ournal of Aquaculture 10 (2) : 163~169 (1997)

부상, 반부상, 침강 및 습사료가 조피볼락의 성장 및 어체 조성에 미치는 영향

이상민 · 전임기* · 김광석**

순천향대학교 자원과학부 · *국립수산진흥원 증식부

**고려특수사료(주)

Effects of Extruded-floating, Slow-sinking, Fast-sinking or Moist Pellet Diets on the Growth and Body Composition in Korean Rockfish (*Sebastes schlegeli*)

Sang-Min Lee, Im-Gi Jeon* and Kwang-Sek Kim**

Dept. of Biological Resources, Soonchunhyang University, Asan 336-600, Korea

**Aquaculture Dept., National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-900, Korea*

***Koryo Special Feed Mill Co., Ltd., Inchon 405-310, Korea*

An experiment was conducted to determine the effects of feeding extruded-floating (EP), slow-sinking (SP), fast-sinking (FP) or moist (MP) pellet prepared with two different levels of fish meal, respectively, on the growth, feed efficiency and body composition in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). Triplicate groups of the 50 fish averaging 75 g were fed each of the following diets : high fish meal (72% in diet)-EP, high fish meal-SP, high fish meal-FP and high fish meal-MP, and low fish meal (51% in diet)-EP, low fish meal-SP, low fish meal-FP and low fish meal-MP for 15 weeks. Dietary fish meal levels or pellet types did not influence weight gain, feed efficiency and body composition of the fish ($P>0.05$). Findings showed that each of EP, SP or FP can be used as a practical type of diet for Korean rockfish.

Key words : Rockfish, Practical diet, Pellet type, Extruded-floating pellet, Slow-sinking pellet, Fast-sinking pellet, Moist pellet

서 론

우리 나라의 해산어 양식에 있어 사료는 1980년대 중반까지 해상 가두리에서 가장 많이 양식되었던 방어에서부터 생사료가 주로 사용되었고, 그 이후 가두리, 육상 수조 또는 축제식으로 양식되어 온 넙치도 생사료로 사육되어 왔으나, 최근 생사료의 공급 부족으로 배합사료의 사용이 증가되고 있다. 또한 현재 우리 나라의 해산어 양식종으로 넙치와 함께 그 생산량이 계속 증가되고 있는 조피볼락에 대해서도 생사료가 주로 사용되어왔다. 그래서 이 등(1993a, b, c : 1994), Lee et al. (1994) 및 배와 이(1996)는 조피볼락의 배합사료를 개발하기 위해 영양소 요구량을 구명하였고, 이어서 이 등(1995b)은 양어가들이 주로 사용하는 생사료와 배합사료를 비교하여 배합사료도 생사료와 동등한 성장효과가 있다고 보고하였다. 이를 토대로 조피볼락 사료의 경제적인 배합비를 제공하기 위해 각종 단백질원에 대한 이용성 및 혼합첨가효과를 조사(이 등,

1996a, b, c, d ; 이와 전, 1996a ; 이와 류 1996 ; 이와 이, 1996)하였다.

사료의 물성이나 가공 형태는 제조 공정, 사료 단가, 유통, 수질 오염 등에 영향을 미치는 중요한 요인으로 어종마다 선호하는 사료의 형태나 물성이 다를 수 있으므로 양식 대상종에 대해서 가장 적합한 형태의 사료를 개발하는 연구가 필요하다. 그래서 이와 전(1996b)은 조피볼락용으로 사료제조 과정에서 별도의 가공공정을 거치지 않은 단순한 dry pellet (DP) 형태의 배합사료도 습사료 및 생사료에 비해 성장효과가 뒤지지 않음을 확인하였으며, 이 등(1996e)은 DP 형태의 배합사료로 적정 급여횟수를 조사하여 효율적인 사료 급여방법을 제시한 바 있다. 또한 최근에 일본에는 지방함량이 높은 soft dry pellet을 개발하여(Watanabe et al., 1992 ; Viyakarn et al., 1992) 사용하기 시작하였다.

