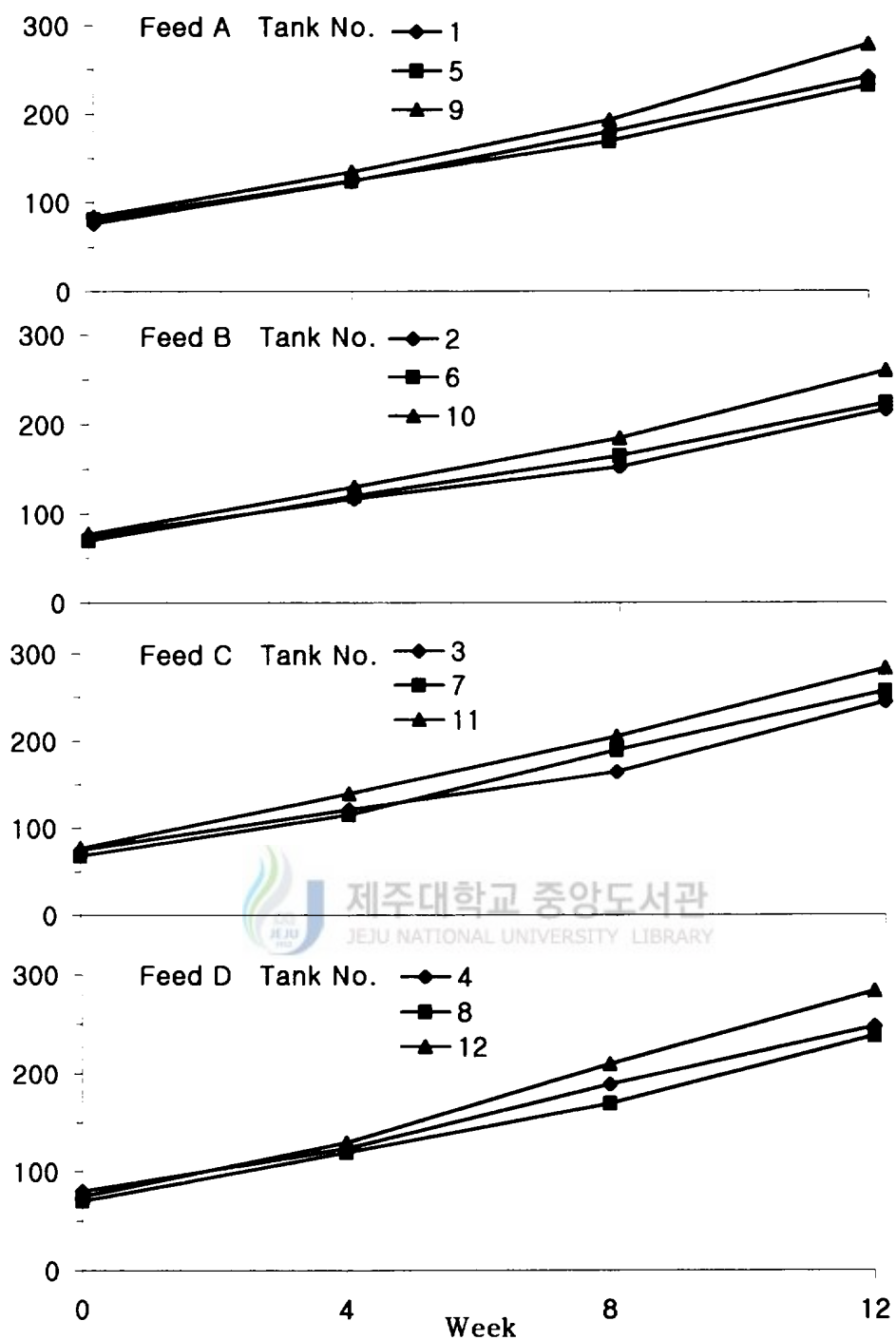


Fig. 5. Monthly mean wet weight increase plotted by 4 different feed type.

28.06 cm, 261.13 g, D사료28.08 cm, 255.83 g으로 C사료를 섭취한 넙치가 전장 10.06 cm, 체중 187.95 g 으로 가장 많은 성장을 하였으며, B사료를 섭취한 넙치는 전장 8.63 cm, 체중 158.74 g 으로 다른 사료를 섭취한 넙치들 보다 낮은 성장을 하였다.

4가지의 사료를 섭취한 실험어의 월간 평균 체중의 단순한 비교로는 그 값들 사이에서 주목할만한 차이점을 발견할 수 없었다. 그러나 이후에 기술되는 몇가지 통계학적인 방법을 이용하면 사육일수가 경과함에 따라 그 차이가 명확함을 알 수 있다.

Fig. 3에는 사료의 종류와 수조별로 각 측정 기간별 평균체중의 증가를 나타내었다.

수조별로는 모든 사료에서 대형수조보다는 소형수조에서의 성장이 좋았다. A 사료의 경우 실험 시작시 1번, 5번, 9번 수조에서 76.26 g, 80.75 g, 83.32 g 이던 넙치의 체중이 실험 종료시 241.01 g, 231.39 g, 277.78 g 으로 소형수조인 9번 수조에서의 성장이 가장 좋았으며, B사료는 2, 6, 10번 수조에서 75.11 g, 69.59 g, 76.68 g 이었던 것이 215.59 g, 223.06 g, 259.53 g으로 소형수조인 10번 수조에서의 성장이 가장 좋았다. C사료에서도 소형수조인 11번 수조에서의 성장이 대형수조인 3번, 4번 수조에서보다 38 g과 26 g 더 많은 성장을 하였고, D사료에서도 소형수조인 12번 수조에서의 성장이 대형수조인 7, 8번 수조에서보다 35 g과 45 g 더 많은 성장을 하였다.

3. 사료효율

실험기간 동안의 사육결과는 매 4주 마다 정리하여 Table 3과 Fig. 6에 나타내었고, 이를 전기간에 걸쳐 요약하여 Table 4와 Fig. 7에 나타내었다. 실험어의 생존율은 87.98~100.00%로 C사료를 공급한 실험구에서 평균 92.57%로 가장 낮았다(Table 4).

