

조피볼락, *Sebastes schlegeli* 어린 시기의 成長 및 體成分 組成에 미치는 미역添加 飼料의 生理的 效果

李泳鎬 · 張榮振*

國立水產振興院 莞島漁村指導所

*釜山水產大學校 養殖學科

Physiological Effects of Seamustard Supplement Diet on the Growth and Body Composition of Young Rockfish, *Sebastes schlegeli*

Young-Ho YI · Young-Jin CHANG*

Wando Fisheries Extension Service Station, National Fisheries Research and
Development Agency, Wando-eup 537-800, Korea

*Department of Aquaculture, National Fisheries University of Pusan,
Pusan 608-737, Korea

In order to find out physiological effects of diets supplemented with seamustard (*Undaria pinnatifida*) on the growth, survival rate, body compositions and blood properties of young rockfishes (*Sebastes schlegeli*) in range of average total length from 2.99 ± 0.23 cm to 18.52 ± 1.07 cm and average body weight from 1.03 ± 0.18 g to 120.64 ± 19.32 g, experiments were performed for 140 days by feeding four experimental diets supplemented with 0%, 3%, 5% and 7% of seamustard powder. In addition, the tests on tolerance of the fishes against low O₂ saturation and starvation were carried out after the feeding experiments.

The fishes fed diet supplemented with 5% of seamustard powder revealed the best results in growth of total length and body weight.

Crude lipid content in the whole viscera of fishes fed diets supplemented with seamustard powder was higher than that of fishes fed diet without seamustard powder, while the moisture, crude protein, crude lipid and crude ash composition in the dorsal muscle did not show any remarkable differences among diet groups with or without seamustard powder.

Hematocrit and mean number of red blood cell in fishes fed diets supplemented with seamustard powder was elevated, despite of no notable changes in mean corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin and mean corpuscular hemoglobin concentration.

The resistance of the fish to low O₂ saturation was elevated by feeding seamustard powder. Upon the starvation of fish for 31 days after the feeding experiments, body weight loss of three groups fed diets with seamustard was smaller compared with the group fed diet without seamustard.

緒 論

1980년대 초반의 種苗量産 기술개발을 바탕으로 전국의 해안선을 따라 넙치, 조피볼락, 자주복 등의 해산어류 양식이 본격화되고 있으며, 해산어류의 양식생산량은 날로 증가하고 있다. 그러나 양식생산의 증가와 함께 사료비, 인건비 등의 생산비 상승과 질병 빈발 등 생산성을 떨어뜨리는 요인도 함께 발생하고 있다. 한편, 성장위주의 사료공급에 의해 양식되는 어류는 자연산에 비해 단기간내에 상품어로 되는 장점이 있기는 하나, 근육의 맛 및 硬度가 떨어지고 질병 치료를 위한 약제를 사용하기도 하여, 소비자로부터 부정적으로 인식되는 등 養魚家들에게 적지않은 부담을 안겨주고 있는 실정이다.

현재, 北洋魚粉을 위주로 제조되는 사료는 양식어류의 단백질원으로서 가치는 인정되지만, 기초영양성분인 단백질, 지방 및 탄수화물 외에 자연산어류가 섭취하는 微量元素를 첨가해 줄 필요가 있다. 이러한 배경에서 양어사료에 微量元素의 함량이 많은 藻類를 첨가하여 耐病性 및 肉質의 개선을 꾀하기 위한 연구가 Chlorella(中川 等, 1982a, b, 1983; Nakagawa *et al.*, 1984; Nematipour *et al.*, 1987, 1988), 갈파래(Nakagawa and Kasahara, 1986; Labra 等, 1985; 中川 等, 1984, 1985a; Satoh *et al.*, 1987), 미역(Yone *et al.*, 1986a, b), 모자반류의 일종인 *Ascophyllum nodosum*(Yone *et al.*, 1986a, b) 등을 첨가한 사료에 의해 이루어진 바 있다.

본 연구에서는 이와 같은 藻類가 양식어류의 사료 첨가물로서 유용하다는 데 착안하여, 養殖미역의 가공중 폐기물로 발생되는 줄기와 葉體를 첨가한 사료가, 연안의 暗礁域에 서식하며 卵胎生 魚類로서 빠른 성장, 종묘생산의 용이성 및 자연수온에서의 越冬 가능성 등 돍류에 비해 양식생산이 유리한 種(佐佐木, 1981)으로 알려져 있는 조피볼락, *Sebastes schlegeli* 어린 시기의 성장 및 體成分組成 그리고 低酸素 耐性 및 飢餓에 대한 耐性에 미치는 生理的 效果를 검토하였다.

材料 및 方法

실험어류로는 1992년 5월 17일 인공사육 親魚로부터 出産되어 키워진 全長 2.99 ± 0.23 cm, 體重 1.03 ± 0.18 g의 조피볼락 稚魚를 이용하였으며, 미리 준비한 0.5톤 들이 아크릴제 사육수조(水容積

450 l, Fig. 1) 4개에 水槽當 80마리씩 수용하여 사료별 사육실험을 실시하였다.

실험기간은 1992년 6월 25일부터 동년 11월 11일까지 140일간으로 하였고, 사육 140일째부터 31일간은 사료별 어체의 생리활성 비교를 위한 低酸素耐性 實驗과 飢餓 實驗을 실시하였다.

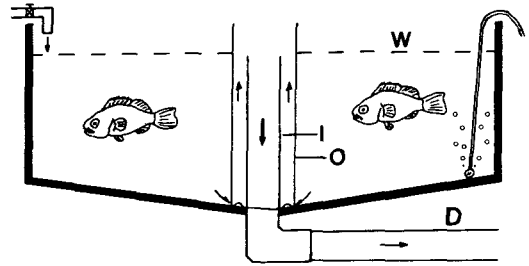


Fig. 1. Schematic diagram of the rearing tank(0.5 ton) used for this experiment.

D: Drain, I: Inner stand pipe, O: Outer stand pipe, W: Water surface, → : Direction of water flow.

실험용 사료의 형태는 모이스트펠릿으로 하였고 그 배합은 Table 1과 같다. 실험구별로 사료의 조성을 달리하기 위하여, 배합사료는 모든 구에 10%씩 동일하게 첨가하고 미역분말과 냉동 정어리의 양을 각 구별로 조정하여 미역분말 0% (對照區), 3%, 5% 및 7% 첨가의 4개 실험구가 되도록 하였다. 실험사료에 첨가한 미역분말은 鹽乾미역 제조시에 폐기물로 얻어지는 미역줄기, 葉體를 10~150 μ m 크기로 분쇄한 것이었다.

제조된 실험사료의 일반조성중, 수분은 0%구의 60.15%로 부터 7%구의 55.99%까지 미역분말의 첨가비율에 비례하여 감소된 반면, 粗蛋白質은 각각 19.92%로 부터 20.38%까지 증가하였다. 粗脂肪은 수분함량처럼 미역 첨가비율이 증가할수록 적어지고, 그밖에 灰分, 炭水化合物은 단백질 함량처럼 증가된 것이었다(Table 1). 실험기간중 공급한 사료량은 Table 2와 같이 매 20일 마다 어체측정시 나타난 각 실험구별 성장과 생존율을 감안하여 조정하였으며, 단위 어체중당 사료량은 실험개시시의 25%부터 실험종료시의 5%까지 각 실험구별로 같은 비율이 적용되도록 하였다.