현재 우리 나라에서 조피볼락은 해상 가두리와 육상수조에서 주로 양식되기 때문에 가두리 양식장이나 육상수조에 적합한 사료형태를 개발하는 것이 양식 현장에서는 매우 중요하다. 그래서 본 실험은 이미 연구된 결과들을 토대로 단백질원이 다른 비율로 첨가된 사료에 가공방법을 달리하여 침강 속도를 조절한 사료와 사료의 수분함량을 조절한 사료를 급여하여 조피볼락의 성장효과를 비교하였다.

재료 및 방법

조피볼락용 사료의 물성과 단백질원의 배합비에 따른 성장차이를 조사하기 위하여, 이와 이(1996)의 결과에 따라 실험사료의 단백질원을 북양어분과 갈색어분 위주로 제조하였고, 경제적인 측면을 고려하여 어분의 배합 비율을 낮추는 대신, 대두박, 콘글루텐 밀, 육분 및 우모분의 비율을 늘려 배합하였다(Table 1). 두 사료 모두 단백질 함량 51%, 지질 함량 10% 전후가 되도록 조정하여 각각 EP (extruded-floating pellet, 부상사료), SP (slow-sinking pellet, 반 부상사료), FP (fast-sinking pellet, 침강사료)와 MP (moist pellet, 습사료) 형태의 배합사료를 제조하였다. EP와 SP는 고려특수사료(주)에서 Table 2와 같은 조건으로 Wenger Extruder X-185 (250 HP)를 사용하여 제조되었다. EP 제조시에는 사료 원료가 extruder를 통과한 후에 어유를 coating하였으며, SP 제조는 사료 원료가 extruder를 통과할 때 혼합될 어유 절반을 cylinder에 주입하고 나머지 절반은 extruder 통과 후에 coating하였다. 같은 배합비로 원료를 혼합한 후 FP는 dry pellet 제조기로, MP는 혼합한 원료 1 kg에 400 g의 물을 첨가하여 moist pellet 제조기로 압출 성형하였다. 이와 같이 제조한 실험사료들을 냉동 보관(−30℃)하면서 사용하였다.

조피볼락을 예비 사육하다가 건강한 치어(평균체중 75 g)를 선별하여 임의 배치된 각 실험수조(250 ℓ/FRP 수조)에 50마리씩 수용하여 2 (diet)×4 (diet type)×3 (replication) factorial design으로 15주간 사육 실험하였다. 사료는 1일 2회(09 : 30, 16 : 00) 급여하다가 실험어가 성장함에 따라 실험 개시 5주 이후부터는 1일 1회(09 : 30)로 조정하여 급여할 때마다 만복에 가깝도록 손으로 던져주었다. 고압모래여과장치로 여과된 자연해수를 각 실험수조마다 10 ℓ/min씩 유수시켰고, 사육기간 중의 수온은 11.0~16.5℃ (평균 13.6℃)로 조피볼락의 적정 성장범위(이 등, 1993d, 1995a,b)였다. 실험 시작시와 종료시에 각 실험수조에 수용된 실험어를 MS_{222} 100 ppm에 마취시켜 전체무게를 측정하였고, 실험 종료시에는 각 실험수조마다 15마리씩 sample하여 냉동보관(−75℃)하였다가 근육과 간을 분리하여 성분 분석하였다.

실험사료와 분석용으로 냉동 보관하던 어체의 간 및 근육을 분리하여 성분분석을 실시하였다. 일반성분은 AOAC (1990)의 방법에 따라 조단백질(N×6.25)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt, W-Germany)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 Automatic analyzer

Table 1. Composition (%) of the experimental diets

Ingredients	Low fish meal diet	High fish meal diet
White fish meal	25.5	36.0
Brown fish meal	25.5	36.0
Soybean meal	6.0	–
Corn gluten meal	3.0	–
Meat meal	10.0	–
Feather meal	4.0	–
Wheat flour	8.68	10.18
α-starch	5.0	5.0
Fish oil[1]	6.0	6.5
Brewer's dried yeast	2.0	2.0
Vitamin mix.[1]	3.0	3.0
Mineral mix.[1]	1.0	1.0
Binder (collagen)	0.2	0.2
Mold inhibitor (DMX−7)[1]	0.1	0.1
Antioxidant[2]	0.02	0.02