Table 3에서 사료계수는 7월 9일 부터 8월 5일 까지의 4주 동안 0.719~1.899

의 범위로, B사료를 공급한 실험구에서 평균 0.746으로 가장 우수하게 나타났으며, D사료를 공급한 실험구에서는 1.731로 가장 저조한 결과를 보였다. 8월 6일부터 9월 2일 까지의 결과에서는 0.800~2.653의 범위로, A사료를 공급한 실험구에서 0.982로 가장 좋았고, C사료를 공급한 실험구에서 2.180으로 가장 낮았다. 9월 3일부터 9월 30일 까지의 결과는 B사료를 공급한 실험구에서 1.149로 가장 좋은 결과를 보였고, C 사료를 공급한 실험구에서 2.884로 나타났다. 전 실험기간을 통하여 extruded pellet 실험구의 사료계수는 moist pellet 실험구의 사료계수보다 더 좋은 값을 보이고 있으며, 일간성장율의 경우 각 측정구간 동안 1.456~2.071, 0.836~1.702, 0.713~1.150의 범위로 extruded pellet 실험구와 moist pellet 실험구 사이에 특별한 차이를 인식할 수 없다. 일간 사료섭취율의 경우 사료의 물성에 따른 차이가 extruded pellet과 moist pellet 사이에서 큰 차이를 나타내고 있다. moist pellet 실험구의 경우 일간사료 섭취율이 일간성장율보다 매우 높은 값을 기록하고있으며, extruded pellet는 일간 증중율보다 약간 낮은 일간사료 섭취율을 보였다.

따라서 사료의 물성에 따른 차이를 조정하기위하여 수분을 0으로 보정하여 산정한 Table 3의 괄호안의 사료계수값과 이를 전기간 동안 종합하여 평균값으로도식화한 Fig. 5에서 moist pellet인 C사료의 사료계수값이 평균 3.07로써 가장 낮은 값을 보인 반면, extruded pellet인 B사료의 경우 4.233으로 A, C, D사료에 비해 사료계수값이 높게 나타났다. 또, extruded pellet인 A사료와 moist pellet인 D사료는 각각 3.973과 4.003으로 서로 비슷한 값을 보임으로써 사료의 효율에 큰 차이를 인식할 수 없다.

또 사육수조별로 보면 extruded pellet을 공급한 소형수조인 9, 10번 수조에서의 일간사료섭취율은 1.077, 1.060으로 대형수조의 0.955, 1.207와 1.007, 1.079와 비교하여 그 차이를 확인할 수 없으나, moist pellet를 공급한 소형수조인 11, 12번 수조에서의 일간사료섭취율은 2.784, 2.709로 대형수조의 2.309, 2.453과 2.201, 2.334보다 높게 나타났다.

Table 3. Feed coefficient, daily weight gain and daily feeding rate of the fishes. W. : average wet weight of the fish at the beginning and end of the feeding period, Sum W. : sum of the total wet weight of the fish at the beginning and end of the feeding period, W. gain : difference between Sum of final W. and Sum of Int. W., Total feed : amount of diet feed to fishes during feeding period, Feed Coeff. : ratio Total feed to W. gain, () : Feed coeff. obtained except moisture in the fish weight and feed

Feeding period : July 9 through August 5

Feed Tank No.	Initial			Final			W. gain(g)	Total feed(g)	Feed Coeff.	Daily	
	fish No.	W.(g)	Sum W.(g)	W.(g)	Sum W.(g)	weight gain(%)				feeding rate(%)	
A	1	198	76.26	15,099.5	123.76	24,504.48	9,405.00	7.176	0.763 (2.813)	1.696	1.294
	5	187	80.75	15,100.0	124.10	22,834.40	7,734.15	6.593	0.852 (3.111)	1.456	1.241
	9	50	83.32	4,166.0	133.95	6,697.50	2,531.50	2.044	0.807 (2.973)	1.664	1.344
B	2	197	75.11	14,796.7	116.26	22,903.22	8,106.55	5.911	0.729 (2.786)	1.536	1.120
	6	182	69.59	12,665.4	120.06	21,730.86	9,065.48	6.436	0.710 (2.725)	1.883	1.337
	10	50	76.68	3,834.0	129.40	6,470.00	2,636.00	2.109	0.800 (3.069)	1.827	1.462
C	3	195	74.56	14,539.2	120.88	23,208.96	8,669.76	14.065	1.622 (2.425)	1.641	2.661
	7	183	68.52	12,489.8	114.92	20,800.52	8,310.77	14.221	1.711 (2.558)	1.783	3.051
	11	47	76.74	3,606.8	139.40	6,551.80	2,945.02	5.266	1.788 (2.672)	2.071	3.703
D	4	188	80.15	15,068.2	123.10	22,896.60	7,828.40	14.199	1.814 (3.525)	1.473	2.671
	8	195	70.13	13,675.4	119.32	23,028.76	9,353.41	13.847	1.480 (2.897)	1.820	2.695
	12	49	74.68	3,659.3	129.15	6,328.35	2,669.03	5.069	1.899 (3.694)	1.909	3.625

* (W. gain × 100) / ((Int. W + Final W) × days fed / 2)

** (Total feed × 100) / ((Int. W + Final W) × days fed / 2)

Table 3. Continued

Feeding period : August 6 through September 2

Feed	Tank No.	Initial		Final		W. gain(g)	Total feed(g)	Feed Coeff.	Daily weight gain(%)	Daily feeding rate(%)	
		fish No.	W.(g)	Sum W.(g)	W.(g)						Sum W.(g)
A	1	198	123.76	24,504.5	179.06	3,595.76	10,591.00	8.477	0.800 (2.891)	1.269	1.016
	5	184	124.10	22,834.4	168.74	30,541.94	7,707.54	9.516	1.235 (4.377)	1.031	1.273
	9	50	133.95	6,697.5	192.65	9,632.94	2,935.00	2.672	0.910 (3.291)	1.284	1.169
	2	197	116.26	22,903.2	151.70	28,974.70	6,071.48	7.976	1.314 (4.921)	0.836	1.098
B	6	181	120.06	21,730.9	164.62	28,643.88	6,913.02	8.875	1.284 (4.840)	0.980	1.258
	10	50	129.40	6,470.0	183.90	9,195.00	2,725.00	2.407	0.883 (3.356)	1.243	1.098
	3	192	120.88	23,209.0	163.88	30,973.32	7,764.36	20.598	2.635 (3.970)	1.024	2.715
C	7	181	114.92	20,800.0	188.88	33,809.52	13,009.00	20.151	1.549 (2.315)	1.702	2.636
	11	47	139.40	6,551.8	204.35	9,604.45	3,052.65	7.190	2.355 (3.522)	1.350	3.179
D	4	186	123.10	22,896.6	188.52	34,876.20	11,979.60	19.803	1.653 (3.213)	1.481	2.448
	8	193	119.32	23,288.0	168.68	31,543.16	8,514.40	18.829	2.211 (4.294)	1.114	2.465
	12	49	129.15	6,328.4	209.15	10,248.35	3,920.00	7.585	1.935 (3.762)	1.689	3.268