각 실험구별 飼育水로는 자연해수를 사용하였으며, 換水率은 1일 20회가 되도록 하였다. 실험기간중의 환경 조건으로서의 수온, 비중 및 pH는 매일,

조피볼락, *Sebastes schlegelii* 어린 시기의 成長 및 體成分組成에 미치는 미역添加 飼料의 生理的 效果

Table 1. Raw materials and proximate composition(% or g) of the experimental diets used in this study

Component	Diet with seamustard powder rate of			
	0%	3%	5%	7%
Raw material				
Seamustard powder	0	3	5	7
Sardine(frozen)	90	87	85	83
Commercial diet*	10	10	10	10
Total	100	100	100	100
Proximate composition				
Moisture	60.15	58.37	57.19	55.99
Crude protein	19.92	20.12	20.25	20.38
Crude lipid	13.44	13.05	12.79	12.54
Crude ash	4.89	5.56	6.00	6.45
Crude carbohydrate	1.60	2.90	3.77	4.64
Total	100	100	100	100

* Made by Taihan Sugar Industrial Co.

Table 2. The amount(g) of moist pellet supplemented with seamustard powder fed to fishes in each experimental group according to rearing days

Rearing days	Feeding rate* (%)	Diet with seamustard powder rate of			
		0%	3%	5%	7%
1~ 20	25	395	395	395	395
21~ 40	18	460	460	460	460
41~ 60	12	1,185	1,275	1,275	1,275
61~ 80	10	1,305	1,400	1,495	1,400
81~100	8	1,610	1,775	2,075	1,800
101~120	6	2,235	3,190	3,075	3,090
121~140	5	3,795	4,175	4,800	4,740
Total		10,985	12,670	13,575	13,160

* % feed supply per total body weight of experimental fishes.

용존산소량은 매 5일 간격으로 측정하였는데, 수온은 棒狀溫度計, 비중은 B형 비중계, pH는 pH meter (FABR-NR, Ausgerustet Co.), 용존산소는 DO meter(U-7, Horiba Co.)로 측정하였다.

실험기간중 사육어에 대한 全長과 體重의 성장 측정은 매 20일 간격으로 하였으며, 실험구별로 30 개체씩 無作爲 추출한 다음, 개체별 全長測定과 아울러 1/10 g 까지 젤 수 있는 直讀式 電子저울 (Satorius)로 體重을 計量하였다. 실험개시시와 사육 80일째에는 어체의 성장도 측정과 함께 일반성분을 파악하고자, 각 실험구별로 無作爲 抽出한 10

개체의 등筋肉을 채취하여 수분은 常壓加熱乾燥法, 粗蛋白質은 Kjeldahl 窒素定量法, 粗脂肪은 Soxhlet 추출법, 粗灰분은 直接灰化法으로 분석하였다 (AOAC, 1984). 사료별 실험종료시인 사육 140일째에는 등筋肉의 일반성분 분석과 동시에 全內臟의 粗脂肪 분석을 실시하고, 혈액성상을 파악하기 위한 헤마토크릿값, 헤모글로빈량, 적혈구의 平均容積(MCV), 平均血色素量(MCH), 平均血色素濃度(MCHC) 및 平均數(MRBC)는 별도로 추출한 5개체의 尾部切斷에 의해 채취한 혈액에 혈액응고 방지제인 EDTA 용액을 섞은 다음, 혈액분석기(CELL

DYN 900, Abbott Lab. Int. Co.)로 측정하였다. 실험구별로 공급한 사료가 肝에 미치는 영향을 비교하기 위하여, 실험종료시에 각 구별로 5개체의 肝組織을 摘出した 후 Bouin液에 固定하였고, 常法에 따라 paraffin에 包埋하여 hematoxylin과 eosin 對比染色한 다음 관찰하였다.

사료별 사육실험을 종료한 후, 각 실험구별 어체의 低酸素飽和度에 대한 내성을 비교하기 위하여 실험구별로 정상활력을 가지고 있는 10개체씩을 용존산소가 충분히 飽和된 20 l의 해수에 收容 密封하고, 酸素飽和度の 감소에 따른 어체의 經時的反應을 관찰하면서 橫轉(sideslip) 및 橫臥(lying down)에 이르는 시간을 측정하였다. 여기에서 어체가 호흡곤란에 의해 중심을 잃고 非正常的으로 심하게 游泳하는 것을 橫轉, 橫轉後 어체가 비정상적인 游泳능력마저도 상실하고 水槽底面에 가라앉아 폐사 직전의 상태에 이르는 것을 橫臥로 표현하였다. 低酸素耐性 實驗과 동시에 실시한 飢餓 실험에서는 실험어에게 전혀 사료를 공급하지 않고 31일간 굶긴 다음, 각 실험구별로 魚體重의 감소량과 전술한 방법에 따른 등肌肉의 일반성분, 全內臟의 粗脂肪 및 혈액성분을 분석하였다.

실험결과중 각 사료별로 사육일수에 따른 실험어의 全長 및 體重 성장에 대한 기율기간의 有意差有無의 평가는 F 검정, 혈액성상에 있어 각 측정수치의 平均間 有意差有無는 ANOVA와 Duncan의 多重範圍 檢定(Duncan, 1955)에 의하였다.

結 果

1. 飼育 環境

실험기간중 모든 실험구의 飼育水溫은 12.1~26.1℃의 범위였으며, 실험개시시부터 사육 60일째까지는 20℃ 전후였으나 이후 점차 상승하기 시작하여 사육 70일째에는 全 實驗期間의 최고치인 26.1℃에 달했다. 그 후부터는 수온이 하강하기 시작하여 실험종료시인 170일째에는 12℃ 내외의 수온분포를 나타냈다. 한편, 사육수 비중은 1.023~1.026의 범위로 비교적 안정되어 있었으나, 颱風來襲期에 해당하는 사육일수 52~103일 사이에는 1.024 이하의 비중분포를 보였다(Fig. 2). 그리고 모든 실험구에서의 사육수 pH는 7.8~8.1 범위로 자연환경에 가까운 조건이 유지되었으며, 사육수의 용존산소는 4.55~5.94 ml/l로 비교적 안정된 범위였다.



Fig. 2. Variations of water temperature and specific gravity during the experimental period.

2. 成長 및 生存率

미역분말을 첨가한 각 실험구별 사육일수에 따른 어체의 全長成長은 Fig. 3과 같이 실험개시시에는 각구 모두 2.99 ± 0.23 cm였던 것이 사육 20일째 및 40일째에는 각각 $4.45 \sim 4.59$ cm, $6.15 \sim 6.75$ cm의 범위로 성장하여 구별 성장에 있어서 서로 차이를 보이지 않았다. 60일째에는 0%구 7.54 ± 0.83 cm, 3%구 7.86 ± 1.04 cm, 5%구 8.08 ± 0.93 cm, 7%구 7.50 ± 1.05 cm로 各區 사이에 큰 차이는 없었지만, 5%구, 3%구, 7%구 및 0%구의 순으로 성장하였다. 이 후부터 여름의 高水溫期를 지나 사육수온이 $21.0 \sim 23.0^\circ\text{C}$ 로 하강하는 사육일수 100일째까지는 각 실험구별 성장차이가 두드러져 5%구는 12.60 ± 1.74 cm로 가장 성장이 빨랐으며 0%구는 11.22 ± 1.76 cm로 가장 느려, 이들 사이의 성장차이는 평균 1.38 cm였다. 실험종료시인 140일째에도 0%구는 17.16 ± 1.84 cm로 가장 성장이 느린 반면 5%구에서 18.52 ± 1.07 cm로 가장 빠른 성장을 보였고, 3%구 및 7%구는 각각 18.05 ± 1.32 cm, 18.03 ± 1.19 cm로 서로 비슷한 성장을 나타냈다. 이 결과를 이용하여 각 구별로 사육일수(D)에 따른 全長(TL)의 성장에 대한 回歸直線式을 구하여 보면,