	Proximate analysis							
	L-EP[3]	L-SP[4]	L-FP[5]	L-MP[6]	H-EP[7]	H-SP[8]	H-FP[9]	H-MP[10]
	(%, Dry matter basis)							
Crude protein	52.1	52.4	50.4	53.6	52.0	51.5	51.6	53.8
Crude lipid	8.9	8.1	11.3	10.2	8.9	9.5	11.1	11.0
Crude ash	13.6	13.6	13.9	14.4	15.9	16.2	16.6	16.4
Crude fiber	1.3	1.3	1.6	1.6	0.9	0.8	1.8	1.3
	(%, As-fed basis)							
Moisture	8.8	3.4	12.5	38.4	8.2	2.8	10.6	38.4
Crude protein	47.5	50.6	44.1	33.0	47.7	50.1	46.1	33.2
Crude lipid	8.1	7.9	9.9	6.3	8.2	9.2	10.0	6.8
Crude ash	12.4	13.1	12.2	8.9	14.6	15.8	14.8	10.1
Crude fiber	1.1	1.2	1.4	1.0	0.8	0.8	1.6	0.8

[1]Provided by Koryo Special Feed Mill Co., Ltd., Inchon, Korea.
[2]Oxigard (Optivite, England), contained (g/kg) : BHT, 100 ; BHA, 10 ; ethoxyquin, 10 ; citric acid, 40.
[3]Low fish meal, extruded-floating pellet. [4]Low fish meal, slow-sinking pellet.
[5]Low fish meal, fast-sinking pellet. [6]Low fish meal, moist pellet.
[7]High fish meal, extruded-floating pellet. [8]High fish meal, slow-sinking pellet.
[9]High fish meal, fast-sinking pellet. [10]High fish meal, moist pellet.

Table 2. Extrusion conditions for preparation of floating and slow-sinking pellets containing different levels of fish meal

Process condition	High fish meal diet	Low fish meal diet
Feeder RPM	33	34
Cylinder		
Water (kg/m)	6.5	13.6
Steam (kg/h)	387	386
Barrel		
Water (kg/m)	0.8	0.7
Steam (kg/h)	950	960
Dryer and cooler (℃)		
Top bed	103	103
Bottom bed	100	100

(Soxtec, Tecator, Sweden)를 사용하여 ether로 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 4시간 동안 건조 후 항량 값을 구해 측정하였다. 또한, 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator, Sweden)를 이용하여 분석하였고, 조회분은 550℃의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량하였다.

결과의 통계 처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Ducan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 SPSS (SPSS Inc., 1993) program을 사용하여 검정하였다.

결과 및 고찰

조성이 다른 2종류의 실험사료에 각각 제조과정이 다른 4종의 pellet을 평균체중 75 g의 조피볼락 치어에게 15주간 급여한 결과, 사료의 단백원 배합비와 pellet 제조과정이 최종평균체중, 증체율, 사료효율, 사료섭취율, 단백질효율, 간중량비 및 내장중량비에 전혀 영향을 미치지 않는($P>0.05$) 것으로 나타났다(Table 3).

실험 종료시의 실험구별, 어체 부위별 일반성분 분석결과를 Table 4에 나타내었다. 사료별, 사료형태별로 모두 간과 근육의 단백질 및 회분 함량은 실험구간별로 유의적인 차이가 없었고, 근육의 수분과 지질 함량도 실험구간에 차이가 없었다($P>0.05$). 간의 수분과 지질 함량은 실험구간에 다소 차이를 보였는데, L-EP 구와 H-EP 및 H-SP 구의 지질 함량이 L-MP구와 H-FP 및 H-MP 구보다 유의하게 높은 값($P<0.05$)을 보였으며, 수분함량의 변화는 지질함량 변화와 반대적인 경향이였다.