Table 3. Continued

Feeding period : September 3 through September 30

Feed No.	Tank No.	Initial		Final		W. gain(g)	Total feed(g)	Feed Coeff.	Daily		
		Fish No.	W.(g)	Sum W.(g)	W.(g)				Sum W.(g)	weight gain(%)	feeding rate(%)
A	1	196	179.06	35,095.8	241.01	43,622.81	8,527.05	8.881	1.395 (3.575)	0.774	0.806
	5	181	168.74	30,541.9	231.39	41,881.59	11,339.65	8.469	1.003 (2.668)	1.118	0.835
	9	50	192.65	9,632.5	277.78	12,777.88	3,145.38	2.947	1.259 (3.312)	1.003	0.939
	2	191	151.70	28,974.7	215.59	37,512.66	8,537.96	8.234	1.297 (3.627)	0.917	0.885
	6	174	164.62	28,643.8	223.06	38,812.44	10,168.56	8.007	1.059 (2.979)	1.077	0.848
B	10	50	183.90	9,195.0	259.53	12,716.97	3,521.97	2.855	1.091 (3.073)	1.148	0.931
	3	189	163.88	30,973.3	244.09	42,715.75	11,742.43	20.869	2.376 (2.659)	1.138	2.023
	7	179	188.88	33,809.5	256.54	41,302.94	7,493.42	21.056	3.679 (4.211)	0.713	2.002
C	11	47	204.35	9,604.5	282.77	13,290.19	3,685.74	7.300	2.597 (2.963)	1.150	2.278
	4	185	188.52	34,876.2	247.20	44,248.80	9,372.60	20.824	2.911 (4.309)	0.846	1.880
D	8	187	168.68	31,543.2	237.62	41,108.26	9,565.10	21.029	2.876 (4.266)	0.940	2.068
	12	49	209.15	10,248.4	282.65	13,849.85	3,601.50	7.268	2.641 (3.918)	1.068	2.154

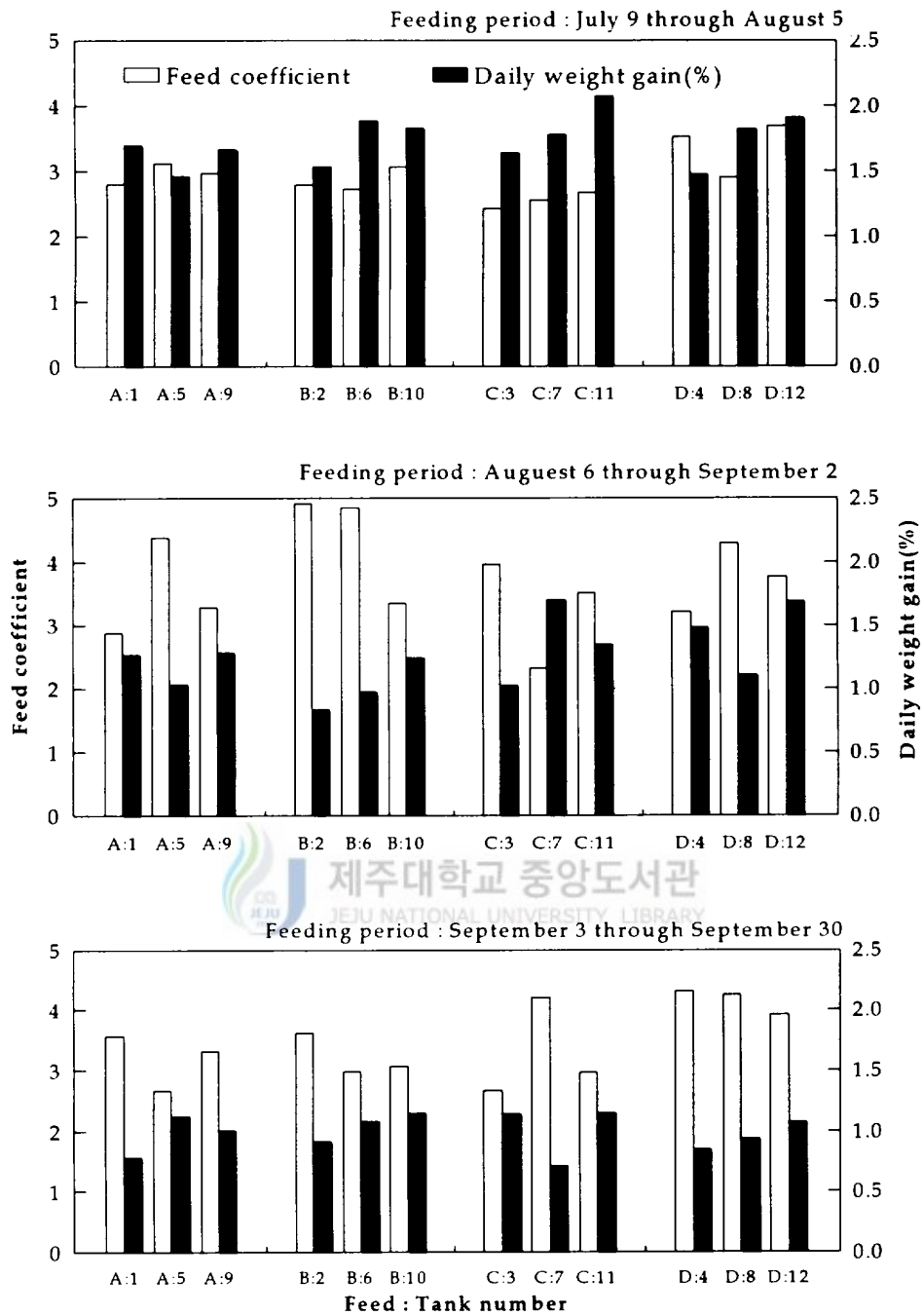


Fig 6. Plots of feed coefficient value and daily weight gain of 3 feeding period.