0%구 : $TL = 0.0970D + 2.2670$ ($r^2 = 0.9748$)
 3%구 : $TL = 0.1020D + 2.3536$ ($r^2 = 0.9769$)
 5%구 : $TL = 0.1056D + 2.2977$ ($r^2 = 0.9771$)
 7%구 : $TL = 0.1028D + 2.1934$ ($r^2 = 0.9735$)

로 표시된다. 각 구별 全長成長 경향에 대한 기울기의 차이유무를 F검정한 결과, 대조구인 0%구에 대하여 3%구, 5%구 및 7%구 모두 99%의 유의수준에서 차이를 나타냈으며, 5%구와 3%구 및 5%구와 7%구 사이에서는 99%의 유의차를 보인 반면, 3%구와 7%구 사이에는 유의차가 인정되지 않았다.

사육일수에 대한 체중의 성장은 Fig. 4와 같이 실험개시시 각구 모두 1.03 ± 0.18 g이었던 것이 사육 60일째까지는 서로 비슷하게 성장하였으나, 80일째에는 0%구 16.01 ± 5.69 g, 3%구 16.71 ± 4.61 g, 5%구 18.61 ± 4.83 g 및 7%구 16.64 ± 4.02 g으로 자라나 5%구가 가장 빠른 성장을 보였다. 이후 이러한 각 실험구간의 성장의 차이는 계속 커져서 실험종료시인 140일째에는 대조구인 0%구가 100.04 ± 19.41 g으로 성장이 가장 느렸고 5%구에서 120.64 ± 19.32 g으로 가장 빨랐으며, 3%구 및 7%구는 각각 115.23 ± 15.42 g, 114.83 ± 13.55 g으로 서로 비슷하였다. 이 결과를 이용하여 각 구별로 사육일수(D)에 따른 체중(BW)의 성장에 대한 指數函數

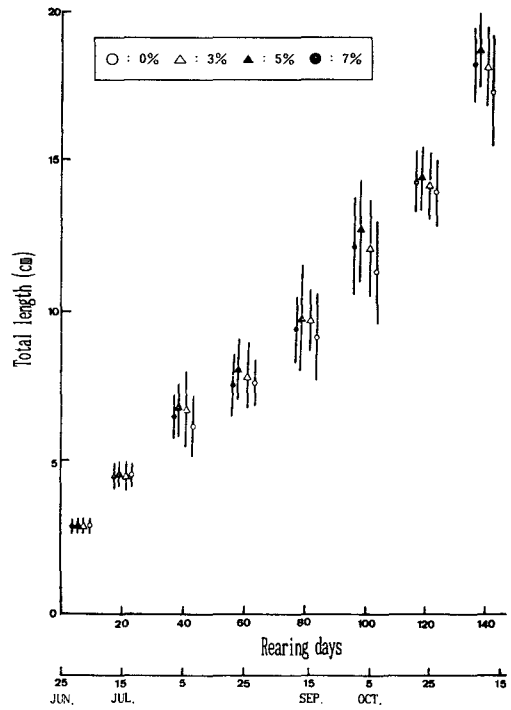


Fig. 3. Growth of total length of young *Sebastes schlegeli* fed diets supplemented with seamustard powder.

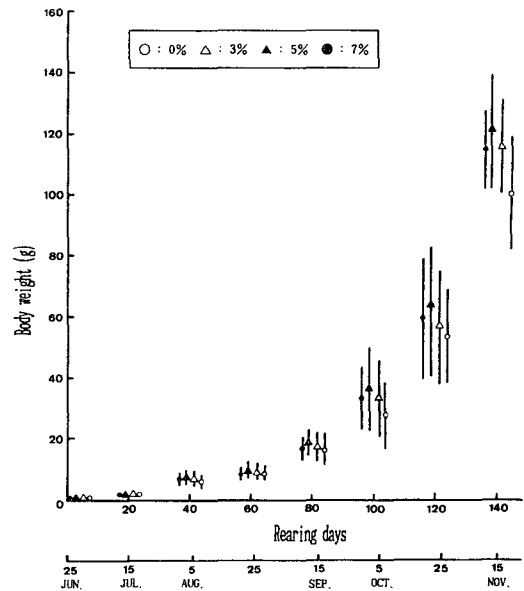


Fig. 4. Growth of body weight of young *Sebastes schlegeli* fed diets supplemented with seamustard powder.

식을 구하여 보면,

0%구: $BW = 1.2659 \times 1.0319^D$ ($r^2 = 0.9888$)

3%구: $BW = 1.2795 \times 1.0329^D$ ($r^2 = 0.9862$)

5%구: $BW = 1.3217 \times 1.0334^D$ ($r^2 = 0.9858$)

7%구: $BW = 1.2298 \times 1.0333^D$ ($r^2 = 0.9905$)

로 표시된다. 각 구별 體重成長 경향에 대한 기울기의 차이유무를 F검정한 결과, 대조구인 0%구에 대하여 3%구, 5%구 및 7%구 모두 99%의 유의수준에서 차이를 나타냈으며, 5%구와 3%구 및 5%구와 7%구 사이에서는 99%의 유의차를 보인 반면, 3%구와 7%구 사이에는 유의차가 인정되지 않았다.

실험기간중 공급한 각 실험사료의 체중성장에 대한 효율은 Table 3과 같으며, 대조구인 0%구에서 55.6%로 낮았고, 미역분말을 첨가하였던 3~7%구에서는 58.0~59.2%로 높았다.

한편, 각 실험구별 사육어의 생존율은 Fig. 5와 같이, 5일째까지는 서로 비슷하여 95.0~97.5% 범위에서 0%구가 다소 높았다. 그후 사육일수 24일까지 0%구는 지속적으로 폐사한 반면, 미역분말을 첨가하였던 3~7%구는 완만한 폐사경향을 나타냈으며, 실험종료시에는 7%구 96.3%, 5%구 95.0%, 3%구 93.8% 및 0%구 88.8%의 순으로 생존율이 높았다.

3. 魚體成分 組成

사육일수에 따른 어체 등筋肉의 성분조성 변화는 Table 4와 같다. 수분함량은 모든 실험구에서 실험개시시 78.05%였으나, 사육 80일째에는 대조구인 0%구에서 77.38%로 거의 감소하지 않은 반면, 3%구, 5%구, 7%구는 각각 76.86%, 76.63%, 76.49%로 나타나 미역분말 첨가량이 많아짐에 따라 다소 적어지는 경향을 보였다. 140일째에는 실험개시시 보다 다소 낮은 수분함량을 보였는데, 0%구에서는 76.17%로 1.9% 감소한데 비해 3~7%구에서는 75.27~75.97%로 평균 2.3% 줄어들었다.

粗蛋白質 함량은 실험개시시에 18.06%였으나, 사육 80일째에 0%구에서는 18.51%였고 미역분말 첨가구에서는 다소 높은 18.75~18.90%를 나타냈다. 실험종료시인 사육 140일째에는 3%구에서 다소 높은 20.61%였으며, 0%구, 5%구, 7%구는 19.82~20.03%로 각 실험구별 차이는 거의 인정되지 않았지만, 실험개시시보다는 전체적으로 평균 1.42% 늘어났다.

