

단백질원으로 어분이 첨가된 조피볼락 실험사료의 비타민 혼합물 평가

이상민 · 김선명

국립수산진흥원 양식과 영양사료연구실

Evaluation of Supplemental Vitamin Premix in a Test Diet Containing Fish Meal as Protein Source for Juvenile Korean Rockfish (*Sebastes schlegeli*)

Sang-Min Lee and Sun-Myoung Kim

Fish Feed and Nutrition Laboratory, Aquaculture Division, National Fisheries Research and Development Agency, Pusan 619-900, Korea

A feeding experiment was conducted using juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) to evaluate supplemental vitamin premix in a test diet containing fish meal as protein source for nutritional study. Four vitamin premixes were prepared by adjusting different quantity and combination of vitamins. Each vitamin premix contained (mg/kg diet) : premix-1 : ascorbic acid, 2666 ; a-tocopheryl acetate, 417 ; thiamin, 60 ; riboflavin, 200 ; pyridoxine, 40 ; niacin, 800 ; Ca-D-pantothenate, 280 ; myo-inositol, 4000 ; D-biotin, 6 ; folic acid, 15 ; p-aminobenzoic acid, 400 ; mennadione, 40 ; A, 16 ; D₃, 0.1 ; choline chloride, 8000 ; cyanocobalamin, 0.09 ; premix-2 : ascorbic acid, 270 ; a-tocopheryl acetate, 189 ; thiamin, 13.5 ; riboflavin, 27 ; pyridoxine, 13.5 ; niacin, 135 ; Ca-D-pantothenate, 135 ; myo-inositol, 135 ; D-biotin, 1.4 ; folic acid, 4.9 ; mnnadione, 5.4 ; A, 5.4 ; D₃, 2.2 ; choline chloride, 3000 ; cyanocobalamin, 0.05 ; premix-3 : ascorbic acid, 570 ; a-tocopheryl acetate, 107 ; thiamin, 20 ; riboflavin, 14.3 ; pyridoxine, 14.3 ; niacin, 71.3 ; Ca-D-pantothenate, 57 ; myo-inositol, 456 ; D-biotin, 0.7 ; folic acid, 2.9 ; p-aminobenzoic acid, 285 ; mnnadione, 5.7 ; A, 5.7 ; D₃, 1.1 ; choline chloride, 1500 ; cyanocobalamin, 0.03 ; premix-4 : ascorbic acid, 190 ; a-tocopheryl acetate, 36 ; thiamin, 6.7 ; riboflavin, 4.8 ; pyridoxine, 4.8 ; niacin, 23.8 ; Ca-D-pantothenate, 19 ; myo-inositol, 152 ; D-biotin, 0.2 ; folic acid, 1 ; p-aminobenzoic acid, 95 ; mnnadione, 1.9 ; A, 1.9 ; D₃, 0.4 ; choline chloride, 500 ; cyanocobalamin, 0.01. Triplicate groups of the 50 fish averaging 4.25 g were fed one of four isoproteic (47%) and isolipidic (9%) experimental diets to satiation twice a day for 10 weeks.

Weight gain, feed efficiency and protein retention in fish fed the diet with vitamin premix-1 were significantly higher than those in fish fed the other diets ($P<0.05$). Moisture, protein and lipid contents of muscle and whole body were not affected by different dietary vitamin premix ($P>0.05$). These results indicate that premix-1 can be used to adequate supplemental vitamin premix in test diet containing fish meal as protein source for juvenile Korean rockfish.

Key words : Rockfish, Vitamin premix

서 론

비타민은 생명체를 유지하는데 필수적인 영양소이며, 크게 지용성과 수용성으로 나누어지는데, 지용성에는 비타민 A, D, E 및 K, 수용성에는 inositol, choline, 비타민 C 및 B군이 있다. Table 1에 정리한 바와 같이 이러한 비타민들은 각각 어종마다 요구하는 량이 다를 뿐 아니라 어류의 성장상태나 서식 환경에 따라서도 어체에 대한 활성이 변화되며, 사료에 각종 비타민이 부족하면 성장이 저하되고 질병에 대한 내성이 약해지는 등 여러 가지 결핍증상이 나타난다 (NRC, 1983, 1993 ; Halver, 1972).

