

황토 첨가 사료가 조피볼락의 혈청성분에 미치는 영향

강동수* · 조영철¹ · 최옥수² · 이영재 · 김해섭 · 배태진

여수대학교 식품공·영양학부
¹전라남도 수산시험연구소
²순천제일대학 식생활과

Effects of Dietary Yellow Loess on Serum Constituents in Korean Rockfish, *Sebastes schlegeli*

Dong-Soo Kang*, Yeong-Chul Cho¹, Ok-Soo Choi², Young-Jae Lee, Hae-Sub Kim and Tae-Jin Bae

Division of Food Technology and Nutrition, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

¹Chllanarndo Fisheries Research Institute, Sinan 535-802, Korea

²Department of Food Science, Sunchon First College, Sunchon 540-744, Korea

Abstract

This study was performed to define the effects of various levels (0~15%) of dietary yellow loess on serum constituents in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). After seven weeks of feeding trial, hemoglobin, protein, albumin, triglyceride, cholesterol and bilirubin in serum were investigated. Chemical composition of yellow loess were composed of SiO₂ 49.80%, Al₂O₃ 27.50%, FeO₃ 8.33%, CaO 0.09%, MgO 0.64%, K₂O 1.62%, Na₂O 0.12%, P₂O₅ 0.20% and MnO 0.03%. Serum levels of total protein and albumin showed higher values the yellow loess addition groups than the control group, and the values of protein and albumin were increased with dietary yellow loess level. Serum levels of triglyceride and cholesterol in the groups fed yellow loess were lower than those in the group fed control diet. And these values decreased with dietary yellow loess level up 10%, then increased with 15% yellow loess diet. The values of bilirubin in serum significantly decreased with dietary yellow loess level up 10%, then increased with 15% yellow loess diet. Hemoglobin level from rockfish fed 7.5% and 10% yellow loess diet were significantly higher than those from fed the control diet.

Key words – Korean rockfish, yellow loess, serum, protein, albumin, triglyceride

서 론

고품질의 양식수산식품의 생산과 양식산업 안정을 위하여 질 높은 사료개발이 선행되어야 한다. 가축과 같이 어

류 또한 무기질(mineral)을 필요로 하고, 이러한 무기질은 골격 형성, 삼투압 조절, 산-염기의 평형 및 각종 효소와 조효소의 보조인자로 작용하여 생체활동과 성장에 관여하며 무기질의 섭취가 부족하면 성장 및 사료효율이 감소하고 폐사율이 높아지거나 대사적 불균형으로 인해 여러 가지 부작용을 초래하게 된다[15].

어류는 아가미와 피부를 통해 환경수로부터 많은 무기

*To whom all correspondence should be addressed
Tel: 061-659-3413, Fax: 061-659-3410
E-mail: ds777@yosu.ac.kr

질을 흡수 배설하고, 먹이 중의 무기질은 장으로 흡수되는데 고밀도 사육이 이루어지는 어종에서는 자연상태에서 무기질을 모두 섭취하기가 어렵기 때문에 양식어류의 성장과 사료효율을 최대한 높이기 위해서는 사료내 무기질의 첨가는 필수적이다. 하지만 해산양식어의 경우에 있어서는 환경수와 사료중의 단백질원으로 이용되는 어분에 각종 무기질이 함유되어 있어 사료내 적정 요구량을 결정하기가 어렵다.

Zeolite를 가축용 사료에 첨가한 결과 발육촉진, 장내 유독가스 흡착 배설, 사료효율 개선, 사료비 절감효과가 있는 것[13,16]에 착안하여, 적조발생시 수산물 피해 방지를 위해 현장에 살포하는 황토는 적조생물을 흡착 제거시키는 효과뿐만 아니라 해양 퇴적물에서 해양환경에 나쁜 영향을 미치는 혐기적 분해 및 황산염환원 세균의 성장을 저지시키는 효과[3]도 가지고 있다.

어류 양식이 성행하면서 이들 어류의 영양 및 질병관리, 수질 변화에 따른 스트레스 해석의 차원에서 어류의 혈액 성분과 효소활성에 대한 연구가 수행되어 오면서 각 어종의 정상 혈액 성분만 조사되어 있으면 혈액성분의 변화로 어체의 건강상태를 어느 정도 판단이 가능하고, 사료의 필수영양소의 결핍이나 그 어종이 처해있는 서식환경 및 성장상태에 따라서도 조직이나 혈액성분이 변화된다고 보고되었다[7,18].