현재 우리 나라에서 조피볼락은 해상 가두리에서 주로 양식되고 있으며, 부분적으로 육상 수조에서 양식되고 있는 실정이다. 따라서 해상 가두리 양식장이나 육상수조에 적합한 형태의 사료를 개발하는 것이 양식 현장에서는 매우 중요하게 고려되어야 할 것으로 판단된다. 설치된 가두리의 위치나 주위 환경, 즉 해수의 유속, 파도, 바람 등의 요인과 육

Table 3. Growth performance of Korean rockfish fed the diets for 15 weeks[1]

	L-EP	L-SP	L-FP	L-MP	H-EP	H-SP	H-FP	H-MP
IAW[2]	75.7±0.06[a]	76.1±0.98[a]	74.8±1.44[a]	75.5±0.36[a]	75.3±0.25[a]	75.2±0.11[a]	75.4±0.23[a]	75.6±0.30[a]
FAW[3]	120.6±3.69[a]	122.3±7.81[a]	119.5±7.10[a]	125.1±2.59[a]	123.2±4.86[a]	123.7±6.24[a]	123.4±7.49[a]	122.0±2.92[a]
WG[4]	59.4±4.64[a]	60.8±10.35[a]	59.8±8.24[a]	65.6±3.60[a]	63.6±6.01[a]	64.5±8.17[a]	63.6±9.86[a]	61.4±3.40[a]
FE[5]	71.7±3.82[a]	72.6±5.80[a]	68.8±4.21[a]	75.6±10.86[a]	73.1±6.58[a]	74.8±5.27[a]	72.1±7.96[a]	66.5±3.02[a]
DFI[6]	0.797±0.036[a]	0.798±0.041[a]	0.831±0.033[a]	0.824±0.128[a]	0.825±0.016[a]	0.811±0.025[a]	0.833±0.009[a]	0.878±0.009[a]
DPI[7]	0.415±0.019[a]	0.418±0.021[a]	0.418±0.016[a]	0.441±0.068[a]	0.429±0.008[a]	0.417±0.013[a]	0.423±0.005[a]	0.472±0.005[a]
PER[8]	1.38±0.07[a]	1.38±0.11[a]	1.37±0.08[a]	1.41±0.20[a]	1.41±0.12[a]	1.45±0.10[a]	1.40±0.15[a]	1.24±0.05[a]
HSI[9]	1.70±0.08[a]	1.72±0.08[a]	1.73±0.02[a]	1.72±0.04[a]	1.68±0.18[a]	1.68±0.02[a]	1.76±0.20[a]	1.70±0.16[a]
VSI[10]	3.20±0.24[a]	3.06±0.14[a]	2.98±0.15[a]	3.23±0.23[a]	3.10±0.15[a]	3.01±0.15[a]	2.93±0.06[a]	3.03±0.08[a]

[1]Values (mean±SD of three replication) in the same row having the different superscripts are significantly different ($P<0.05$).
[2]Initial mean weight (g).
[3]Final mean weight (g).
[4]Weight gain, (final fish weight - initial fish weight)×100/initial fish weight.
[5]Feed efficiency, (fish weight gain×100)/feed intake (dry matter).
[6]Daily feed intake, [feed intake (dry matter)×100]/[(Initial fish weight+final fish weight)/2]×days fed.
[7]Daily protein intake, (protein intake×100)/[(Initial fish weight+final fish weight)/2]×days fed.
[8]Protein efficiency ratio, weight gain/protein intake.
[9]Hepatosomatic index, (liver weight×100)/body weight.
[10]Visceralsomatic index, (viscera weight×100)/body weight.

Table 4. Chemical compositions (%) of the liver and dorsal muscle[1]