어종에 따라 많은 차이가 있지만 비타민 C, 비타민 E, choline과 inositol 등을 비롯한 대부분의 비타민들은 어류의 경상적인 성장에 매우 미량으로 요구되기 때문에 사료를 제조할 때 비타민 혼합물(premix)을 별도로 배합하여 첨가하고 있다. 비타민 혼합물에 첨가되는 각종 비

비타민들은 가격이 비싸고 저장시나 사료 제조 시에 안정성이 낮은 종류가 있기 때문에 사료 배합시 각각의 첨가량이 매우 중요하게 고려되고 있다. 따라서 어류의 영양요구를 위한 실험사료나 실용배합사료에 적합한 비타민 혼합물의 설정은 실험사료의 대조구로서 효능을 발휘하고, 상품배합사료의 품질과 단가에 있어 매우 중요한 요인이다. 하지만 많은 종류의 비타민을 각각 어종마다 그 요구량을 설정하기에는 많은 노력과 시간이 필요할 뿐 아니라 모든 종류의 비타민 요구량을 연구하는 것은 매우 힘든 실정이다. Table 1에 표시된 바와 같이 최근에 몇 종류의 어류에 대한 연구가 계속 수행되고 있지만 방어를 제외한 해산어에 대한 연구는 매우 부진한 실정이다. 최근, 이(1996)에 의해 해산어인 조피볼락의 비타민 C와 E 요구량에 대한 연구가 수행되어 있지만, 이 종에 적합한 비타민 premix를 어디에 기준을 두어야 할 것인가에 대한 검정은 없었다. 이미 이 등(1993f)은 조피볼락의 실험용 사료 단백

Table 1. Vitamin requirements (units/kg diet) of fish¹

Vitamin	Fish				
	Channel catfish	Rainbow trout	Common carp	Tilapia	Yellowtail
Fat-soluble					
Vitamin A	1,000-2,000 IU	2,000-5,000 IU	4,000-20,000 IU		5.68 mg
Vitamin D	250-1,000 IU	1,600-2,400 IU	100 mg		
Vitamin E	25-75 mg	25-100 mg	200-300 mg	25-100 mg	119 mg
Vitamin K					
Water-soluble					
Inositol		250-500 mg	400 mg		423 mg 550-900 mg
Choline	400 mg	50-813 mg	1500-4000 mg		2,920 mg 500 mg
Vitamin C	11-60 mg	40-500 mg		50-1250 mg	122 mg
Vitamin B ₁	1 mg	1-10 mg	0.5 mg	2.5 mg	11.2 mg
Vitamin B ₂	9 mg	3-30 mg	4-7 mg	6 mg	11 mg
Vitamin B ₆	3 mg	1-15 mg	5-6 mg		11.7 mg 5-6 mg
Pantothenic acid	10-20 mg	10-50 mg	30-50 mg	10 mg	35.9 mg 10 mg
Nicotinic acid	14 mg	1-150 mg	28 mg		12 mg
Biotin	≤1 mg	0.05-1.2 mg	1 mg		0.67 mg
Folic acid	1.5 mg	1-10 mg			1.2 mg
Vitamin B ₁₂					0.053 mg

¹Data from NRC (1983, 1993) and Halver (1972)

원으로 어분사료와 정제사료를 평가한 결과, 성장, 사료섭취율 등에서 어분사료가 우수하여 영양연구용 실험사료로 어분사료가 적당한 것으로 결론지었다. 그래서 본 연구는 어분이 주 단백질원으로 첨가된 조피볼락 실험용 대조사료에 적합한 기초적인 비타민 혼합물을 조사하여 앞으로 계속될 영양요구 실험에 정보를 제공, 조피볼락 배합사료 개발에 필요한 자료를 축적하고자 수행되었다.

