

담수산 양식어류의 혈액검사에 사용된 건식 자동생화학 분석기 (FUJI DRI-CHEM 3000) 의 활용 가능성

정승희[†] · 서정수 · 김진도 · 최혜승 · 박명애

국립수산과학원 전략양식연구소 병리연구과

Application of automatic dry chemistry analyzer (FUJI DRI-CHEM 3000) used to hematological analysis of cultured freshwater fish in low temperature season

Sung Hee Jung[†], Jung Soo Seo, Jin Do Kim, Hye Sung Choi and Myoung Ae Park

Pathology Division, Aquaculture Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea

The purpose of this study was to obtain reference data of parameters for hematological health diagnosis in cultured freshwater fish and also evaluate application of automatic dry-type chemistry analyzer (FUJI DRI-CHEM 3000) used to those blood tests. A blood profile of total 200 fish for rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*), israel carp (*Cyprinus carpio*), tilapia (*Oreochromis niloticus*) and eel (*Anguilla japonica*) cultured in Inland Fisheries Research Institute of NFRDI was determined by hemoglobin (Hb) and plasma chemistry tests: total protein (TP), albumin (ALB), alkaline phosphatase (ALP), blood urea nitrogen (BUN), lactate dehydrogenase (LDH), triglyceride (TG), total cholesterol (TCHO), creatinine (CRE), aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), glucose (GLU). The values of ALT, TG, LDH, ALB, TCHO, AST and ALP were outside from the minimum and/or maximum of the established detectable range of the analyzer. ALT and TG were not detectable in the range of 67%~61.5%. LDH, ALB and TCHO were not detectable in the range of 36~17%. AST and ALP were not detectable in the range of 5.5~0.5%. However, the values of BUN, CRE, GLU, Hb and TP were below the detectable limits of the analyzer.

Key words : Hemoglobin, Plasma chemistry, Freshwater fishes, Chemistry analyzer

어류의 혈액에는 생리상태의 변화를 진단할 수 있는 수많은 정보가 담겨져 있어서 오래전부터 건강 진단의 지표로 활용하고자 연구되었다 (Hawkins and Mawdesley-Thomas, 1972; 전과 오, 1989; Putnam and Freel, 1978; 舞田 등, 1984a, 1984b; 池田 등, 1986; Filho *et al.*, 1992; 심 등, 1990a, 1990b; 角埜와 小山, 1994; 전 등, 1995a, 1995b; 角埜와 瀬崎, 1996; 심

등, 1998; 전과 김, 1998; Edsall, 1999; Hrubec *et al.*, 2000). 이처럼 여러 연구자들이 어류의 혈액성분 분석을 진단지표에 활용하고 있다는 사실로 미루어, 혈액은 생리적인 변화의 핵심 재료임에 틀림이 없다. 그렇다면 혈액성분 가운데 무슨 항목을 어떤 방법으로 측정할 것인가가 중요하다. 인간 및 가축은 혈액학적 건강진단 방법과 측정된 혈액성분의 정상범위 (normal) 가 표준화되어 있으나, 수온 등 사육환경이 커다란 영향을 미치는 변온동물인 어류의 혈액연구

[†]Corresponding author : Sung Hee Jung

Tel : +82-51-720-2490 Fax : +82-51-720-2498

E-mail : immu@nfrdi.re.kr

는 오랜 역사와 달리, 어종별로 통일된 혈액성분 분석의 정상범위 및 분석방법의 표준화가 전혀 마련되어 있지 못하다.

겉으로는 정상처럼 보여도 다양한 감염증에 걸리기 쉬운 생리적 상태가 구성되어 있는지 여부는 지속적인 몇 가지 혈액검사 항목으로도 충분히 예측할 수 있다 (池田 등, 1986; 池田, 1991; 池田와 舞田, 1993; 舞田, 2000). 앞선 연구자들은 사육조건에 따른 분석항목의 특성을 자세하게 설명하였지만, 혈액성분 분석의 정상범위 및 분석방법은 표준화하지 못하였다. 혈액성분 분석의 결과를 제대로 진단하기 위해서는 실험어종 (해산어 및 담수어), 분석 장비에 따른 혈액학적 건강진단의 지표가 설정되어야 하겠다. 이를테면 실험실에서 손쉽게 활용할 수 있는 어류 혈액검사의 자료화가 절실히 요구된다.