粗脂肪 함량은 실험개시시 1.45%였던 것이 사육 80일째 3~7%구에서는 2.58~3.05%로 0%구의

Table 3. Feed efficiency of young *Sebastes schlegelii* fed diets supplemented with seamustard powder

Diet	Feed efficiency(%)*
0%	55.6
3%	59.2
5%	58.7
7%	58.0

* $[(\text{Final body weight} + \text{Body weight of dead fishes}) - \text{Initial body weight}] \times 100 / \text{Feed amount}$.

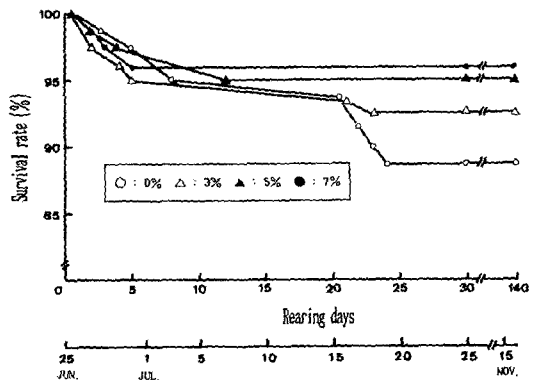


Fig. 5. Survival rate of young *Sebastes schlegelii* fed diets supplemented with seamustard powder.

2.17% 보다 약간 높았다. 사육 140일째에서도 80일째와 비슷하게 0%구에서 가장 낮은 2.45%였으나, 3~7%구에서는 2.69~2.84%로 0%구 보다 다소 높았다. 그러나 全內臟의 粗脂肪 함량은 0%구에서 21.88%로 가장 낮았던 반면, 미역분말을 첨가하였던 3% 및 7%구는 각각 26.33%, 28.15%로 높게 나타났으며, 특히 5%구에서 32.32%로 가장 높았다.

粗灰分은 실험개시시 2.44%였으나, 0%구에서는 사육 80일째 1.94%, 140일째 1.35%로 뚜렷한 감소를 보였다. 이러한 경향은 3~7%구에서도 보여졌는데, 미역분말 첨가량이 많아질수록 감소율은 낮아지는 경향이였다.

4. 血液 組成

혈액 조성은 Table 5에 나타낸 바와 같이 0%구 및 3~7%구에서의 헤마토크릿값은 각각 34.68% 및 36.00%, 36.84%, 38.50%로서 0%구에 비해 미역첨가구에서 높았으며, 0%구와 3%구 사이에는

Table 4. Proximate composition(%) of dorsal muscle of young *Sebastes schlegeli* fed diets supplemented with seamustard powder

Component	Diet	Rearing days		
		1	80	140
Moisture	0%	78.05	77.38	76.17
	3%	78.05	76.86	75.27
	5%	78.05	76.63	75.88
	7%	78.05	76.49	75.97
Crude protein	0%	18.06	18.51	20.03
	3%	18.06	18.75	20.61
	5%	18.06	18.80	19.82
	7%	18.06	18.90	19.85
Crude lipid	0%	1.45	2.17	2.45 (21.88)
	3%	1.45	2.77	2.72 (26.33)
	5%	1.45	3.05	2.84 (32.32)
	7%	1.45	2.58	2.69 (28.15)
Crude ash	0%	2.44	1.94	1.35
	3%	2.44	1.62	1.40
	5%	2.44	1.52	1.46
	7%	2.44	2.03	1.49

(): Rate of crude lipid in whole viscera.

Table 5. Blood properties of young *Sebastes schlegeli* fed diets supplemented with seamustard powder

Diet	Hematocrit (%)	Hemoglobin (g/100 ml)	MCV ¹ (μm^3)	MCH ² ($10^{-12} g$)	MCHC ³ (%)	MRBC ⁴ ($10^6/mm^3$)
0%	34.68 ^a	12.52 ^a	137.40 ^b	47.42 ^b	34.32 ^a	2.53 ^a
3%	36.00 ^{ab}	11.72 ^a	129.80 ^a	44.02 ^a	33.90 ^a	2.57 ^a
5%	36.84 ^b	12.44 ^a	138.80 ^b	47.30 ^b	34.44 ^a	2.75 ^b
7%	38.50 ^b	12.68 ^a	131.80 ^a	43.88 ^a	33.06 ^a	2.85 ^b

¹ Mean corpuscular volume.

² Mean corpuscular hemoglobin.

³ Mean corpuscular hemoglobin concentration.

⁴ Mean number of red blood cell.

^{ab} Mean separation within columns by DMRT 5% level.

95% 수준에서 有意差가 없었으나, 0%구와 5%, 7%구 사이에는 有意差가 인정되었다. 그러나 미역 분말 첨가구인 3%구, 5%구 및 7%구 사이에는 有意差가 없었다.

혈액 100 ml당 헤모글로빈량은 3%구에서 최저치인 11.72 g을 보인 반면, 7%구는 12.68 g으로 최고치를 나타냈다. 5%구와 0%구는 각각 12.44 g,

12.52 g으로 서로 비슷하였으며, 각 실험구별 유의차는 인정되지 않았다.

적혈구의 平均容積은 3%구에서 129.80 μm^3 로 가장 작았고, 5%구에서 가장 큰 값인 138.80 μm^3 였으나, 0%구와 미역첨가구 사이의 차이는 뚜렷한 경향을 보이지 않았다.

적혈구의 平均血色素量은 3%구와 7%구는 44.02

$\times 10^{12} g$ 및 $43.88 \times 10^{12} g$ 으로 낮은 값을 보였고, 0%구 및 5%구는 $47.42 \times 10^{12} g$, $47.30 \times 10^{12} g$ 으로 비교적 많았지만, 0%구와 미역첨가구 사이의 차이에 대한 일정한 경향은 없었다.

적혈구의 平均血色素濃度は 0%구 및 5%구에서 34.32%, 34.44%로 높은 반면, 3%구와 7%구에서는 33.90%, 33.06%로 다소 낮게 나타나, 적혈구의 平均血色素量과는 반대의 경향을 보였으나, 0%구와 미역첨가구 사이에 95%의 有意水準에서 차이가 인정되지 않았다.

적혈구의 平均數는 0%구 및 미역분말 첨가구인 3~7%구에서 각각 $2.53 \times 10^6/mm^3$, $2.57 \times 10^6/mm^3$, $2.75 \times 10^6/mm^3$, $2.85 \times 10^6/mm^3$ 로 3~7%구에서 많았으며, 미역분말 첨가량이 많아짐에 따라 약간 증가하였다. 0%구와 3%구, 5%구와 7%구 사이에는 95% 수준에서 有意差가 없었지만, 0%구와 미역분말 첨가구인 5~7%구 사이에는 有意差가 인정되었다.

5. 肝 組織像

140일간의 사료별 사육실험을 종료한 후, 각 실험구별 어체의 肝 組織像을 비교하여보면, Fig. 6과 같이 혈관을 중심으로 肝 細胞가 방사상으로 배열한 가운데, 대조구인 0%구에서는 角形을 이루며 세포간의 경계가 명확하고 管狀의 肝 細胞 덩어리를 형성하고 있으나, 3~7% 미역분말 첨가구에서의 세포는 거의 圓形에 가깝고 세포간의 경계는 불명확하며, 그 평균크기는 0%구의 $17.5 \mu m$ 에 비해 $18.0 \sim 19.4 \mu m$ 로 약간 비대해지는 경향을 나타냈다.