재료 및 방법

실험 사료

Table 2에 표시한 바와 같이 기본사료의 단백질원으로 casein (vitamin-free, Serva제)과 북양어분(간접식, 고려원양 개척호제품)을 각각 10% 및 53% 첨가하였고, 탄수화물원으로 a 및 b형 감자전분을 각각 8%씩 첨가하였다. 주 단백원으로 사용된 북양어분은 Folch et al. (1957)의 방법에 의해 chloroform과 methanol 혼합용액(2 : 1, v/v)으로 탈지하였다. 지질원으로 EPA와 DHA가 85% 함유된 n-3HUFA85 (NCF 제품, Japan)와 corn oil을 첨가하여 사료중의 지질 함량과 필수지방산인 n-3HUFA 함량을 조절하였다. 이와 같이 비타민을 제외한 기본사료의 영양소가 즉, 단백질, 지질 및 필수지방산, 에너지, 탄수화물 및 미네랄에 대해 이미 연구된 결과들을 바탕으로 조피볼락의 요구(이 등, 1993a,b,c,d,e,f,g, 1995a ; 이와 이, 1994, 1995 ; 이, 1995 ; Lee and Lee, 1994 ; Lee et al., 1994 ; 정 등, 1995a,b ; 국립수산진흥원, 1995)에 맞도록 준비하였다. Vitamin premix는 Table 3에 표시한 것처럼 모두 4종류를 준비하였는데 premix-1에 첨가한 비타민들은 Halver (1957)가 제시한 수준에서 그 혼합비를 조정하였고, premix-2에는 수산청(1995)에서 제시한 수준으로 하였으며, premix-3은 다른 어종들을 대상으로 연구된 결과(NRC, 1983, 1993 ; Halver, 1972)들을 토대로 하여 비타민들의 요구량이

대부분의 어종에 충족되도록 각각의 비타민을 혼합하였으며, premix-4는 각각의 비타민이 몇몇 어종의 최소요구량에 가깝도록 비타민 혼합물의 배합비율을 준비하였다. 이와 같이 실험사료에 첨가될 각각의 비타민을 혼합기(Twin-Shell Pin Intensifier Blender, Patterson-Kelley Co., England)에서 별도의 premix로 잘 혼합하여 준비하였다가 사료 제조마다 사료원료와 잘 혼합한 후 사료를 pellet 형태로 성형하였으며, 비타민 혼합물 중 choline과 biotin은 물에 녹여서 성형시 첨가하였다. 사료제조 및 보관방법은 이 등(1993e)이 사용한 방법과 동일하게 하였다.

실험어 및 사육 관리

실험어는 동일 친어로부터 산출된 치어를 2 ton FRP 사각수조에서 예비 사육하다가 건강한 치어들(평균체중 4.25 g)을 선별하여 실험 사료마다 3반복으로 배치된 각각의 실험수조(100 l FRP)마다 50마리씩 수용하였다. 최초 어체의 성분분석용으로 50마리를 무작위로 표본 추출하여 냉동보관(-70°C)하였다. 고암모래여과장치로 여과된 자연해수를 각 실험수조마다 5 l/min씩 흘려주어 유수시켰고, 사육기간 중의 수온은 16.7 ~ 23.0°C (평균 $19.8 \pm 1.55^\circ\text{C}$)로 조피볼락의 적정 성장범위(이 등, 1993f, 1995b,c)였다. 사육실험은 10주간 실시하였으며, 사료공급은 1일 2회 (0900, 1700) 만복에 가깝도록 손으로 던져주었다. 5주간격으로 각 실험수조에 수용된 실험어 전체무게를 MS222 100 ppm에 마취시켜 측정하였다. 실험 종료시에는 각 실험수조마다 20마리씩 sample하여 냉동보관(-70°C)하다가 성분분석하였다.