어류 혈액검사 항목 중에서 특히 화학성분 분석 방법으로 시판하는 임상 검사용 kit를 이용하는 방법과 자동생화학 분석 장비를 이용할 수 있다. 어떤 분석 방법을 사용하더라도 측정값이 분석기가 검출할 수 있는 범주 안에 있어야 결과를 해석하는 데 어려움이 없을 것이다. 저자는 이전 보고 (2006) 에서 FUJI DRI-CHEM 3000을 이용해서 해상가두리 양식 어류인 조피볼락, 참돔, 돌돔 및 감성돔의 혈액검사를 통해 그 활용 가능성 평가하였다. 이번에는 같은 장비를 이용하여 주요 담수산 양식어류인 무지개송어, 이스라엘 잉어, 틸라피아 및 뱀장어의 혈액검사를 통해 이 분석기의 활용 가능성을 살펴보았다.

재료 및 방법

실험어류

국립수산과학원 내수면양식연구센터에서 사육하고 있던 무지개송어 (*Onchornynchus mykiss*), 이스라엘

잉어 (*Cyprinus carpio*), 틸라피아 (*Oreochromis niloticus*) 및 뱀장어 (*Anguilla japonica*) 를 이용하였다. 실험어의 크기는 무지개송어 28.5±2.2cm (301±56.1g), 이스라엘 잉어 36.6±3.1cm (871.4±258.1g), 틸라피아 31.1±3.7cm (598.2±204.4g) 및 뱀장어 45.6±3.2cm (140.2±30.9g) 이었다. 실험에는 외관상 특이한 질병 증세가 나타나지 않는 개체를 어종마다 50마리씩 선별하였다. 실험기간 동안 무지개송어 15±1°C, 이스라엘 잉어 22±1°C, 틸라피아 26±1°C 및 뱀장어 26±1°C로 사육수온을 유지하였고 채혈 전 이틀간은 절식시켰다.

혈액검사

실험어류 가운데 뱀장어는 MS-222로 마취하였고, 무지개송어, 이스라엘 잉어 및 틸라피아는 마취하지 않고 채혈하였다. 미병부의 혈관에서 헤파린 처리한 일회용 주사기로 뱀장어는 1mL, 나머지 어종은 각 3mL를 채혈하여 주사기 안에서 잘 섞었다. 헤파린 처리된 혈액은 주사 바늘을 제거한 뒤 조심스럽게 마이크로튜브에 주입, 얼음에 보관한 후에 즉시 헤모글로빈량 (Hb) 을 측정하였다. 나머지 혈액은 3,000rpm (4°C), 15분간 원심분리하여 혈장을 분리한 뒤, 곧바로 혈장화학 성분분석을 실시하거나 냉동고에 보관 (-80°C) 한 후 3일 이내에 모두 측정하였다.

Hb와 11개 혈장화학 성분의 총단백 (total protein), 알부민 (albumin), 알칼리성포스파타제 (alkaline phosphatase), 요소질소 (blood urea nitrogen), 젖산탈수소효소 (lactate dehydrogenase), 중성지방 (triglyceride), 총콜레스테롤 (total cholesterol), 크레아티닌 (creatinine), 트랜스아미나제인 aspartate aminotransferase (AST) 및 alanine aminotransferase (ALT), 포도당 (glucose) 은 생화학 분석기인 FUJI DRI-CHEM 3000 (FUJI PHOTO FILM Co., Japan) 을 이용하였다.

통계분석

혈액성상의 분석 자료는 동일항목 내에서 어종별로 각각 one-way ANOVA-test를 실시하여 유의적인 차이가 있으면, Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성 (P<0.05) 을 분석하였다.