본 연구에서는 고품질의 양식수산식품의 개발을 위한 기초자료를 얻고자 zeolite와 화학적 조성이 비슷한 황토를 사료에 첨가하여 저수온기의 자연수온에서 조피볼락의 혈액성분에 미치는 변화를 검토하였다.

재료 및 방법

실험어 및 사육관리

실험어는 전라남도 수산시험연구소 종묘배양장에서 생산된 조피볼락을 사용하였으며, 예비사육 후 평균체중 176g내외의 실험어를 200ℓ 수조에 20마리씩 2반복으로 수용하여 7주 동안의 사육을 하였다. 유수량은 4~5ℓ/min로 조절하고 충분한 산소공급을 위해 에어스톤을 설치하였으며, 수온은 자연수온으로 7.5~21.8℃로 사육하면서 1일 2회(오전 9시, 오후 5시)로 나누어 반복에 가깝게 사료를 공급하였다.

실험사료

본 연구에 사용한 실험사료는 Table 1에서 나타낸 것과 같이 제조하였다. 단백질원으로는 북양어분을 사용하였고, 지질원으로는 오징어 간유를, 탄수화물원으로는 텍스트린을 사용하였으며, 황토는 증류수와 함께 섞어 이물질을 제

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredient	Diet No.					
	1	2	3	4	5	6
White fish meal	60	60	60	60	60	60
Dextrin	15	15	15	15	15	15
Squid liver oil	8	8	8	8	8	8
Vitamin premix ¹	3	3	3	3	3	3
Mineral premix ²	4	4	4	4	4	4
Sodium alginate	3	3	3	3	3	3
α -cellulose	7	7	7	7	7	7
Yellow loess	0	5	7.5	10	12.5	15
Nutrient content(% in dry matter basis)						
Protein	48.00	46.15	45.28	44.44	43.63	42.86
Lipid	6.40	6.15	6.03	5.93	5.82	5.71
Ash	13.38	13.91	14.18	14.45	14.72	14.99

¹Halver[7].

²H-440 premix No.5(mineral)[15].

거하고 표준체로 120 mesh이하의 입자들을 사료에 각각 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15%씩 혼합하여 제조하였으며, -30℃에 보관하면서 사용하였다.

황토성분 분석

황토의 무기성분은 유도결합 플라즈마 발광분석기(Inductively Coupled Plasma Spec., JY-38 plus. Jobin-Yvon., France)를 이용하여 분석하였으며, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 직접회화법으로 분석[1]하였다.

채혈 및 혈액분석

실험어는 채혈하기 하루전 섭이행동을 하지 않을 때까지 사료를 충분히 공급한 다음 채혈작업을 실시하기 전까지 절식시키고 혈액 분석용 시료를 채취하였다. 미부동맥으로부터 헤파린 처리된 1회용 주사기로 채혈하고 채혈한 혈액은 실온에 30분 방치 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 상층액을 -70℃에 동결보존하면서 분석하였다. 혈청의 분석은 kit시약(영동제약)을 사용하여 총단백질은 뷰렛법으로, 알부민은 BCG법, 총콜레스테롤과 중성지방은 효소법, 총비리루빈은 Evelyn-Malloy변법으로 분석하였으며, 헤모글로빈은 전혈을 시료로 Kit시약(아산제약)을 이용하여 Cyanmethemoglobin법으로 분석하였다.

통계분석

모든 실험결과는 SPSS professional statistics Ver. 7.5 (SPSS Inc., USA, 1996)를 사용하여 분산분석(ANOVA test)을 수행하였으며, 각 평균간의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test [4]로 p<0.05 수준에서 행하였다.

결과 및 고찰

황토의 화학적 조성

황토의 무기성분 분석 결과는 Table 2에 나타내었다. 황토의 무기성분 조성은 SiO₂가 49.80%로 가장 높은 함량을 나타내었고, 그 다음으로 Al₂O₃로 27.50%를 함유하고 있으며, MnO가 0.03%로 가장 낮은 함량을 나타내었으며 그 밖에 다양한 미네랄 성분을 함유하고 있었다.