Table 4. Results of feeding experiment with olive flounder, *Paralichthys olivaceus*

Feeding period : July 9 through September 30

Feed	Tank No.	Initial		Final		Survival rate(%)	W. gain(g)	Total feed(g)	Feed Coeff.	Daily weight gain(%)	Daily feeding rate(%)
		fish No.	Sum W.(g)	fish No.	Sum W.(g)						
A	1	196	15,099	181	43,623	91.41	28,523	24,534	0.860 (3.95)	1.157	0.955
	5	181	15,100	181	41,882	96.79	26,781	24,578	0.918 (3.96)	1.119	1.207
	9	50	4,166	46	12,778	92.00	8,612	7,663	0.890 (4.01)	1.210	1.077
B	2	191	14,797	174	37,513	88.32	22,716	22,121	0.974 (4.59)	1.034	1.007
	6	174	12,665	174	38,812	95.60	26,147	23,318	0.892 (4.20)	1.209	1.079
	10	50	3,834	49	12,717	98.00	8,883	7,371	0.830 (3.91)	1.278	1.060
C	3	189	14,539	175	42,716	89.74	28,177	55,532	1.971 (3.13)	1.172	2.309
	7	179	12,490	161	41,303	87.98	28,813	55,428	1.924 (3.00)	1.275	2.453
	11	47	3,067	47	13,290	100.00	9,683	19,756	2.040 (3.08)	1.364	2.784
D	4	185	15,068	179	44,249	95.21	29,181	54,826	2.879 (3.79)	1.171	2.201
	8	187	13,675	173	41,108	88.72	27,433	53,705	1.958 (4.33)	1.192	2.334
	12	49	3,659	49	13,850	100.00	10,191	19,922	1.955 (3.89)	1.386	2.709

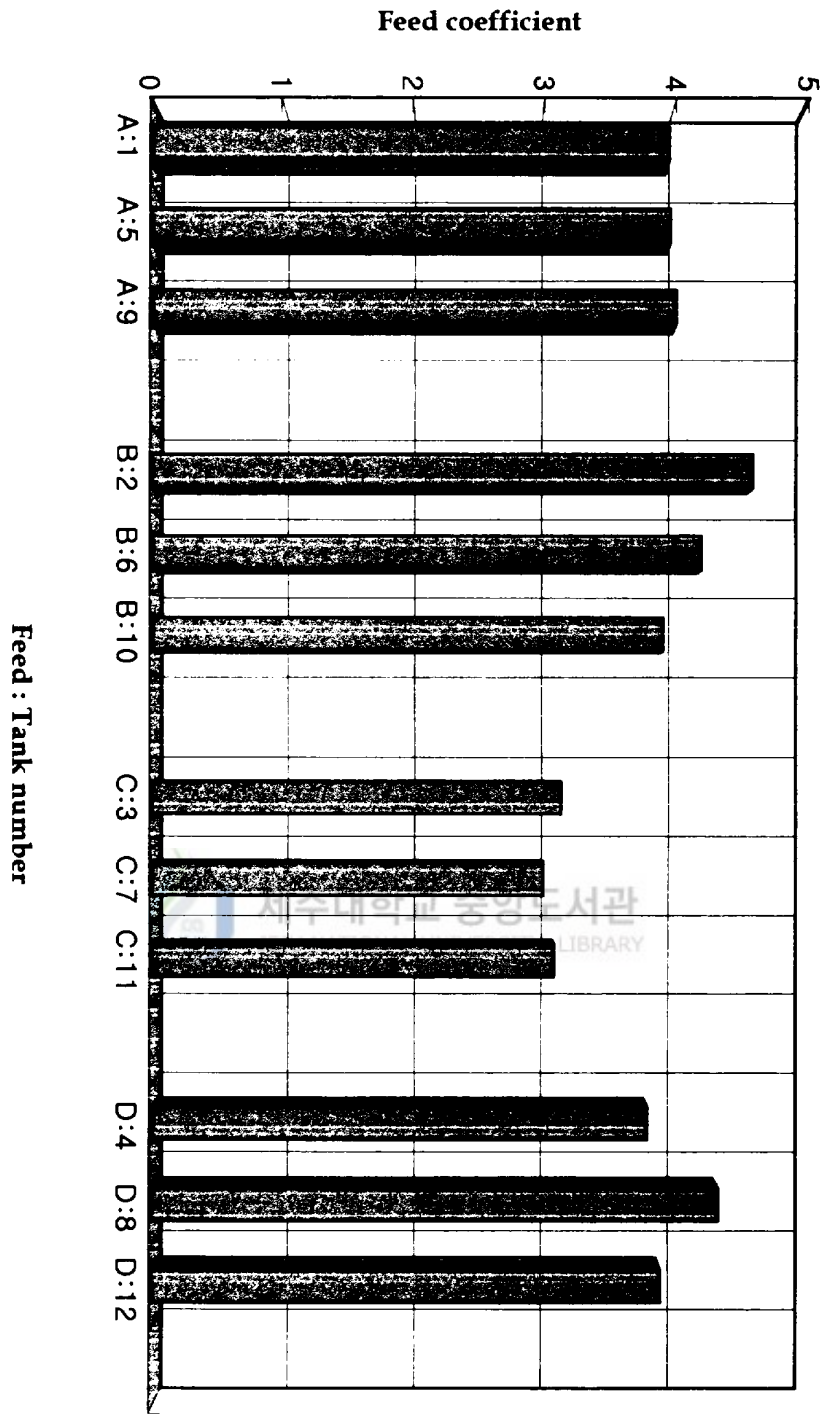


Fig. 7. Plots of feed coefficient.

4. 이체조성의 변화

Table 5에서는 실험 시작시와 실험 종료시 이체 성분조성의 변화를 나타내었다. 실험어의 체조성 변화는 실험어가 섭취한 사료의 종류에 따른 성분함량과 밀접한 관계가 있음을 보여준다. 즉, 실험시작시 조지방이 0.83%이었던 실험어에서 사료 A를 섭취한 실험어의 경우 실험종료시 조지방이 1.51%로 B사료를 섭취한 실험어의 0.80%에 비해 많은 지방축적을 하였다. 사료 C를 섭취한 실험어의 조단백질은 17.29%로 D사료를 섭취한 실험어의 15.53% 보다 1.76%가 높았으며, 조지방과 탄수화물 함량은 0.98%와 3.75%로 D사료를 섭취한 실험어의 0.77%와 5.80% 보다 조지방은 0.11% 높았고, 탄수화물의 체내 함량은 2.05% 낮았다.