조직 관찰

간의 조직 분석용으로 사육실험 종료 후, 측정으로 인한 stress 요인을 최소화하기 위해 계속하여 2주간 동일한 실험사료로 사육하다가 각 실험사료마다 10마리씩에서 간을 추출하여 Bo-

Table 2. Composition and nutrient content of basal diet

Ingredient	%
Vitamin-free casein ¹	10.0
White fish meal ²	53.0
a-Potato starch	8.0
b-Potato starch	8.0
n-3HUFA85 ³	1.5
Corn oil ⁴	7.0
Vitamin premix. ⁵	3.0
Mineral premix. ⁶	4.0
Carboxymethyl cellulose	3.0
a-Cellulose ⁷	2.5
Proximate analysis (% in dry weight basis)	(Mean± s.d.)
Crude protein	46.6± 0.42
Crude lipid	8.9± 0.22
Crude ash	16.0± 0.12
Crude fiber	4.3± 0.55
Nitrogen-free extract ⁸	24.2± 0.46
n-3HUFA	1.3

¹ Serva, Feinbiochemica GmbH & Co. Heidelberg, Germany² Defatted with chloroform-methanol mixture (2:1, v/v)³ Highly unsaturated fatty acids (gift from NCF Co., Ltd., Chiba, Japan), purity of EPA and DHA were 33% and 52%, respectively⁴ Tocopherol stripped, U.S. Biochemical, Cleveland, OH⁵ See Table 3⁶ Each 1000 g of premix contained : MgSO₄·7H₂O, 80 g ; NaH₂PO₄·2H₂O, 370 g ; KCl, 130 g ; Ferric citrate, 40g ; ZnSO₄·7H₂O, 20 g ; Ca-lactate, 356.5 g ; CuCl, 0.2 g ; AlCl₃·6H₂O, 0.15 g ; KI, 0.15 g ; Na₂Se₂O₃, 0.01 g ; MnSO₄·H₂O, 2 g ; CoCl₂·6H₂O, 1 g⁷ Sigma Chemical, St. Louis, MO, USA⁸ Calculated by difference

Table 3. Vitamin premix (mg/kg diet) added to the diet for Korean rockfish

Vitamin	Diets			
	Premix-1	Premix-2	Premix-3	Premix-4
L-Ascorbic acid ¹	2,666	270	570	190
E (DL-a-tocopheryl acetate) ²	417	189	107	36
B ₁ HCl (thiamin) ¹	60	13.5	20	6.7
B ₂ (riboflavin) ¹	200	27	14.3	4.8
B ₆ (pyridoxine) ¹	40	13.5	14.3	4.8
Nicotin ¹	800	135	71.3	23.8
Ca-D-Pantothenate ¹	280	135	57	19
myo-Inositol ¹	4,000	135	456	152
D-Biotin ¹	6	1.4	0.7	0.2
Folic acid ¹	15	4.9	2.9	1
p-Aminobenzoic acid ¹	400	—	285	95
K ₃ (mennadiione) ¹	40	5.4	5.7	1.9
A (Retinol) ¹	16	5.4	5.7	1.9
D (D ₃ -Cholecalciferol) ¹	0.1	2.2	1.1	0.4
Choline chloride ¹	8,000	3,000	1,500	500
B ₁₂ (Cyanocobalamin) ¹	0.09	0.05	0.03	0.01

¹ Sigma Chemical, St. Louis, MO, USA² Serva, Feinbiochemica GmbH & Co. Heidelberg, Germany

uin's solution에 고정한 후, faraffin 상법에 따라 3~4 μm 씩 절편하여 Hematoxylin-eosin 염색, Sudan III 염색, PAS 반응 염색하여 검증하였다.