Table 2. Mineral composition of yellow loess

Ingredient	yellow loess (%)
SiO ₂	49.80
Al ₂ O ₃	27.50
FeO ₃	8.33
CaO	0.09
K ₂ O	1.62
Na ₂ O	0.12
MgO	0.64
P ₂ O ₅	0.20
MnO	0.03

황토를 첨가한 사료의 일반성분은 Table 1에 나타내었다. 황토를 첨가한 사료는 대조사료에 비하여 황토의 함량이 높아질수록 조단백질과 조지방의 함량은 줄어들었고, 조회분은 황토의 첨가량에 따라 증가하였다.

실험어의 성장효과

실험어의 체중증가율과 사료섭취량은 Table 3에 나타내었다. 황토의 농도에 따른 성장에 미치는 영향을 보면, 황토를 첨가하지 않은 대조구에 비하여 5%, 7.5%, 10% 첨가구에서 체중증가율이 높게 나타난 반면 12.5%와 15% 첨가구에서는 큰 차이를 나타내지 않았다. 사료효율은 7.5%와 10% 첨가구에서 다른구에 비하여 높게 나타났다. 이러한 효과에 대해서는 앞으로 더 많은 생화학적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

혈액성분의 변화

(1) 총단백질과 알부민 함량

7주 동안 사육한 조피볼락의 혈액중의 단백질 성분인 총단백질과 알부민의 농도를 Fig. 1에 나타내었다. 실험어의 총단백질 함량은 대조구가 3.99±0.30 g/dl로 나타났으며, 황토 10%와 15% 첨가구에서는 각각 4.34±0.22 g/dl와 5.27±0.16 g/dl로 황토의 첨가량이 높아질수록 총단백질의 함량도 높아짐을 알 수 있었다. 이는 Lee 등[10]이 사료의 n-3PUFA 함량에 따라 조피볼락의 혈청단백질 농도가 2.76~3.63 g/dl라고 한 것에 비하여 다소 높은 값이다. 혈청 총단백질 함량은 성별[17], 연령[6], 성장[2], 계절적인 변동과 질병[9], 먹이의 섭취 상태, 수질환경[19] 및 스트레스[12] 등에 따라서 차이가 난다는 보고가 있으며, 단백질 함

Table 3. Performance of Korean rockfish fed the diets containing different yellow loess after 7 weeks of the experimental period

Diet No.	1(0%)	2(5%)	3(7.5%)	4(10%)	5(12.5%)	6(15%)
Initial mean weight (g)	171±2.3 ^{5b}	178±3.2 ^a	175±2.5 ^a	178±3.3 ^a	179±3.6 ^a	176±2.4 ^a
Final mean weight (g)	199±3.2 ^{d6}	217±4.3 ^b	223±3.5 ^{ab}	229±4.2 ^a	212±3.5 ^{bc}	208±3.2 ^c
Weight gain (%) ¹⁾	16.3±0.3 ^e	21.9±0.5 ^c	27.4±0.4 ^b	28.6±0.4 ^a	18.4±0.2 ^d	18.1±0.2 ^d
Daily weight gain (%) ²⁾	0.343±0.01 ^e	0.448±0.01 ^c	0.548±0.02 ^b	0.569±0.01 ^a	0.383±0.01 ^d	0.381±0.01 ^d
Daily feed intake (%) ³⁾	0.827±0.01 ^c	0.931±0.01 ^a	0.766±0.01 ^e	0.813±0.01 ^d	0.845±0.01 ^b	0.827±0.01 ^c
Feed efficiency (%) ⁴⁾	42.3±0.10 ^f	44.3±0.15 ^c	68.1±0.13 ^a	64.9±0.12 ^b	43.9±0.10 ^d	42.6±0.11 ^e

¹⁾(Weight gain×100)/Initial weight.

²⁾ $\frac{(\text{Weight gain} \times 100)}{[(\text{Initial weight} + \text{final weight}) \times \text{days fed} / 2]}$.

³⁾ $\frac{(\text{Feed intake} \times 100)}{[(\text{Initial weight} + \text{final weight}) / 2] \times \text{days fed}}$.

⁴⁾(Weight gain×100)/Feed intake.

⁵⁾Values are mean±SE (n=10).

⁶⁾Values with different superscripts in the same raw are significantly different (P<0.05).