6. 低酸素 耐性

각 실험사료별로 사육실험을 마친 다음의 어체를 이용하여 酸素飽和度의 감소에 대한 經時的인 반응을 관찰한 결과, 어체가 橫轉 및 橫臥에 이르기까지의 酸素飽和度와 時間은 Fig. 7과 같다. 대조구인 0%구에서의 어체 橫轉은 酸素飽和度 29% (30분 경과)일 때 최초로 관찰되었고, 3~7%구는 酸素飽和度 26% (41분 경과)부터 22% (49분 경과) 사이에서 보여졌다. 한편, 橫臥는 0%구에서 酸素飽和度 14% (70분 경과)일 때, 3~7%구에서는 酸素飽和度 10~11% (80~90분 경과)일 때 관찰됨으로써, 미역분말 첨가구가 대조구인 0%구에 비하여 低酸素에 대한 耐性이 강함을 알 수 있었다.

7. 飢餓時 魚體의 成分變化

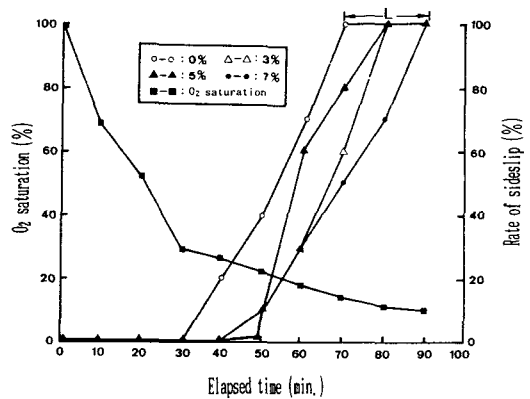


Fig. 7. Reaction of young *Sebastes schlegeli* fed diets supplemented with seamustard powder under the condition of O₂ saturation. L: Lying down.

가. 魚體重

미역분말을 첨가한 사료별 실험종료후 각 실험구별로 31일간 굶긴 다음의 魚體重 변화는 Table 6과 같다. 0%구에서의 魚體重은 실험개시시의 $100.04 \pm 19.41 g$ 으로 부터 $92.42 \pm 21.0 g$ 으로 줄어 들어 모든 실험구중 가장 높은 7.5%의 감소율을 나타낸 반면, 3~7%구에서는 4.0~5.4%의 낮은 감소율을 보였고, 특히 7%구의 감소율이 가장 낮았다.

나. 魚體成分組成

飢餓後 어체의 성분변화를 보면, Table 7과 같이 수분함량은 모든 실험구에서 증가하였는데, 대조구인 0%구는 飢餓前의 76.17%에서 78.93%로 2.76% 증가한 반면, 미역분말 첨가구인 3~7%구에서는 1.62~2.27%로 增加幅이 작았다.

粗蛋白質 함량은 대조구인 0%구에서 1.47%로 가장 많이 감소하였으나, 3~7%구에서는 전반적으로 0%구 보다 적은 0.20~0.80%의 감소폭을 나타냈다.

粗脂肪은 대조구인 0%구에서 1.24% 감소하였으며, 3~7%구에서는 1.19~1.51% 감소하였다. 한편, 全內臟의 지방을 분석한 결과에서는 0%구에서 11.13%로 가장 적게 감소한 반면, 3~7%구에서는 14.06~18.97%로 감소폭이 컸다.

粗灰分에 있어서는 0%구와 3%구에서 0.05%씩 감소하였고 미역분말 첨가량이 비교적 많은 5% 및 7%구는 0.13%씩 감소하여, 미역분말 첨가와 비첨가 실험구 사이에 뚜렷한 경향은 보이지 않았다.

다. 血液組成

飢餓後 魚體內 혈액조성의 변화(Table 8)에서의 해

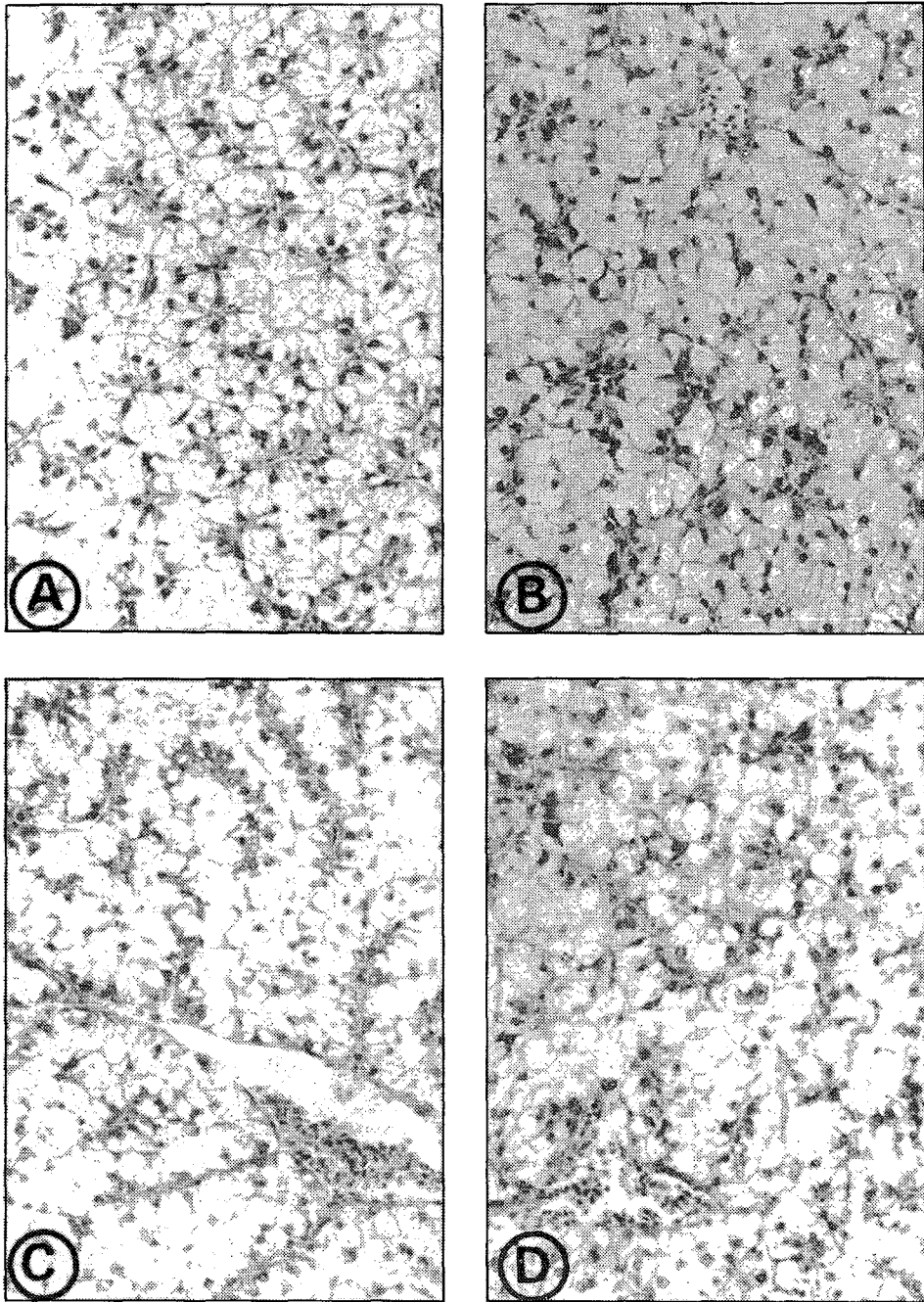


Fig. 6. Micrographs of cross section of liver tissues in young *Sebastes schlegeli* fed diets supplemented with seamustard powder at the end of experiment. A: Group fed diets with nonsupplement of seamustard powder, B: Group fed diets with 3% supplement of seamustard powder, C: Group fed diets with 5% supplement of seamustard powder, D: Group fed diets with 7% supplement of seamustard powder. $\times 265$.