Diets	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Liver				
L-EP	53.3±0.95^{ab}	8.5±0.17^{a}	26.1±1.06^{b}	0.9±0.01^{a}
L-SP	53.6±0.57^{abc}	8.5±0.05^{a}	24.4±0.78^{ab}	0.9±0.05^{a}
L-FP	53.2±0.56^{ab}	8.4±0.15^{a}	25.6±1.05^{ab}	0.9±0.05^{a}
L-MP	54.2±0.36^{bcd}	8.6±0.25^{a}	22.2±3.38^{a}	0.9±0.05^{a}
H-EP	52.0±0.15^{a}	8.6±0.23^{a}	27.9±1.34^{b}	0.9±0.05^{a}
H-SP	52.8±0.90^{ab}	8.7±0.15^{a}	27.1±0.91^{b}	0.9±0.01^{a}
H-FP	55.3±1.45^{d}	8.9±0.23^{a}	22.6±2.24^{a}	0.9±0.05^{a}
H-MP	54.9±1.15^{cd}	8.8±0.28^{a}	22.5±2.33^{a}	0.9±0.01^{a}
Dorsal muscle				
L-EP	74.7±1.21^{a}	21.8±0.65^{a}	1.9±0.37^{a}	1.3±0.05^{a}
L-SP	75.1±0.55^{a}	21.8±0.30^{a}	1.9±0.23^{a}	1.3±0.05^{a}
L-FP	75.4±0.49^{a}	21.8±0.81^{a}	1.7±0.60^{a}	1.3±0.05^{a}
L-MP	74.8±0.30^{a}	21.4±0.45^{a}	1.8±0.23^{a}	1.4±0.05^{a}
H-EP	74.9±0.61^{a}	21.5±0.40^{a}	1.9±0.20^{a}	1.3±0.05^{a}
H-SP	74.7±0.49^{a}	21.4±0.75^{a}	2.2±0.30^{a}	1.3±0.05^{a}
H-FP	75.0±0.15^{a}	21.6±1.02^{a}	2.0±0.50^{a}	1.4±0.05^{a}
H-MP	74.6±0.47^{a}	21.7±0.80^{a}	1.7±0.26^{a}	1.4±0.05^{a}

[1]Values (mean±SD of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

상수조의 형태, 수심, 환수율이나 유속 등의 사육조건을 고려하여 사육환경에 적합한 사료의 형태나 침강 속도 등이 정해져야 할 것이다. 본 실험 결과에서 사료의 물성이나 침강 속도가 조피볼락의 성장, 영양소 이용효율, 사료 섭취율 및 체성분에 특별한 영향을 미치지 않는 것으로 보아 양식 현장에서 어떤 형태의 사료든 관계없이 적절히 선택하여 사용할 수 있을 것으로 전망된다. 예를 들어, 바람이 심하거나 유속이 빠른 가두리 양식장에서 물에 뜨는 EP 형태의 사료를 급여하는 것은 곤란하기 때문에 이런 경우에는 오히려 물속으로 빨리 침강하는 형태의 FP가 더 적합할 것으로 생각된다. 또한 육상수조 양식장에서는 빠른 속도로 침강하는 FP보다는 서서히 침강하는 SP나 물에 뜨는 EP 형태의 사료를 급여하는 것이 어류에게 사료를 충분히 섭취할 수 있는 기회를 주기 때문에 더 효율적일 수 있을 것으로 판단된다.

이러한 사료의 형태는 각각 장단점을 가지고 있는데, 양어가들이 선호하는 생사료나 생사료와 분말 사료를 혼합한 형태의 MP는 가공, 유통, 취급, 보관 등 많은 문제점이 있다. EP와 SP 사료는 extrusion 과정을 거치므로 전분이 α화되어 어종에 따라 소화율이 높아질 수 있을 뿐 아니라 점결력이 좋아져서 사료 유실을 줄일 수 있지만, 대신 사료 가공 단가가 높아지고, 사료 제조시 고온과 고압으로 사료의 영양소가 파괴되어 사료효율이 낮아지는 단점이 있다. Takeuchi et al. (1990)은 무지개송어와 잉어에 EP 사료를 급여하였을 때 성장이나 사료효율이 높아진다고 보고하였으나, 본 실험의 조피볼락에는 성장이나 영양소 이용률이 개선되지 않아 어종에 따른 차이를 보였다. 또한, 조피볼락의 경우 탄수화물의 종류에 영향을 받지 않았고 α 전분보다는 β전분이나 α와 β전분을 혼합하는 것이 양호한 것으로 나타났으며(정 등, 1995), extrusion시킨 대두박이나 옥수수의 첨가효과도 없었다(이 등, 1996c). 이처럼 어종에 따른 차이는 탄수화물의 이용성 차이 때문으로 생각되며, 육식성인 조피볼락의 탄수화물 소화율은 잡식성인 담수어보다 훨씬 낮은 것으로 보고되어 있다(이, 1997). FP 사료는 가공 단가가 낮고 가공시에

영양소 파괴가 비교적 적은 장점이 있는 반면에 점결력이 낮기 때문에 사료성형 후에도 부스러기가 많아질 우려가 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결할 수 있다면, FP도 조피볼락이 잘 받아먹고 소화할 수 있기 때문에 경제적으로 가장 단가가 싼 배합사료형태가 될 것으로 기대된다.