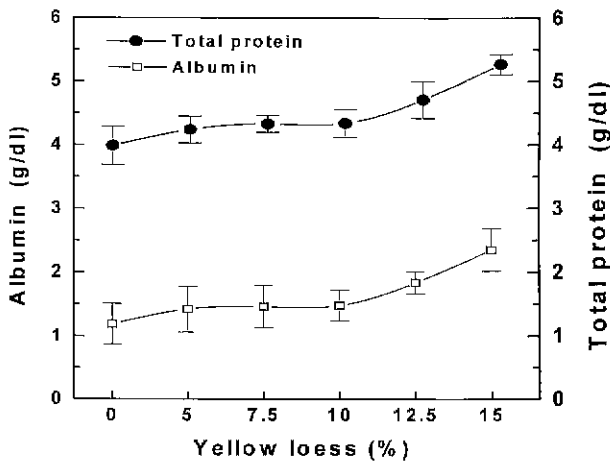


Fig. 1. Concentration of total protein and albumin in serum of Korean rockfish fed diet with six different levels of yellow loess.

량은 어류의 영양 상태의 지표로 이용되고 있다. 알부민의 함량은 대조구가 1.19±0.32 g/dl 수준이었으나 10%와 15% 황토 첨가구에 있어서는 각각 1.48±0.24 g/dl와 2.35±0.33 g/dl로 황토 첨가구에 있어서 총단백질의 함량변화와 비슷한 경향을 나타내었다. 총단백질에서 알부민의 함량을 뺀 것을 글로불린의 양으로 하였을 때 알부민과 글로불린의 비(albumin/globulin ratio)는 대조구가 0.43이지만 황토 첨가구에 있어서는 0.50~0.80의 수준을 나타내었다. 이와

같이 황토의 첨가량이 높아질수록 사료내 단백질 함량이 감소함에도 불구하고 혈액중의 총단백질과 알부민 농도가 증가하는 것은 황토에 함유된 무기질이 여러 가지 효소와 조효소의 보조인자로 작용하여 체내 신진대사를 촉진한 것으로 추정된다.

2) 중성지방과 콜레스테롤 함량

혈청중의 중성지방과 콜레스테롤의 농도는 Fig. 2에 나타내었다. 중성지방과 콜레스테롤의 함량 모두 대조구에서

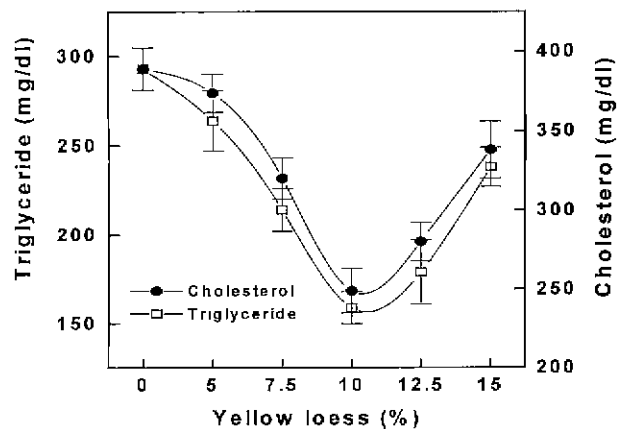


Fig. 2. Concentration of triglyceride and cholesterol in serum of Korean rockfish fed diet with six different levels of yellow loess.

높은 수치를 나타내었으며, 10% 첨가구까지 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보여 황토의 첨가에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다. 콜레스테롤은 사료를 통한 섭취나 간으로부터 합성되어 비타민 D, 담즙산 및 성호르몬 등의 전구체로서 중요한 역할을 하며 세포막 구성성분에 필수적이다. 그러나 대부분의 정상적인 해산어류의 혈청 콜레스테롤 농도가 육상 동물보다 2~6배정도 높게 나타난다는 보고[9]는 콜레스테롤의 높은 수치와 어류의 건강 상태와는 특별한 관계가 없을 것이라고 추측하였고, Lemaire 등[11]은 유리지방산이 부족한 실험구에서 농어의 혈청 콜레스테롤 농도가 낮았다고 보고하였다.