Table 6. Change of body weight in young *Sebastes schlegeli* after 31 days starved

Body weight (g)	Diet with seamustard powder rate of			
	0%	3%	5%	7%
Initial	100.04 ± 19.41	115.23 ± 15.42	120.64 ± 19.32	114.83 ± 13.55
Final	92.42 ± 21.00	108.99 ± 15.71	115.20 ± 18.50	110.15 ± 17.28
Loss (%)	7.52 (7.5)	6.24 (5.4)	5.44 (4.5)	4.68 (4.0)

Table 7. Change of proximate composition(%) of dorsal muscle in young *Sebastes schlegeli* after 31 days starved

	Initial				Final				% Loss			
	0%	3%	5%	7%	0%	3%	5%	7%	0%	3%	5%	7%
Moisture	76.17	75.27	75.88	75.97	78.93	77.54	77.50	77.82	△2.76	△2.27	△1.62	△1.85
Crude protein	20.03	20.61	19.82	19.85	18.56	19.81	19.52	19.63	1.47	0.80	0.20	0.22
Crude lipid	2.45 (21.88)	2.72 (26.33)	2.84 (32.32)	2.69 (28.15)	1.21 (10.75)	1.30 (12.27)	1.65 (13.35)	1.18 (13.19)	1.24 (11.13)	1.42 (14.06)	1.19 (18.97)	1.51 (14.96)
Crude ash	1.35	1.40	1.46	1.49	1.30	1.35	1.33	1.37	0.05	0.05	0.13	0.13

(): Rate of crude lipid in whole viscera, △ : Increase.

Table 8. Change of blood properties in young *Sebastes schlegeli* after 31 days starved

	Hematocrit (%)	Hemoglobin (g/100 ml)	MCV ¹ (μm^3)	MCH ² ($10^{-12} g$)	MCHC ³ (%)	MRBC ⁴ ($10^6/mm^3$)
Initial						
0%	34.68	12.52	137.40	47.42	34.32	2.53
3%	36.00	11.72	129.80	44.02	33.90	2.57
5%	36.84	12.44	138.80	47.40	34.44	2.75
7%	38.50	12.68	131.80	43.88	33.06	2.85
Final						
0%	36.74	12.28	149.20	49.92	35.90	2.46
3%	35.66	12.14	140.00	47.58	34.20	2.55
5%	33.98	11.44	136.60	46.94	33.58	2.43
7%	34.54	11.72	124.20	42.06	33.86	2.79
Loss						
0%	△2.06	0.24	△11.8	△2.50	1.58	0.07
3%	0.34	△0.42	△10.7	△3.56	0.30	0.02
5%	2.86	1.00	2.2	0.46	0.86	0.32
7%	3.96	0.96	7.6	1.82	△0.80	0.06

¹ Mean corpuscular volume.

² Mean corpuscular hemoglobin.

³ Mean corpuscular hemoglobin concentration.

⁴ Mean number of red blood cell.

△: Increase.

마토크리트값은 미역첨가 실험구에서 0.34~3.96% 줄어든 반면, 대조구인 0%구에서는 오히려 2.06% 증가하였다.

혈액 100 ml당 헤모글로빈량은 3%구에서만 0.42 g 증가하였을 뿐, 0%구, 5%구, 7%구는 각각 0.24 g, 1.00 g 및 0.96 g 감소하였다.

적혈구의 平均容積은 대조구인 0%구에서 11.8 μm^3 , 3%구에서 10.7 μm^3 증가하였으나, 5%구, 7%구에서는 각각 2.2 μm^3 , 7.6 μm^3 감소하였다.

적혈구의 平均血色素量은 적혈구의 平均容積과 같이 0%구와 3%구에서 각각 2.50×10^{-12} g, 3.56×10^{-12} g 증가한 반면, 5%구와 7%구에서는 각각 0.46×10^{-12} g, 1.82×10^{-12} g 감소하였다.

적혈구의 平均血色素濃度에 있어서는 7%구에서만 0.80% 증가하였고 0%구에서는 1.58%, 3% 및 5%구는 각각 0.30%, 0.86% 감소하였다.

적혈구의 平均數는 모든 실험구에서 감소하여 3%구에서는 $0.02 \times 10^6/\text{mm}^3$ 로 가장 적게 감소한 반면, 5%구에서는 $0.32 \times 10^6/\text{mm}^3$ 로 감소폭이 가장 컸다. 대조구인 0%구는 $0.07 \times 10^6/\text{mm}^3$, 7%구는 $0.06 \times 10^6/\text{mm}^3$ 감소하였다.

考 察

양식어류에 대한 藻類의 유용성에 관하여 최초로 연구한 예는 養殖 은어에게 天然 은어의 香을 갖게하기 위하여 粉末化한 과래와 크로바를 사료에 혼합투여하여 좋은 결과를 얻어낸 것이었다(宮地, 1960). 그후 참돔에 褐藻類인 *A. nodosum* 및 미역을 첨가하여 사료효율이 개선된 결과(Yone et al., 1986)를 비롯하여 사료에 갈파래의 첨가가 같은 크기의 참돔 성장에 효과가 있거나(Labra 등, 1985), 없는(中川 등, 1985a) 등 서로 상반된 연구 결과도 있어, 研究者와 魚種에 따라 차이가 있을 수 있음이 드러나고 있다. 그러나, 사료 첨가물로서의 藻類가 양식어류의 生理的 條件의 개선에 효과가 있다는 것은 일반적으로 여러 연구에서 입증되고 있다(中川 등, 1984; 中川 등, 1985b; Nakagawa and Kasahara, 1986; 中添 등, 1986; Yone et al., 1986a, b; Satoh et al., 1987).

본 연구에서는 미역을 첨가한 사료가 조피볼락의 성장, 사료효율, 體成分 組成 및 生理機能에 좋은 효과를 주는 것으로 나타났다. 실험과정중 미역첨가 및 비첨가 사료에 대하여 어체는 嗜好性的 차이없이 실험구 모두에서 양호한 攝食反應을 보

였으나, 全長 및 體重의 성장에서 대조구인 0%구보다 미역첨가 실험구들에서 성장량이 많았으며, 특히, 5%구가 가장 좋았던 것은 Yone et al.(1986a)이 참돔에게 미역과 *A. nodosum*을 첨가한 사료를 공급하였을 때, 5% 미역 첨가구에서 가장 좋았다는 결과와도 일치한다.

미역 첨가사료별 실험에서의 생존율은 미역첨가 3~7%구에서 평균 95.00%로 대조구인 0%구의 88.75% 보다 높았는데, 갈파래를 10% 첨가하여 먹인 감성돔의 연구에서도 대조구 93.9%, 첨가구 96.3%로 나타나(中川 등, 1984), 해산어류의 사육에 있어서 사료에의 海藻類 첨가는 생존율을 다소나마 높일 수 있는 것으로 생각된다.