5. 통계분석

Table 6와 Table 7은 4가지 서로다른 사료를 섭취한 실험어의 월간체중에 대해 분산분석을 실시하여 유의성을 검정한 결과이다. 실험시작인 7월 9일에 실험어의 체중은 B, C, D 사료를 섭취한 실험어 사이에는 유의차가 없으나 A 사료를 섭취한 실험어의 체중은 다른 사료를 섭취한 실험어에 비해 유의하게 높은 값을 보였다. 그러나 4주후에는 모든 실험구의 실험어의 체중에 유의차가 없었다. 실험 말기의 실험어는 A, C, D 사료간에는 유의차가 없으나, B 사료는 다른 3 가지 사료에 비해 체중이 유의하게 낮았다.

Table 5. Results of biochemical analysis conducted prior to the experiment and at the end of the study to examine the effects of different diets on biochemical composition of the muscle

(Unit : percent)

	Prior to study	The end of the study			
		A	B	C	D
Moist	76.54	75.79	76.29	76.55	76.51
Crude protein	17.40	17.11	17.38	17.29	15.53
Crude fat	0.83	1.51	0.80	0.98	0.77
Ash	1.45	1.29	1.29	1.43	1.29
Carbohydrate	3.78	4.30	4.24	3.75	5.80

Table. 6 Result of ANOVA test with nested option through GLM (general linear model) procedure. The effect of tank size on fish growth is considered using nested option in ANOVA and the test is performed by feeding period

July 9, 1995

Source	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F-value	Probe > F
Model	3	4,889.6	1,629.9	6.64	0.0002
Error	636	156,005.9	245.3		
Corrected total	639	160,895.6			

August 9, 1995

Source	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F-value	Probe > F
Model	3	2,434.5	811.5	1.24	0.2932
Error	396	258,163.5	651.9		
Corrected total	399	2,434.5			

Table 6. continued

Source	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F-value	Probe > F
Model	3	25,767.0	8,589.0	4.60	0.0035
Error	396	738,702.0	1,865.4		
Corrected total	399	764,469			

September 3, 1995

Source	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F-value	Probe > F
Model	3	177,572.6	59,190.9	13.50	0.0001
Error	1,404	6,155,223.5	4,384.1		
Corrected total	1,407	6,332,796.1			

September 30, 1995

Table 7. Tukey's multiple range test on the effect of 4 different feed type on wet weight of fishes

July 9, 1995

Feed	D	C	B
A	*	*	*
B	-	-	
C	-		

* Significantly different ($P < 0.05$)

September 3, 1995

Feed	D	C	B
A	-	-	*
B	*	*	
C	-		

* Significantly different ($P < 0.05$)



September 30, 1995

Feed	D	C	B
A	-	-	*
B	*	*	
C	-		

* Significantly different ($P < 0.05$)

IV. 고 찰

어류양식에서 가장 기본이 되는 조건은 영양과 수질환경, 그 밖에 해직과 질병으로 부터의 보호하는 일이다. 다른 조건이 충족되는 조건이라면 양식이류의 번식과 건강 및 빠른 성장은 사료에 의하여 좌우된다(이 등, 1996). 해수어류양식의 개발 초기에는 주로 자연에서의 먹이 습성을 고려하여 생사료가 이용되었지만, 현재와 같이 기업규모로 업체수가 급증하는 과정에서는 국내 전체의 사료 수요량도 크게 늘어나기 때문에 내수면 어류양식에서와 같이 우선 양과 질의 측면에서 충족될 수 있는 배합사료의 개발이 시급하다. 또한 날이 갈수록 부족해지는 현장, 인력의 질감과 함께 환경보존을 위한 양어장 배출수의 오염물질 부하량을 줄이기 위해서라도 생사료와 moist pellet에서 건조 배합사료로의 전환은 양식업계의 가장 시급한 당면 과제이다(이 등, 1995).

어류의 영양소 요구에 대하여는 비교적 많은 연구가 되어왔다(Cowey et al. 1970, 1971, 1972, 1975 ; Adron et al. 1976, 1978 ; Bromley 1980 ; Kikuchi et al. 1990, 1991). 사료의 물성에 관하여 Watanabe 등(1991, 1992)은 방어 양식에 있어서 자체 개발한 soft dry pellet이 생사료나 moist pellet을 대체할 수 있다고 보고하고 있다. 그러나 moist pellet을 이용할 경우 1톤의 방어를 생산할 때 340 kg의 사료가 허실되는 것으로 보고하고 있다.

이 등(1988)은 배합사료를 이용하여 평균체중 약 35g 되는 참돔 치어를 3개월 간 사육한 결과 수분 함량이 각각 9.7%, 7.8%, 8.5%인 건조사료의 일간성장율이 1.23%, 1.03%, 1.21%이고, 사료계수가 1.91, 2.28, 1.88였다. 또한 수분 함량 38.8%, 49.0%인 moist pellet의 일간성장율은 1.33%, 1.33%와 사료계수는 1.79, 1.84로써 전자와 유사한 결과를 보여 건조사료를 이용한 참돔의 사육이 가능하다고 하였다.

이와 전(1996)은 조피볼락 사료로써 건조사료의 이용 가능성을 검토하기 위하여 평균체중 4.7g 되는 조피볼락 치어를 단백질원이 북양이분 위주로 제조된 단백질 함량 56%인 건조사료와 moist pellet을 공급하여 11주간 사육한 실험결과 일간성장율이 2.842%와 2.859%, 사료효율도 77.7%와 81.1%로 유의차가 없는 것

으로 보고하고, 사료 성분중 지질 함량을 8~10% 이상으로 증가시켜 사료효율 및 단백질의 이용율이 개선될 수 있다고 하였다.

딱딱한 건조사료를 잘 섭취하는 타 어종과는 달리 넙치의 경우에 있어서는 평균전장 4.39~10.64 cm인 넙치 치어의 배합사료 포식량은 1마리당 0.04~0.46 g이고, 일간성장율은 0.69~1.13%였다. 그러나 소화시간은 48시간(원 등, 1988)으로 생사료를 섭취했을 때의 4~10시간(尾崎, 1971)보다 길었다.