성분 분석

분석용으로 냉동 보관하던 어체의 일반성분은 전어체의 경우, 각 수조에서 20마리씩 sample된 어체중 냉동된 상태로 7마리씩을 masscolloider (Masuko Co., Ltd., Japan)에서 분쇄하여 분석하였다. 또한, 각 수조마다 전어체 분석용으로 사용하고 남은 13마리의 근육과 간을 분리하여 성분분석을 실시하였다. 일반성분은 AOAC (1984)의 방법에 따라 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법($\text{N} \times 6.25$), 조지방은 soxhlet추출법(ether추출법) 및 조회분은 직접화학법으로 분석하였다. 지방산 분석은 Lee et al. (1994)이 사용한 방법과 동일하게 실시하였다.

통계 처리

결과의 통계 처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성을 SPSS (SPSS Inc., 1993) program을 사용하여 검증하였다.

결과 및 고찰

Fig. 1과 Table 4에 표시한 바와 같이 4 g의 조피볼락 치어를 10주간 사육한 후에는 11~14 g으로 사료에 첨가한 비타민 premix 종류에 따라서 유의한 차이가 나타났다($P<0.05$). 즉, 사육실험 5주째부터 premix-1이 첨가된 실험구의 평균체중이 다른 실험구보다 유의적으로 높아지기 시작하여 10주후에는 premix-1 실험구와 다른 세 실험구와의 차이가 더 심해졌으며($P<0.05$), 그 외 세 실험구들은 서로 비슷한 결과를 보였다. 증중율 및 사료효율도 premix-1 실험구가 유의하게 가장 좋았다($P<0.05$). 어체 100 g 당 일간

사료, 단백질 및 지질 섭취량도 사료에 첨가된 비타민 혼합물에 따라 다소 차이를 보였는데 전체적으로 premix-1 실험구가 낮은 경향을 보였다. 단백질 및 지질 축적율도 premix-1 실험구가 가장 높았고, 간중량 지수는 premix-1 실험구가 가장 낮았다. 근육 및 전어체의 일반성분은 첨가된 비타민 혼합물에 거의 영향을 받지 않아 실험구 간에 차이가 없었다($P>0.05$). 간의 지질 함량은 premix-1 첨가구가 타 실험구에 비해 다소 높았지만 유의차는 없었다($P>0.05$). 또한, 간 조직을 관찰한 결과, 모든 실험구에서 특별한 차이없이 정상상태를 유지하였다. 이와 같이 체성분 및 간 조직 성상이 실험사료의 비타민 혼합물에 영향을 거의 받지 않았으나, 증중율, 사료효율 및 영양소 축적율에서는 premix-1 첨가 실험구에서 가장 높은 값을 보여, premix-1에 배합된 비타민 혼합물이 본 실험에서 사용된 4종류의 비타민 혼합물 중에서 성장에 대한 효과가 가장 좋은 것으로 나타났다. 이 등(1993a,b,c,e,f,g, 1995a ; 1996a, b)과 Lee et al. (1994)도 조피볼락을 대상으로 각종 영양요구에 대한 연구를 수행할 때 그들의 실험사료에 첨가된 비타민 혼합물이 다소 차이는 있지만, 본 실험의 premix-1과 비슷한 수준인 Halver (1957) 처방을 사용하였다.

Premix-2~4에 배합된 비타민 혼합물의 효과

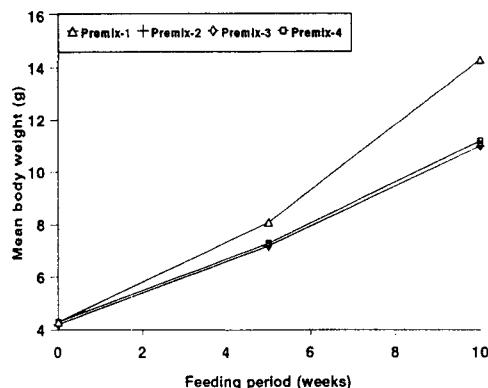


Fig. 1. Growth of Korean rockfish fed diets containing different vitamin premixes for 10 weeks.