3) 빌리루빈 함량

혈청에 함유되어 있는 빌리루빈의 함량은 Fig. 3에 나타내었다. 대조구는 1.9 ± 0.2 mg/dl에 비해 5%, 7.5% 및 10% 황토 첨가구에서는 각각 1.48 ± 0.28 mg/dl, 0.68 ± 0.14 mg/dl 및 0.70 ± 0.16 mg/dl로 나타나 황토 첨가 농도에 따라 감소하다가 다시 약간 증가하였는데, 12.5%와 15% 첨가구에서는 빌리루빈의 농도가 각각 1.27 ± 0.26 mg/dl 및 2.76 ± 0.32 mg/dl로 15%첨가구에서 가장 높은 수치를 나타내었다. 이는 황토의 첨가가 조피볼락의 간기능이나 적혈구의 수명에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

4) 헤모글로빈 함량

황토 첨가사료가 헤모글로빈에 미치는 영향은 Fig. 4에

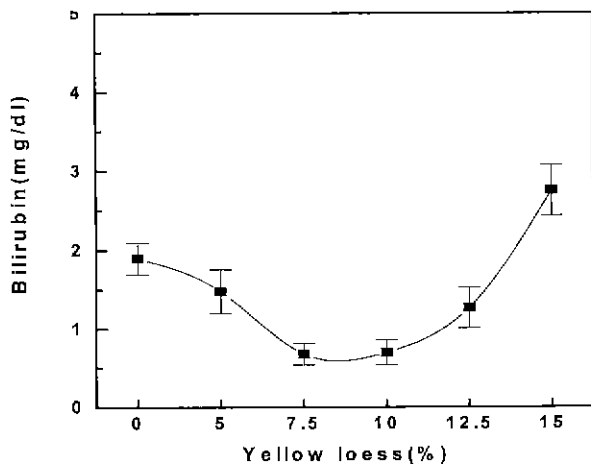


Fig. 3. Concentration of bilirubin in serum of Korean rockfish fed diet with six different levels of yellow loess.

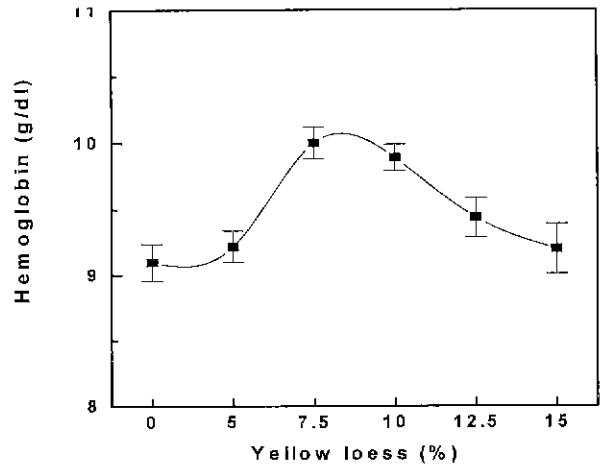


Fig. 4. Concentration of hemoglobin in blood of Korean rockfish fed diet with six different levels of yellow loess.

나타내었다. 대조구에 비하여 5%와 7.5%로 첨가농도가 증가함에 따라 헤모글로빈의 함량이 증가하다가 10%, 12.5% 및 15%로 황토의 첨가농도가 증가할수록 헤모글로빈 함량도 서서히 감소하는 경향을 나타내었다. 본 실험에서 헤모글로빈의 함량이 대조구의 9.10 ± 0.14 g/dl와 실험구의 9.20 ± 0.19 g/dl에서 10.0 ± 0.12 g/dl의 범위로 나타나 일반적인 건강한 정상어류의 헤모글로빈 양이 10 g/dl 이상으로 알려진 보고[14]와 비교해 볼 때 황토 첨가사료로 사육한 조피볼락은 정상적인 것으로 나타났다.

요 약

고품질의 수산양식식품의 생산을 위한 기초자료를 얻고자 조피볼락의 사료에 황토를 5%~15%의 농도로 첨가하여 7주간 사육한 후 혈청성분을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

황토의 화학적 조성을 분석한 결과 SiO₂ 49.80%, Al₂O₃ 27.50%, FeO₃ 8.33%, CaO 0.09%, MgO 0.64%, K₂O 1.62%, Na₂O 0.12%, P₂O₅ 0.20%, MnO 0.03%를 함유하여 여러 가지 생리활성을 가지는 zeolite의 화학적 조성구와 유사한 다량의 무기질을 함유하고 있는 것이 확인되었다.

혈청중의 총단백질과 알부민 함량은 대조구에 비하여 황토 첨가구에서 다소 높게 나타났다.

혈청중의 중성지방과 콜레스테롤 함량은 대조구에 비하

여 황토 첨가구에서 낮게 나타났으며, 황토첨가농도가 10% 까지는 첨가량이 증가할수록 크게 감소하다가 그 이후는 다시 증가하는 경향을 보였다.