강 등(1992)은 넙치 moist pellet용 생사료 대체원으로서 어류가공부산물을 이용하여 수분함량이 35.5~39.7% 되게 제조한 6종의 moist pellet으로 평균체중 13.4g인 넙치치어를 51일간 사육한 결과 일간성장율은 2.68~2.89% 였으며, 사료효율은 120.6~138.8%로 보고 하였다. 김 등(1993)은 moist pellet 제조시, 생사료를 분말사료로 대체하여 수분이 약 50% 정도인 moist pellet을 제조한 것과 생사료를 첨가한 moist pellet과의 성장에 유사한 결과를 보고함으로써 사료 제조시 원가 절감을 가능하게 할 수 있다고 보고하였다.

이 연구에서도 extruded pellet과 moist pellet의 일간성장율에는 큰 차이가 인식되지 않았고, 사료계수, 생존율등에서 extruded pellet인 A사료와 moist pellet인 D사료간에 비슷한 결과를 보임으로써 extruded pellet을 이용한 넙치 양식의 가능성을 확인할 수 있었다. 그러나 일간성장율에 있어서 강 등(1992)의 연구에서보다 낮은 것은 연구에 이용된 넙치의 크기가 서로 다르기 때문으로 생각된다.

일간 사료 섭취율의 경우 moist pellet이 extruded pellet보다 월등하게 높았음에도 불구하고 extruded pellet 실험구의 사료계수 및 일간성장율이 moist pellet 실험구와 비슷하거나 우수한 결과를 보이는 것은 사료에 함유된 단백질을 비롯한 각 영양소가 넙치의 요구량을 충족시킬 수 있었기 때문인 것으로 생각된다.

사료 성분중 단백질과 지질은 어류에게 중요한 에너지원(Cruz, 1975 ; Smith, 1976 ; Popma, 1982)이다. 어류의 아미노산 요구량을 충족시키고 최대성장을 이루는데 필요한 최소한의 단백질량을 의미하는 단백질 요구는 주로 대서양 연어(Lall and Bishop, 1977), 뱀장어(Nose and Arai, 1972), 넙치(Cowey et al., 1972), 자주복(Kanazawa et al., 1980), 무지개송어(Satia, 1974), 방어(Takeda et al., 1975) 등의 유어를 이용하여 측정되었다. 일반적으로 해수어 양식용 사료

제조시 조단백질 함량은 낮추고 조지방 함량을 높여 사료의 효율을 극대화 시키는 것이 일반적이다 (National Research Council, 1993). 조단백질 함량의 경우 보통 45~55% 정도로 넙치류의 경우 Cowey등(1972)은 대구(*Eleginus novaga*)의 근육을 단백질원으로 하여 plaice(*Pleuronectes platessa*)의 단백질 요구량을 연구한 결과 건조사료의 백분율로 나타내어 50%로 보고하였다. 그러나 이 값은 유어의 실험어(14 g)를 대상으로 실시한 연구로써 이번 연구에서 사용한 체중 약 70 g 이상의 치어를 대상으로 한 결과와 비교하기는 힘들다.

Table 8은 이 연구에서 사용한 Table 4에서의 4가지 사료를 건조량의 백분율로 나타낸 것이다. Extruded pellet의 경우 수분을 제외한 영양소 성분함량중 조단백질 함량이 43.16%와 43.65%로 실험종료시 extruded pellet인 A사료와 moist pellet인 C사료를 섭취한 실험어들간에 유의차가 없는 점(Table 7)으로 보아 넙치양식용 사료제조시 조단백질 함량을 43.16%로 하고 조지방 함량을 21.26%로 하여 성장이 가능하였으며, 사료원가의 절감 효과도 거둘 수 있었다.

Table 8. The composition of experimental diets expressed as a percentage of dry pellet

(Unit : percent)

	Extruded pellet		Moist pellet	
	A	B	C	D
Crude protein	43.16	43.65	53.79	40.86
Crude fat	21.26	17.44	17.61	7.80
Ash	9.87	11.27	12.60	10.33
Carbohydrate	25.71	27.63	16.00	41.01

Table 8과 Table 4의 이체성분을 비교해보면 4가지 사료를 각각 섭취한 실험어의 체조성 변화가 섭취한 사료에 따라 밀접한 관계가 있다. 단백질함량이 53.79%로 가장 많은 C사료를 섭취한 실험어의 경우 성장이 가장 빨랐을 뿐 아니라 체조성중 단백질 함량도 76.55%로 가장 높았다. 지방함량이 가장 많은 A사료를 섭취한 실험어는 체조성의 지방 함량이 1.51%로 가장 높았다. 또, 지방함

량이 7.80%로 가장 낮고, 탄수화물이 41.01%로 매우 높은 D 사료를 섭취한 실험어는 어체 성분중 지방함량이 0.77%로 가장 낮고, 탄수화물 함량은 5.80%로 가장 높았다.

결과적으로 실험시작시 실험어의 체중이 유의하게 높았던 A사료는 실험 초기에 저조한 성장을 보였을 뿐, 이후 실험 종료시까지 C, D 사료와 유의차가 나타나지 않은 것은 실험사료의 조성에서 단백질 함량을 줄이는 대신 지방함량을 보충하여 에너지원으로 이용되므로써 단백질이 체중증가에 충분히 이용될 수 있었던 것으로 생각된다. 그러나 실험 시작시 C, D 사료와 유의차가 없었던 B 사료는 사육일수가 경과함에 따라 나머지 사료들보다 체중에서 유의적으로 낮았던 것은 사료의 조단백질량은 A 사료와 유사하지만, 조지방 함량이 적고, 넙치가 이용하기 어려운 탄수화물의 양을 증가시킨 결과로 생각된다.

한편 넙치의 적정 성장 수온인 20-24℃ (Hiromu and Takeichiro, 1992) 이상의 고수온기에도 네가지 사료 모두에서 특별한 질병증세는 발견되지 않은 것은 적정량의 사료 공급으로 수질을 악화시키지 않았으며 사료의 보관 및 사육관리가 적절하였던 것으로 생각된다.