Table 4. Performance of Korean rockfish fed the diets containing different vitamin premix after 10 weeks¹

	Diets			
	Premix-1	Premix-2	Premix-3	Premix-4
Initial mean weight (g)	4.3±0.06 ^a	4.2±0.25 ^a	4.2±0.26 ^a	4.3±0.12 ^a
Final mean weight (g)	14.3±0.36 ^b	10.9±0.35 ^a	11.0±0.50 ^a	11.2±1.46 ^a
Weight gain (%)	236±14.1 ^b	162±15.1 ^a	163±7.5 ^a	160±26.1 ^a
Feed efficiency (%)	81.8±4.18 ^b	63.7±1.59 ^a	63.1±2.12 ^a	63.4±8.49 ^a
Daily feed intake ²	2.20±0.048 ^a	2.33±0.051 ^{ab}	2.37±0.081 ^b	2.33±0.105 ^{ab}
Daily protein intake ²	0.19±0.004 ^a	0.21±0.004 ^a	0.22±0.007 ^a	0.21±0.009 ^a
Daily lipid intake ²	1.03±0.022 ^a	1.08±0.024 ^b	1.11±0.038 ^b	1.08±0.048 ^b
Protein retention (%) ³	28.0±1.85 ^b	22.3±0.91 ^a	22.1±0.90 ^a	23.3±3.72 ^a
Lipid retention (%) ³	76.3±7.0 ^b	61.9±4.3 ^{ab}	54.1±10.0 ^a	60.8±9.9 ^{ab}
Condition factor ⁴	2.56±0.14	2.44±0.07	2.42±0.41	2.57±0.20
Hepatosomatic index ⁵	2.29±0.47	2.53±0.48	2.51±0.41	2.35±0.57

¹ Values (mean± s.d. of three replications) in the same row not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

² % of body wt.

³ [Protein (or lipid) gain×100]/Protein (or lipid) intake

⁴ (Body wt.×100)/Total body length³

⁵ (Liver wt.×100)/Body wt.

Table 5. Chemical composition (%) of the muscle, whole body and liver after 10 weeks feeding trials¹

Tissue sample	Initial	Diets			
		Premix-1	Premix-2	Premix-3	Premix-4
Muscle					
Crude protein	20.2	20.4±0.31 ^a	19.6±0.46 ^a	19.9±0.06 ^a	19.6±0.44 ^a
Crude lipid	0.9	1.0±0.23 ^a	0.7±0.21 ^a	1.1±0.25 ^a	0.8±0.15 ^a
Moisture	78.0	77.4±0.32 ^a	78.2±0.44 ^a	77.8±0.35 ^a	78.0±0.49 ^a
Whole body					
Crude protein	15.5	16.2±0.31 ^a	16.1±0.51 ^a	16.1±0.15 ^a	16.3±0.10 ^a
Crude lipid	3.6	5.6±0.25 ^a	5.4±0.31 ^a	4.9±0.76 ^a	5.3±0.62 ^a
Moisture	75.6	73.3±0.25 ^a	73.4±0.72 ^a	74.0±0.68 ^a	72.8±1.25 ^a
Liver					
Crude lipid		16.9±2.09 ^a	13.2±2.39 ^a	13.4±0.66 ^a	13.9±0.26 ^a

¹ Values (mean± s.d. of three replications) in the same row not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

는 성장, 사료효율 및 영양소 축적율이 모두 premix-1보다 낮은 수준으로 세 실험구간에서 서로 비슷한 것으로 나타나, 이를 혼합물에 배합된 비타민 중 어떤 종류의 비타민인지는 현재로서 명확히 추정할 수는 없지만, 조피볼락에 대한 비타민 요구량이 부족하거나 그 배합비가 조피볼락의 최적 성장에 맞지 않아 본 실험에 사용된 premix-1 만큼 성장에 대한 효과가 없었던 것으로 추정된다. 이와 같이 premix-2~4에 배합된 각종 비타민을 타 어종의 요구량에 근거를 두고 설계