혈청중의 빌리루빈 함량은 15% 첨가구를 제외한 모든 실험구에서 대조구에 비하여 낮게 나타났다.

혈청중의 헤모글로빈 함량은 대조구에 비하여 7.5%, 10% 첨가구에서 높게 나타났으며, 5%, 12.5%, 15% 첨가구에서는 큰 차이를 나타내지 않았다.

참 고 문 헌

1. A.O.A.C. 1984. *Official methods of analysis*. Association of Official Analytical Chemists. p. 1141, 14th ed. Arlington. AV.
2. Bentinck, S. J., M. h. Bealeu, P. Waterstat, C. S. Tucker, F. Stiles, P. R. Bowser and L. A. Brown. 1987. Biochemical reference ranges for commercially reared channel catfish. *Prog. fish Cult.* **49**, 108-114.
3. Choi, H. G., P. J. Kim, W. C. Lee, S. J. Yun, H. G. Kim and H. J. Lee. 1998. Removal efficiency of *Cochlodinium polykrikoides* by yellow loess. *Bull. Korean Fish Soc.* **31**, 109-113.
4. Duncan, D. B. 1959. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* **1**, 1-42.
5. Fasaic, K. and J. Palackva. 1990. Total protein and serum fraction values in two-year carp (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Biol. Lugosl. E. Ichthyol.* **22**, 23-30.
6. Garrido, L. G., R. M. Chapuli and A. V. Andress. 1990. Serum cholesterol and triglyceride levels in *Scyliorhinus canicula* (L.) during sexual maturation. *J. Fish Biol.* **36**, 499-509.
7. Halver, J. E. 1957. Nutrition of salmonoid fishes III. Water-soluble vitamin requirements of chinook salmon. *J. Nutr.* **62**, 225-243.
8. Harpell, S. C. 1979. Studies on the pathogenesis of vibriosis in coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Wallbaum). *J. Fish Dis.* **2**, 391-404.
9. Larsson, A. and F. Ragnar. 1977. Cholesterol and free fatty acids(FFA) in the blood of marine fish. *Comp. Biochem. Physiol.* **57B**, 191-196.
10. Lee, S. M., J. Y. Lee, Y. J. Kang and S. B. Hur. 1993. Effects of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids on growth and biochemical changes in the korean rockfish *Sebastes schlegelii*. II. Changes of blood chemistry and properties of liver cells. *J. Aquaculture* **6**, 107-123.
11. Lemaire, P., P. Draï, A. Mathier, S. Lemaire, S. Carriere, J. Giudicelli and M. Lafaurie. 1991. Changes with different diets in plasma enzymes (GOT, GPT, LDH, ALP) and plasma lipids (cholesterol, triglycerides) of sea bass(*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* **93**, 63-75.
12. McLeay, D. J. and D. A. Brown. 1979. Stress and chronic effects of untreated and treated bleached kraft pulpmill effluent on the biochemistry and stamina of juvenile coho salmon(*Oncorhynchus kisutch*). *J. Fish. Res. Board Can.* **36**, 1049-1059.
13. Mumpton, F. A. 1977. *Animal Nutrition, Utilization of Natural Zeolite*. pp. 190-192, State Univ. N. Y. New york.
14. Munkittrick, K. R. and J. F. Leatherland. 1983. Haematocrit values in feral goldfish, *Carassius auratus* L., as indicators of the health of the population. *J. Fish Biol.* **23**, 153-161.
15. NRC (National Research Council). 1993. *Mineral Requirements of Fish*. p. 114, National Acad. Press, Washington, D.C.
16. Onagi, T. 1966. Treating experiments of chicken droppings with zeolitic tuff powder. Experimental use of zeolite-tuffs as dietary supplements for chickens. *Rep. Yamagata Stocky Raising Inst.* 7-18.
17. Raizada, M. N., K. K. Jain and S. Raizada. 1984. A study of the biochemical constituents of blood of a freshwater teleost, *Cirrhinus mrigala* (Ham.). *Comp. Physiol. Ecol.* **9**, 146-148.
18. Siddiqui, N. 1977. Seasonal, size and comparative study of plasma proteins of four air breathing freshwater fishes. *Proc. Indian Acad. Sci. Sect. B.* **85**, 384-390.
19. Weber, L. J. 1979. The effect of carbon tetrachloride on the total plasma protein concentration of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Comp. Biochem. Physiol.* **64C**, 37-42.