최근까지 양어사료의 영양성분이 갖는 유효성은 주로 성장 및 생존율과 사료효율을 중심으로 평가되어 왔으나, 사료를 충분히 공급하여 양식한 어류는 일반적으로 지방함량이 많고 肉質의 硬度가 낮아 맛이 좋지 않으므로(Nakagawa and Kasahara, 1986), 그 평가방법이 다양해져야 한다. 참돔의 경우, 사료에 갈파래를 첨가하여 줌으로써 근육 및 腹腔內 지방조직의 지질량이 감소하고 脂肪酸 組成에도 변화가 생겨나, 腹腔內 지방조직에 高度 不飽和脂肪酸이 증가하는 것으로 알려져 있다(Nakagawa and Kasahara, 1986). 그러나 감성돔의 경우에는 이와 반대로 등筋肉 및 內臟의 지질함량이 증가한다는 결과(中川 등, 1984)도 있어 동일한 海藻類를 사료에 첨가하여 주더라도 어종에 따라 근육 및 內臟에 지방의 축적 경향이 다를 수 있다. 본 연구에서는 조피볼락의 사료에 미역을 첨가하여준 결과, 실험종류시의 어체성분 조성에 있어서 사육일수에 따른 水分, 粗蛋白質, 粗脂肪 및 粗灰分의 함량 변화는 각 실험구별로 큰 차이를 나타내지는 않았으나, 全內臟의 粗脂肪 함량에서만 대조구인 0%구 보다 미역첨가구에서 높게 나타나 中川 등(1984)의 연구결과와 일치하고 있다. 이러한 결과는 아직까지 연구자마다 그 이유를 밝히지 못하고 있으나, 內臟脂肪의 증가가 어체의 영양대사와 어떠한 상관관계를 갖는지 알아보기 위하여는 內臟脂肪中 高度 不飽和脂肪酸量의 精密 分析이 함께 이루어져야 할 것이다.

中川 등(1982b)의 연구결과에 의하면, 활동성이 강한 방어는 화학적 자극과 어체 취급시의 흥분에 의해 血中 헤모글로빈의 酸素結合 能力弱화로 체내의 산소결핍이 유발됨으로써, 헤마토크리트값의 급격한 상승이 일어나 어체는 사망하게 된다고 하였다. 본 연구에서는 미역첨가 사료구에서 헤마토

크릿값이 높게 나타났는데, 어체에게 자극을 주지 않았던 상태에서 측정된 것이므로 정상 활동시의 魚體內 적혈구 크기가 대조구에 비해서 다소 컸다는 의미로 해석되며, 동시에 적혈구의 平均數가 증가했던 것은 어체가 산소의 결핍상태에 달한 것이 아니라 오히려 외부자극에 대한 저항력을 키워주는 활성강화 요인이 되었던 것으로 판단된다.

본 연구의 결과에서 미역분말을 첨가하지않은 0%구의 肝 組織像은 角形의 세포형태를 보인 반면, 3~7%구에서는 圓形으로 변형되었고 그 크기가 7.4%가량 비대해져, 미역첨가구에서 모종의 물질이 축적되었을 가능성을 암시하고 있다. 肝의 조직화학적분석을 하지않았던 본 연구에서는 그 물질이 무엇인지 명확히 밝힐 수는 없었다. 그러나 잉어에서 사료중 澱粉이나 炭水化物的 함량이 증가함에 따라 肝臟의 비대 및 糖이나 글리코겐이 현저하게 축적된다는 早山·池田(1967) 및 示野(1971)의 연구결과에 비추어 봤을 때, 미역분말을 첨가한 사료구에서는 肝 細胞中에 糖이나 글리코겐의 축적이 일어날 가능성은 높은 것으로 판단된다.

中川 等(1984)은 감성돔에게 갈파래 첨가사료를 먹인 다음 실시한 실험구별 低酸素耐性 실험에서 최초의 橫轉個體가 출현한 酸素飽和度는 대조구에서 23%, 갈파래 첨가구에서 12%였다고 하였는데, 대조구 29%, 3~7%의 미역분말 첨가구 22~26%의 酸素飽和度에서 최초의 橫轉個體가 관찰되었던 본 연구의 결과와 비슷한 경향을 나타내고 있다. 이러한 결과는 사료에의 海藻類 첨가가 환경변화에 대한 어류의 生理的 耐性を 향상시킬 수 있다는 것을 의미한다. 中川 等(1984)이 연구한 감성돔에 비해 본 연구에서의 조피볼락이 더 높은 酸素飽和度에서 橫轉하였던 것은 호흡시 산소결합 능력의 魚種間 차이, 실험시 어체의 크기 및 수온 차이 등에 起因한 것으로 보인다.

자연상태에서의 어류가 먹이를 먹지 못하고 굶었을 때는 체내의 저장물질을 효과적으로 이용한다. 오랫동안 굶으면 수분함량은 증가되고 근육의 지방함량이 감소하는데, 이는 飢餓時 어체가 체중 감소를 억제하기 위해 貯藏脂肪을 우선적으로 소모하며, 肝의 triglyceride가 활성화되기 때문이다 (Nakagawa and Kasahara, 1986). 본 연구의 결과에서도 미역을 첨가한 사료로 사육한 어류는 全內臟의 粗脂肪 함량이 미역분말을 첨가하지 않았던 0%구 보다 많이 감소하고 粗蛋白質은 그와 반대의 결과를 보였는데, 이것은 어체가 飢餓時 內臟에 축적되어 있는 지방을 먼저 소비하기 위하여 지방의

분해를 촉진시키는 대신, 단백질의 분해를 억제함에 의한 것으로 보인다.

中川(1990a, b, c)는 사료에 藻類添加가 양식어류에 미치는 영향을 알아보기 위하여 은어, 감성돔, 참돔, 방어, 병에돔 등을 대상으로 肉質, 體成分, 스트레스 耐性, 耐病性 및 생리상태 등을 연구하였는데, 魚種別, 添加 藻類別에 따라 서로 다른 결과도 얻어지긴 하였으나, 대체적으로 藻類의 첨가가 養殖魚類에 긍정적 영향을 미치는 어떤 代謝作用이 있다는 점을 제시하고 있다. 이러한 藻類에 포함된 유효성분의 檢索은 chlorella를 비롯하여 미역, 갈파래, 다시마 등에 대한 연구가 진행되고 있으나 아직까지는 밝혀진 바 없다.

本 研究의 結果 및 지금까지의 考察을 綜合하여 볼 때, 양식어류의 사료에 藻類를 첨가하여 주는 것은 어체의 生理活性 증진에 유효하며, 魚肉의 질적 향상을 꾀할 수 있는 것으로 보인다. 특히, 조피볼락의 양식에 있어 사료에 미역분말을 첨가해주는 것은 어체의 생리조건에 도움을 줄 것이며, 첨가량은 5% 정도가 가장 적합할 것으로 생각된다. 그리고 본 연구에서 사료에 섞어주었던 미역분말은 養殖미역의 加工時에 폐기되는 줄기 및 葉體 조각 등으로 제조되었기 때문에, 앞으로 이와 같은 연구가 조피볼락의 成魚 및 他 魚種에게도 이루어진다면, 현재 미역양殖 團地에서 처리에 부실하고 있는 미역가공 폐기물을 유효이용함으로써 養殖場의 環境保全과 海藻養殖家의 소득증대에도 도움이 될 것으로 판단된다.