하였는데도 불구하고, premix-1보다 성장에 대한 효과가 낮은 것은 조피볼락이 방어나 다른 담수 어보다 그 요구량이 높을 가능성이 있음을 암시하고 있다. 하지만, 실제 premix-1의 혼합물에 배합된 비타민들은 각각의 비타민 량이 premix-2~4의 혼합물에 비해 2~10배가량 많기 때문에 실용배합사료의 비타민 혼합물로 사용하기에는 단가 면에서 상당한 고려가 있어야 할 것으로 생각된다. 또한, premix-2~4가 첨가된 실험구들도 체성분이나 간 조직에서 특별한 이상증상이

발견되지 않은 것으로 보아, 이 premix들을 대상으로 부족한 비타민이 연구되면, 상장효과를 더 개선할 수 있을 것으로 보인다. 이러한 점에 대해서는 각각의 비타민에 대하여 그 요구량이 계속 밝혀져 보다 경제적인 비타민 혼합물이 개발되어야 할 것으로 판단된다.

본 실험의 결과로부터, premix-1에 배합된 비타민 혼합물은 어분이 주 단백질원으로 첨가된 사료로 필수영양소의 요구량을 구명할 때 대조구(positive control diet)에 사용될 수 있을 것으로 판단되며, 앞으로 계획될 비타민 요구량 및 각종 영양소 요구량 실험에 도움이 될 것으로 기대된다.

요 약

조피볼락용 실험 대조사료에 적합한 비타민 혼합물을 검토하기 위해, 평균체중 4.25 g의 치어를 대상으로 실험 사료마다 3반복으로 사육 실험하여 성장효과 및 체성분 변화를 조사하였다. 실험사료는 단백질원으로 casein과 탈지 북양어 분을, 탄수화물원으로 a 및 b형 감자전분을, 지질원으로 EPA와 DHA가 85% 함유된 정제유와 corn oil을 사용하여 기본사료를 제조하였다. 기본사료에 첨가될 vitamin 혼합물은 모두 4종류를 준비하였는데 premix-1에 첨가한 혼합물은 Halver (1957)가 제안한 처방 수준으로, premix-2에는 수산청 (1995)에서 제시한 수준으로, premix-3은 다른 어종들을 대상으로 연구된 결과 (NRC, 1983, 1993; Halver, 1972)를 토대로 요구량이 대부분의 어종에 총족되도록, premix-4는 각각의 비타민이 몇몇 어종의 최소요구량에 가깝도록 배합하여 준비하였다.

10주간 사육 실험한 결과, premix-1이 첨가된 실험구가 다른 실험구보다 증중율, 사료효율 및 영양소 축적율이 유의적으로 높았고 ($P<0.05$), 그 외 세 실험구들은 서로 비슷한 결과를 보였다. 근육 및 전어체의 일반성분, 간의 지질 함량 및 간 조직 성상은 사료의 비타민 혼합물에 특별한 영향을 받지 않았다. 본 실험의 결과로부터, pre-

mix-1에 배합된 비타민 혼합물은 필수영양소의 요구량을 구명할 때 대조구(positive control diet)에 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

감 사

조직 염색 및 검경에 대해 자세히 조언해주신 수산진홍원 병리과 심두생 박사님과 정승희 박사님께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemicals, 14th edition. Arlington. AV. 1141pp.
Folch, J., M. Lees and G. H. S. Stanley, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226 : 497–509.
Halver, J. E., 1957. Nutrition of salmonoid fishes III. Water-soluble vitamin requirements of chinook salmon. *J. Nutr.*, 62 : 225–243.
Halver, J. E., 1972. The vitamins. In : Fish nutrition, edited by J.E. Halver. Acad. Press, New York & London. pp. 29–103.
Lee, J. Y. and S. M. Lee, 1994. Nutritional studies and feed development for Korea rockfish (*Sebastodes schlegeli*). Proceedings of FOID, '94 The Third International Conference on Fisheries and Ocean Industrial Development for Productivity Enhancement of the Coastal Waters. pp. 75–92.
Lee S. M., J. Y. Lee and S. B. Hur, 1994. Essentiality of dietary EPA (eicosapentaenoic acid) and DHA (docosahexaenoic acid), and importance of dietary EPA/DHA ratio in the Korean rockfish *Sebastodes schlegeli*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 26 : 477–492.
NRC (National Research Council), 1983. Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes. National Acad. Press, Washington, D. C. 102pp.
NRC (National Research Council), 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Acad. Press, Washington, D. C. 114pp.