Hiromu and Takeichiro (1992)는 최적 성장을 위한 넙치의 사육밀도는 15 kg/m²으로 보고하고 있다. 이 연구에서는 실험종료시 소형수조에서 넙치의 밀도는 8.0~8.7 kg/m²이고, 대형수조에서는 5.9~7.0 kg/m²로써 앞에서의 적정밀도 수준에 이르지 못하였다. 소형수조에서 넙치의 성장이 대형수조에서보다 우수한 결과를 보인 것은 사육밀도가 소형수조에서 다소 높았던 것이 사료 섭취를 위한 실험어 간의 섭식 경쟁으로 대형수조에서보다 더 많은 사료를 섭취한 것으로 판단된다. 따라서 extruded pellet의 효율적인 이용을 위해서는 넙치의 밀도를 이 연구에서 보다 더 높여서 사육하는 것이 바람직하다고 여겨진다.

또한 고품사료에 대한 넙치의 섭식 기피현상은 종묘생산 과정에서 건조 배합 사료에 의하여 길러진 것들을 그대로 extruded pellet에 적용시키는 것이 순조로워 사육에 어려움이 없었다.

이상의 결과들로 미루어볼 때 extruded pellet에 의한 양성의 가능성이 확신했고, 넙치 양식용 건조사료의 개발시 어류의 최대 성장을 위한 사료만을 개발하는 것보다는, 사료 원가를 절감시킬수 있고 적정 성장을 이룰 수 있는 사료를

개발하여, 넙치 양식에 이용하는 것이 것이 효과적인 것으로 생각된다.



V. 요약

넙치 사료로서 2종의 extruded pellet(A, B)과 2종의 moist pellet(C, D)을 공급하여, 성장효과를 비교 분석하였다. 실험어는 평균전장 $14.22 \pm 1.0\text{cm}$, 평균체중 $31.090 \pm 8.51\text{g}$ 되는 넙치 치어 2,000마를 6주간 실험사료 A로 순치사육한후, 8개의 대형수조와 4개의 소형수조에 수용하여 12주간 동안 사육하였다.

12주 후의 넙치의 체중의 성장은 C사료를 섭식한 실험어가 평균 187.86g, D사료 180.84g, A사료 169.95g, B사료 158.94g의 순이었으나, B사료를 제외한 3가지 사료를 섭식한 넙치의 체중사이에는 유의적인 차이가 없었다. ($P < 0.05$).

일간성장율은 C 실험구에서 평균 1.270으로 가장 우수하였으며, D 1.250, B 1.174, A 1.162의 순이었다.

사료계수는 extruded pellet이 moist pellet보다 좋았으나 건중량의 백분율로 환산한 결과 C사료가 3.070로 가장 우수하였으며, A사료 3.973, D사료 4.003, B사료 4.233의 순이었다.

생존율은 D, B, A, C의 순으로 각각 94.64%, 93.97%, 93.40%, 92.57%였다

이상의 결과로 보아 사료가격이 안정되어있고, 사료 공급이 간편하며, 보관이 용이한 extruded pellet의 넙치 양성용 사료로서의 이용은 적합하다고 생각된다.

VI. 참고문헌

- Adron, J.W., A. Blair, C. B. Cowey, and A. M. Shanks. 1976. Effects of dietary energy level and dietary energy source on growth, feed conversion and body composition of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture* 7 : 125~132.
- Adron, J. W., D. Knox, C. B. Cowey and G. T. Ball. 1978. Studies on the nutrition of marine fish. The pyridoxine requirement of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Br. Jour. Nutr.* 40 : 261~268.
- Bromley, P. J. 1980. Effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture* 19 : 359~369.
- 변순규 · 고창순 · 문영봉, 1995. 황점볼락, *Sebastes oblongus*의 난발생 과정과 부화자어의 형태. 국립수산진흥원 연구보고, 50 : 31~40.
- 장영진 · 이영춘 · 이복규, 1996. 어린 송어(*Mugil cephalus*)의 염분농도별 성장과 생존율 비교. *한국양식학회지* 9(4) : 311~320.
- 최철영 · 장영진 · 竹村明洋 · 高野和則, 1996. 농어목 어류, *Caesio diagramma* 암컷의 생식주기. *한국양식학회지* 9(1) : 73~81.
- Cowey, C. B., J. Adron and A. Blair. 1970. Studies on the nutrition of marine flatfish. The essential amino acid requirements of plaice and sole. *Jour. Mar. Biol. Assoc. (U.K.)* 50 : 87~95.
- Cowey, C. B., J. A. Pope, J. W. Adron and A. Blair. 1971. Studies on the nutrition of marine plaice *Pleuronectes platessa* on diets containing proteins derived from plants and other sources. *Int. Jour. Life Oceans. Codastal Waters* 10 : 145~153.
- Cowey, C. B., J. A. Pope, J. W. Adron and A. Blair. 1972. Studies on the nutrition of marine flatfish. The protein requirement of plaice (*Pleuronectes platessa*). *Br. Jour. Nutr.* 28 : 447~456.

- Cowey, C. B., J. W. Adron, D. Knox and g. T. Ball. 1975. Studies on the nutrition of marine flatfish. The thiamin requirement of turbot (*Scophthalmus maximus*). Br. Jour. Nutr. 34 : 383~390.
- Cruz, E. M. 1975. Determination of nutrient digestibility in various classes of natural and purified feed materials for channel catfish. Ph. D. dissertation. Auburn University, Auburn, Alabama.
- Gatesoupe, F. J., C. Leger, R. Metailler, and P. Luquet. 1977. Alimentation lipidique du turbot (*Scophthalmus maximus* L.). 1. Influence de la longueur de chaine des acides gras de la serie ω 3. Annu. Hydrobiol. 8 : 89~97.
- Halver, J. E., L.S. Bates, and E. T. Mertz. 1964. Protein requirements of sockeye salmon and rainbow trout. FASEB 23:1778(abstr.).
- Hiromu I. and K. Takeichiro. 1992, Modern Methods of Aquaculture in Japan, flatfish (*Paralichthys olivaceus*), pp. 144~149.
- 황성일, 1993. 붉바리, *Epinephelus akaara*(TEMMINCK et SCHLEGEL)의 생식 소발달과 17α -Methyltestosterone 처리에 의한 응성화. 제주대학교 대학원 석사학위논문.
- 현충훈 · 노 섬, 1996. 조피볼락, *Sebastes schlegeli*의 초기성장에 관한 연구. 한국양식학회지 9(1) : 25~42.
- 장선일 · 강희웅 · 한형균, 1996. 황복의 난발생과 차치어 발달. 한국양식학회지 9(1) : 11~18.
- Kanazawa, A., S. Teshima, M. Sakamoto, and A. Shinomiya. 1980. Nutritional requirements of the puffer fish : Purified test diet and the optimum protein level. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 46 : 1357~1361.
- 강용진 · 이종윤 · 이상민 · 허성범, 1992. 넙치 Moist Pellet용 생사료 대체원으로 소 어류가공부산물들의 효과. 한국양식학회지 5(2) : 127~142.
- Kikuchi, K., S. Takeda, H. Honda and M. Kiyono. 1990. Oxygen consumption and nitrogenous excretion of starved Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Nippon Suisan Gakkaishi. 56 : 1891.