사육조건이나 먹이 급여방법에 따라서 사료형태가 어류의 성장에 영향을 미칠 가능성도 무시할 수 없다. 본 실험은 250 ℓ의 육상수조에 실험어를 수용하여 사료를 만복에 가깝도록 손으로 주의 깊게 던져 주었지만, 실제 양식장에서는 본 실험에서처럼 사료를 정확히 만복으로 급여하는 것이 다소 어렵기 때문에 이에 대한 고려가 있어야 할 것이다. 사료의 수분함량에 따라 대상 양식어류가 먹은 실제 건물량이 달라지며, 사료 가공방법이나 배합된 원료에 따라 침강속도가 달라지므로 이러한 요인들을 고려하여 사료 공급시 사료의 품질과 함께 물성에 따른 추가적인 고려가 필요하다고 생각된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 개발된 사료에 대하여 어체크기별, 수온별, 사료의 물성이나 형태별로 먹이 급여체계를 확립하는 것이 중요하다. 이러한 측면에서 이 등(1996e)은 DP 형태의 사료로 사료품질에 따른 적정 급여횟수를 조사하였고, 현재 적정 사료 급여율 및 배합사료 물성에 따른 적정 급여횟수를 연구 중에 있다. 이와 같이 배합사료의 급여체계가 어체 크기별, 수온별로 확립되면 적정 먹이량을 미리 준비하여 효율적으로 사료를 급여할 수 있어 여러 가지 문제점들을 해결할 수 있을 것으로 전망된다. 즉, 사료효율을 극대화시켜 양식생산에 대한 사료원가를 절감하고, 수중으로 사료 유실을 줄임으로서 수질 오염원을 감소시킬 수 있을 뿐 아니라 항상 일정한 품질의 사료를 안정적으로 공급함과 동시에 사료 급여방식을 자동화할 수 있어 사료급여에 소요되는 인력이나 시간을 최소화 할 수 있을 것이다.

요 약

사료물성과 단백질원 배합비에 따른 조피볼락의 성장차이를 구명하기 위하여, 실험사료의 단백질원을 북양어분과 갈색어분으로 한 사료와 경제적인 측면을 고려하여 어분의 배합 비율을 낮추는 대신, 대두박, 콘글루텐 밀, 육분 및 우모분의 비율을 늘린 2종의 사료를 설계하여, 각각 EP (extruded-floating pellet, 부상사료), SP (slow-sinking pellet, 반부상사료), FP (fast-sinking pellet, 침강사료)와 MP (moist pellet, 습사료) 형태의 배합사료를 제조하였다. 평균체중 75 g의 조피볼락을 각 수조에 50마리씩 수용하여 2 (diet)×4 (diet type)×3 (replication) factorial design으로 15주간 사육하였다. 사육 실험한 결과, 실험사료와 사료형태에 따른 최종평균체중, 증체율, 사료효율, 사료 섭취율, 단백질 효율, 간중량비 및 내장중량비는 전혀 차이가 없는 것으로 나타났다($P>0.05$). 실험 종료시의 실험구별, 어체 부위별 일반성분 중에 사료별, 사료형태별로 모두 간과 근육의 단백질 및 근육의 수분과 지질 함량은 실험구간별로 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 위와 같이 사료의 물성이나 침강 속도는 조피볼락의 성장, 영양소 이용효율, 사료 섭취율 및 체성분에 영향을 미치지 않은 것으로 나타나, 양식 현장에서 사료형태에 관계없이 적절히 선택하여 사용할 수 있을 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.

Duncan, D. B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11 : 1−42.

Lee, S. M., J. Y. Lee and S. B. Hur. 1994. Essentiality of dietary eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. Bull. Korean Fish. Soc., 27 : 721−726.

SPSS for Window. 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.

Takeuchi, T., K. S. Jeong and T. Watanabe.