- SPSS for Window, 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- 국립수산진흥원, 1995. 1995년도 시험연구사업 최종평가회의자료(증양식분야). 38pp.
- 수산청, 1995. 조피볼락 배합사료개발(2차년도 중간보고서, 개발사업주관기관: 국립수산진흥원). Vitamin premixture 개발에 관한 연구. pp. 102 – 130.
- 이경준, 1996. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 사료내 vitamin C, E 요구량에 관한 연구. 부산수산대학교 석사학위 청구논문, 54pp.
- 이종윤 · 강용진 · 이상민 · 김인배, 1993a. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 단백질 요구량. 한국양식학회지, 6 : 13 – 27.
- 이종윤 · 강용진 · 이상민 · 김인배, 1993b. 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 사료의 적정 에너지/단백질비. 한국양식학회지, 6 : 29 – 46.
- 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 · 허성범, 1993d. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 생화학적 변화 II. 혈액성분 변화 및 간세포 성상. 한국양식학회지, 6 : 107 – 123.
- 이상민 · 이종윤 · 강용진 · 윤호동 · 허성범, 1993e. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 n-3계 고도불포화지방산 요구량. 한국수산학회지, 26 : 477 – 492.
- 이종윤 · 강용진 · 이상민 · 박윤정, 1993f. 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 영양연구용 실험 사료의 단백질원 평가. 수진연구보고, 48 : 97 – 105.
- 이상민 · 이종윤 · 강용진, 1993g. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량과 사육 수온에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 체성분의 변화. 수진연구보고, 48 : 107 – 124.
- 이상민 · 이종윤, 1994. 사료의 a-cellulose 함량이 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장, 사료효율 및 체성분에 미치는 영향. 한국양식학회지, 7 : 97 – 107.
- 이상민, 1994. 사료 지질원으로 우지, 대두유 및 오징어 간유 첨가에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 체성분의 변화와 절식시 체내 대사. 한국양식학회지, 7 : 63 – 76.
- 이상민 · 이종윤 · 강용진, 1995a. 사료 지질원으로 대두유와 오징어 간유가 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 성어의 체성분에 미치는 영향. 수진연구보고, 49 : 81 – 89.
- 이상민 · 이종윤 · 전임기, 1995b. 육상 사육 수조에서의 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 성장 패턴. 한국양식학회지, 8 : 221 – 229.
- 이종윤 · 이상민 · 전임기, 1995c. 조피볼락용 배합 사료 개발을 위한 대조사료의 효과; 생사료 및 moist pellet과의 비교. 한국양식학회지, 8 : 261 – 269.
- 이상민 · 이종윤, 1995. 조피볼락 영양요구에 관한 연구- I. 조피볼락 영양실험, I -2 사료의 filler 종류와 함량에 따른 조피볼락의 성장 효과. 1994년도 수진사업보고, pp. 356 – 359.
- 정관식 · 이상민 · 강용진, 1995a. 조피볼락 영양요구에 관한 연구- I. 조피볼락 영양실험, I -4 사료의 탄수화물 원료별 이용성 및 화율의 영향. 1994년도 수진사업보고, pp. 364 – 369.
- 정관식 · 이상민 · 강용진, 1995b. 조피볼락 영양요구에 관한 연구- I. 조피볼락 영양실험, I -5 사료의 탄수화물 적정 첨가량. 1994년도 수진사업보고, pp. 370 – 372.