- Kikuchi, K., S. Takeda, H. Honda and M. Kiyono. 1991. Effect of feeding on nitrogen excretion of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 57 : 2059 ~ 2064.
- 김규일 · 박학문 · 현영선 · 양창진, 1993. 시판 넙치사료의 평가와 모이스트펠릿사료중 냉동어류를 분말배합사료로 대체. *한국양식학회지* 6(3) : 213~219.
- 고환봉 · 노 섭, 1996. 자주복, *Takifugu rubripes*의 난 및 자치어의 저염분내성. *한국양식학회지* 9(1) : 43~55.
- Lall, S. P., and F. J. Bishop. 1977. Studies on mineral and protein utilization by Atlantic salmon (*Salmo salar*) grown in sea water. Technical Report No. 688. Ottawa : Fisheries and Marine Service, Environment Canada.
- 이종윤 · 강용진 · 이상민 · 김인배, 1993. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 단백질 요구량. *한국양식학회지* 6(1) : 13~27.
- 이상민 · 김성희 · 전임기 · 김선명 · 장영진, 1996. 배합사료 급여 횟수가 조피볼락의 성장, 사료효율 및 체성분에 미치는 영향. *한국양식학회지* 9(4) : 385~394.
- 이상민 · 전임기, 1996. 조피볼락 습사료에 대한 건조사료의 사육효과. *한국양식학회지* 9(3) : 247~254.
- 이종윤 · 이상민 · 전임기, 1995. 조피볼락의 배합사료 개발을 위한 대조사료 효과 ; 생사료 및 moist pellet과의 비교. *한국양식학회지* 8(4) : 261~269.
- 이종윤 · 강용진 · 정승희, 1988. 배합사료를 이용한 참돔 사육효과. *수산진흥원연구보고* 42 : 49~58.
- National Research Council. 1993. Nutrient Requirements of Fish. Washington, D. C, National Academy Press. 114 pp.
- Nose, T., and S. Arai. 1972. Optimum level of protein in purified test diet for eel (*Anguilla japonica*). *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab. Tokyo* 22 : 145~155.
- Popma, T. J. 1982. Digestibility of selected feedstuffs and naturally occurring

- algae by tilapia. Ph. D. dissertation. Auburn University, Auburn, Alabama.
- 노 섭 · 정윤석, 1993. 자주복, *Takifugu rubripes*(Temminck et Schlegel)의 종묘생산에 관한 연구. 한국양식학회지 6(4) : 295~310.
- Satia, B. P. 1974. Quantitative protein requirements of rainbow trout. Prog. Fish-Cult. 36 : 80 ~85.
- Smith, R. R. 1976. Metabolizable energy of feedstuffs for trout. Feedstuffs 48 : 16~21.
- Takeda, M., S. Shimeno, H. Hosokawa, H. Kajiyama, and T. Kaisyo. 1975. The effect of dietary calorie-to-protein ratio on the growth, feed conversion and body composition of young yellowtail. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 41 : 443~447.
- Watanabe, T., H. Sakamoto, M. Abiru and J. Yamashita. 1991. Development of a new type of dry pellet for yellowtail. Nippon Suisan gakkaiishi 57 : 891~897.
- Watanabe, T., V. Viyakarn, H. Kinura, K. Ogawa, N. Okamoto and N. Iso. 1992. Utilization of soybean meal as a protein source in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. Nippon Suisan gakkaiishi 58 : 176~1773.
- 원문성 · 장영진 · 유성규, 1988. 넙치, *Paralichthys olivaceus* 자어 및 치어의 섭식과 소화. 한국양식학회지 1(1) : 1~11
- Yone, Y. 1976. Nutritional studies of red sea bream. Pp. 39~64 in Proceedings of the First International Conference on Aquaculture Nutrition, K. S. Price, W. N. Shaw, and K. S. Danberg, des. Lewes/ Rehoboth : University of Delaware.
- 유성규 · 장영진 · 강경호, 1991. 참돔, *Pagrus major*의 난발생속도에 미치는 수온의 영향. 한국양식학회지 4(1) : 13~18.

감사의 글

부족함이 많은 저를 늘 일깨워 주시고, 학문의 길로 들어설 수 있도록 아낌없는 채찍과 지도를 하여 주신 노 섬 선생님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 바쁘신 중에도 논문을 세심하게 교정해 주신 정상철 선생님과 항상 무한한 격려를 주신 이영돈 선생님께 감사드립니다. 또한 항상 관심을 가지고 지도 편달을 아끼시지 않고 지켜봐 주신 이정재 선생님, 이기완 선생님, 송춘복 선생님과 논문의 초고를 위해 지도를 해주신 최광식 선생님께 감사드립니다.

그리고 언제나 곁에서 조용한 미소로 큰 힘이 되어 주신 노홍길 선생님께 감사드립니다.

이 논문을 위한 연구 수행을 도와주신 박무억 선배님과 친구 박용수 에게도 감사드립니다. 또, 논문의 자료 정리를 위해 많은 도움을 준 해양환경공학과 임진숙 조교 선생님과 수산생물학과 대학원생 김필연에게도 고마움을 전합니다.

이 연구가 차질 없이 진행될 수 있도록 힘써준 어류양식연구실의 현충훈 선배님, 이정훈, 김명필, 이병주, 이종택, 오판근, 김성훈, 김신권, 황순용, 김완진, 김정희의 후배들에게도 고마움을 표하며, 제주대학교 해양연구소 선생님들과 한라수산 서종표 형께도 감사드립니다.

끝으로 한없는 사랑과 보살핌으로, 학업에 임할 수 있도록 해주신 부모님께 이제 겨우 시작에 불과한 이 작은 결실을 바칩니다.

1996. 12. 김원평