1990. Available of extruded carbohydrate ingredients to rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and carp *Cyprinus carpio*. Nippon Suisan Gakkaishi, 56 : 1839－1845.

Viyakarn V., T. Watanabe, H. Aoki, H. Tsuda, H. Sakamoto, N. Okamoto, N. Iso, S. Satoh, and T. Takeuchi. 1992. Use of soybaen meal as a substitute for fish meal in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. Nippon Suisan Gakkaishi, 58 : 1991－2000.

Watanabe T., V. Viyakarn, H. Kimura, T. Ogawa, N. Okamoto, and N. Iso. 1992. Utilization of soybaen meal as a protein source in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. Nippon Suisan Gakkaishi, 58 : 1761－1773.

배승철 · 이경준. 1996. 조피볼락 치어의 장기간 사육에 있어서 사료내 L-ascorbic acid 농도가 성장과 조직내 Vitamin C 농도에 미치는 영향. 한국수산학회지, 29 : 643－650.

이종윤 · 강용진 · 이상민 · 김인배. 1993a. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 단백질 요구량. 한국양식학회지, 6 : 13－27.

이상민 · 이종윤 · 강용진 · 윤호동 · 허성범. 1993b. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 n-3 계고도불포화지방산 요구량. 한국수산학회지, 26 : 477－492.

이상민 · 이종윤 · 강용진 · 허성범. 1993c. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 생화학적 변화 Ⅰ. 성장효과 및 체성분의 변화. 한국양식학회지, 6 : 89－105.

이상민 · 이종윤 · 강용진. 1993d. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량과 사육 수온에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 체성분의 변화. 수진연보, 48 : 107－124.

이상민 · 이종윤 · 전임기. 1995a. 육상 사육 수조에서의 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 성장 패턴. 한국양식학회지, 8 : 221－229.

이종윤 · 이상민 · 전임기. 1995b. 조피볼락 용 배합사료 개발을 위한 대조사료의 효과 ; 생사료 및 moist pellet과의 비교. 한국양식학회지, 8 : 261－269.

이상민 · 전임기 · 이종윤. 1996a. 조피볼락 사료의 어분 평가. 한국수산학회지, 29 : 135－142.

이상민 · 류진형 · 이종윤. 1996b. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서 대두박, 콘글루텐 밀, 육골분, 육분 및 혈분의 이용성. 한국영양사료학회지, 20 : 21－30.

이상민 · 전임기 · 이종윤 · 박승렬 · 강용진 · 정관식. 1996c. 조피볼락 육성용 사료의 어분 대체원으로서 식물성 및 동물성 단백질 혼합 첨가 효과. 한국수산학회지, 29 : 651－662.

이상민 · 전임기 · 이창국 · 임치원 · 김태진 · 민진기. 1996d. 경제적인 조피볼락용 배합사료 설계 및 평가. 한국양식학회지, 9 : 255－264.

이상민 · 김성회 · 전임기 · 김선명 · 장영진. 1996e. 배합사료 급여 횟수가 조피볼락의 성장, 사료효율 및 체성분에 미치는 영향. 한국양식학회지, 9 : 385－394.

이상민 · 류진형. 1996. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서 면실박 및 채종박의 첨가 효과. 한국영양사료학회지, 20 : 128－135.

이상민 · 이종윤. 1996. 조피볼락 치어용 사료의 어분 대체원으로써 식물성 및 동물성 단백질 혼합 첨가 효과. 한국영양사료학회지, 20 : 409－418.

이상민 · 전임기. 1996a. 조피볼락 사료의 어분 대체단백원으로서 대두박 평가. 한국수산학회지, 29 : 586－594.

이상민 · 전임기. 1996b. 조피볼락 습사료에 대한 건조사료의 사육효과. 한국양식학회지, 9 : 247－254.

이상민. 1997. 조피볼락 치어 및 성어에서 분 수집 방법에 따른 영양소 소화율. 한국수산학회지, 30 : 62－71.

정관식 · 이상민 · 강용진. 1995. 조피볼락 영양요구에 관한 연구－Ⅰ. 조피볼락 영양실험, Ⅰ－4 사료의 탄수화물 원료별 이용성 및 화율의 영향. 1994년도 수진사업보고, pp. 364－369.