要 約

해조류를 첨가한 사료가 조피볼락의 어린 시기에 미치는 생리적 효과를 알아보기 위하여, 全長 2.99 ± 0.23 cm, 體重 1.03 ± 0.18 g의 人工種苗에게 미역분말을 각각 3%, 5%, 7% 첨가한 사료와 비첨가 사료를 주면서 140일간 사육하여 全長 18.52 ± 1.07 cm, 體重 120.64 ± 19.32 g이 될 때까지의 魚體 成長, 生存率, 體組成, 血液組成을 서로 비교하고, 低酸素 및 飢餓 耐性에 관한 생리활성을 연구하였다.

1. 全長과 體重의 성장은 5%의 미역 첨가시 가장 좋았으며, 3%, 7%, 대조구인 0% 순이었다.
2. 실험구별 사료효율은 3%, 5%, 7%, 0%구의 순으로 높았으며, 생존율은 7%, 5%, 3%,

- 0%구 순이었다.
3. 사육종료시의 體組成에 있어 등筋肉의 水分, 粗蛋白質, 粗脂肪 및 粗灰分은 실험구별로 큰 차이를 보이지 않았으나, 全內臟의 粗脂肪 함량은 미역 첨가구가 대조구에 비해 많았다.
 4. 미역 첨가구는 0%구 보다 헤마토크릿값이 크고, 平均赤血球數도 많았다.
 5. 실험종료시 사료별 어체의 低酸素耐性은 미역 첨가구가 대조구에 비해 강했다.
 6. 사육실험 종료후 31일간의 飢餓 實驗에서 미역 첨가구의 어체중은 대조구에 비해 적게 감소하였다.
 7. 조피볼락 養殖에서 사료에 미역을 첨가해 줄 경우, 그 비율은 5%가 가장 적합하며 어체의 生理條件에 좋은 영향을 줄 수 있는 것으로 판단되었다.

謝 辭

본 연구과정중 실험재료 및 사육수조를 사용할 수 있도록 협조해 주신 國立水産振興院 莞島水産 種苗培養場의 金相根 前장장과 연구원 여러분께 謝意를 표한다. 그리고 어체의 성분분석과 자료의 통계처리를 도와주신 國立水産振興院 李泰植 박사 와 全南農村振興院 金正根 박사, 혈액분석에 협조해 주신 莞島醫院 文齋宇 씨와 사료제조에 협력해 주신 鄭弘益 씨 및 자료정리에 助力하여 준 釜山水産大學校 養殖學科 養殖生理學研究室의 학생 여러분께도 感謝드린다.

參 考 文 獻

- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemicals, 14th edition. Arlington. AV: 1141 pp.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics* 11: 1~42.
- Nakagawa, H. and S. Kasahara. 1986. Effect of *Ulva* meal supplement to diet on the lipid metabolism of red seabream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 52(11): 1887~1893.
- Nakagawa, H., S. Kasahara, A. Tsujimura and K. Akira. 1984. Changes of body composition during starvation in chlorella-extract fed Ayu. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 50(4): 665~671.
- Nematipour, G., H. Nakagawa, S. Kasahara, K. Nanba, A. Tsujimura and K. Akira. 1987. Effect of chlorella-extract *Ulva* supplement to diet on lipid accumulation of Ayu. *Nippon Suisan Gakkaishi* 53(9): 1687~1692.
- Nematipour, G., H. Nakagawa, S. Kasahara and S. Ohya. 1988. Effect of dietary lipid level and chlorella-extract *Ulva* on Ayu. *Nippon Suisan Gakkaishi* 54(8): 1395~1400.
- Satoh, K., H. Nakagawa and S. Kasahara. 1987. Effect of *Ulva* meal supplementation on disease resistance of red seabream. *Nippon Suisan Gakkaishi* 53(7): 1115~1120.
- Yone, Y., M. Furuichi and K. Urano. 1986a. Effects of dietary wakame *Undaria pinnatifida* and *Ascophyllum nodosum* supplements on growth, feed efficiency and proximate compositions of liver and muscle of red seabream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 52(8): 1465~1468.
- Yone, Y., M. Furuichi and K. Urano. 1986b. Effects of wakame *Undaria pinnatifida* and *Ascophyllum nodosum* supplements on absorption of dietary nutrients, and blood sugar and plasma free amino-N levels of red seabream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 52(10): 1817~1819.
- 宮地傳三郎. 1960. *アユの話*. 岩波新書. 東京.
- Labra, G. · 古市政幸 · 米康夫. 1985. *マタイの成長 · 飼料効率および魚體 · 肝臟 · 血液成分におよぼすアオサの影響*. 昭和60年度 日本水産學會春季大會 講演要旨集: p. 58.
- 示野貞夫. 1971. 魚類の糖代謝に及ぼす餌料の影響 I. コイ肝臟の glucose-6-phosphatase 活性に及ぼす餌料中の炭水化合物及び蛋白質含量の影響. 日本水産學會春季大會 講演要旨集: No. 46.
- 早山万彦 · 池田靜徳. 1967. 魚類血液の酵素に関する研究 VIII. コイ血液の酵素活性, 血糖量および肝臟の組織像に及ぼす餌料組成の影響. 日本水産學會 講演要旨集: No. 18.
- 佐佐木攻. 1981. クロソイの養殖. 種苗生産と養成について. *養殖* 18(7): 90~95.
- 中川平介. 1990a. 養魚飼料への藻類添加効果(上). *水産の研究* 9(1): 52~56.
- 中川平介. 1990b. 養魚飼料への藻類添加効果(中). *水産の研究* 9(2): 51~54.

- 中川平介. 1990c. 養魚飼料への藻類添加効果(下). 水産の研究 9(3): 31~37.
- 中川平介・稲塚洋一郎・山崎繁久・平田八郎・笠原正五郎. 1982a. 養殖ハマチに及ぼすクロレラエキス添加飼料の効果-I. 成長および血液性状に及ぼす添加飼料の効果. 水産増殖 30(2): 68~75.
- 中川平介・笠原正五郎・杉山英之・和田功. 1984. クロダイに對するアオサ添加飼料の効果. 水産増殖 32(1): 20~27.
- 中川平介・笠原正五郎・宇野悦央・見奈美輝彦・明樂公男. 1983. 養殖アユの血液性状, 體成分に及ぼすクロレラエキス添加飼料の効果. 水産増殖 30(4): 192~201.
- 中川平介・笠原正五郎・井上聰. 1985a. マダいの體脂質に及ぼすアオサ粉末の投與效果. 昭和60年度 日本水産學會春季大會 講演要旨集: p. 58.
- 中川平介・熊井英水・中村元二・笠原正五郎. 1982 b. 養殖ハマチに及ぼすクロレラエキス添加飼料の効果-II. 血液性状からみた負荷(空氣中放置)抵抗力への效果. 水産増殖 30(2): 76~83.
- 中川平介・熊井英水・中村元二・笠原正五郎. 1985 b. 養殖ハマチの血液・體成分に及ぼす藻類添加飼料の効果. 日本水産學會誌 51(2): 279~286.
- 中添純一・木村關男・横山雅仁・飯田逸. 1986. 飼料への藻類および脂質添加がメジナの成長および體成分組成に及ぼす影響. 東海區水研報 120: 43~51.

1993년 10월 25일 접수

1994년 1월 6일 수리