결과 및 고찰

담수산 양식어류 4종의 Hb 및 혈장화학 성분 변화는 Table 1에 나타내었다. Hb의 평균값은 7.2~9.7 g/dL의 수준으로서 어종 간에 유의차를 보였다. 이스라엘잉어 (7.2±1.9 g/dL) 가 가장 낮았으며 뱀장어 (9.7±1.3 g/dL) 는 가장 높았다. 알부민 (ALB), 글루타민산-파이루빈산 트랜스아미나제 (ALT) 및 중성지방 (TG) 은 4종 간에 유의적인 차이가 없었다. 젖산탈수소효소 (LDH) 는 무지개송어의 모든 시료가 측정 최고값

(>900 U/L) 을 보였으나, 나머지 어종의 평균값은 364.7~684.7U/L의 수준으로 뱀장어 (684.7±146.3 mg/dL) 가 이스라엘잉어 (391.8±212.3mg/dL) 및 틸라피아 (364.7±257.1mg/dL) 의 그룹에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 특히 총콜레스테롤 (TCHO) 은 어종 간에 뚜렷한 유의적인 차이가 있어, 뱀장어 (407.3±34.4mg/dL) 가 가장 높았으며, 다음으로 무지개송어 (326.8±60.6mg/dL), 틸라피아 (257.3±86.7mg/dL), 이스라엘잉어 (162.8±42.2mg/dL) 의 순서였다. 크레아티닌 (CRE) 은 무지개송어와 나머지 3종 어류의 그룹 간에 유의적인 차이가 있었으며, 총단백 (TP) 은 무지개송어 및 틸라피아의 그룹과 이스라엘잉어 및 뱀장어의 그룹 간에 유의차가 있었다. 글루타민산-옥살로초산 트랜스아미나제 (AST), 알칼리성포스파타제 (ALP), 요소질소 (BUN), 포도당 (GLU) 은 3종 어류의 그룹 간에 유의적인 차이를 나타내었다.

Table 1. Hemoglobin and plasma chemistry parameters of freshwater fishes

Plasma chemistry	Rainbow trout	Israel carp	Tilapia	Eel
Hemoglobin (g/dL)	8.0±1.4 ^b	7.2±1.9 ^c	7.8±1.2 ^{bc}	9.7±1.3 ^a
Albumin (ALB, g/dL)	1.3±0.3	1.2±0.1	1.2±0.3	1.3±0.1
Alanine aminotransferase (ALT/GPT, U/L)	16.9±12.4	13.1±3.0	16.4±6.7	<10
Aspartate aminotransferase (AST/GOT, U/L)	579.8±183.6 ^a	119.1±50.3 ^b	51.5±41.3 ^c	105.6±38.3 ^b
Alkaline phosphatase (ALP, U/L)	615.6±551.3 ^b	97.3±37.9 ^c	130.7±39.6 ^c	1394.4±356.0 ^a
Blood urea nitrogen (BUN, mg/dL)	8.6±0.4 ^c	15.8±2.7 ^a	8.2±0.3 ^c	9.7±0.9 ^b
Creatinine (CRE, mg/dL)	1.0±0.5 ^a	0.4±0.1 ^b	0.5±0.5 ^b	0.3±0.1 ^b
Glucose (GLU, mg/dL)	155.8±40.9 ^a	133.3±32.5 ^b	110.9±41.0 ^c	164.8±45.7 ^a
Lactate dehydrogenase (LDH, U/L)	>900	391.8±212.3 ^b	364.7±257.1 ^b	684.7±146.3 ^a
Total cholesterol (TCHO, mg/dL)	326.8±60.6 ^b	162.8±42.2 ^d	257.3±86.7 ^c	407.3±34.4 ^a
Total protein (TP, g/dL)	5.1±1.4 ^a	4.0±1.0 ^b	5.0±2.1 ^a	4.7±1.1 ^{ab}
Triglyceride (TG, mg/dL)	>500	213.3±73.6	221.5±128.8	>500

Superscript letters are significant different among fish species of each sample date at p<0.05.

FUJI DRI-CHEM 3000 기종에 의한 담수산 양식어류 4종의 혈액성분의 검출범위 (detectable range) 에 대한 출현비율을 비교하여 Table 2에 나타내었다. 뱀장어의 ALT 및 TG, 무지개송어의 TG는 모든 시료 (100%) 가 해당 장치의 매뉴얼에서 제시된 검출범위를 벗어났다. 무지개송어의 LDH는 94%, 이스라엘잉어의 ALT는 86%, 틸라피아의 ALT, TG 및 ALB는 각각 74%, 44% 및 34%, 이스라엘잉어의 ALB는 58%의 순서로 검출범위를 초과하였다. 반면에 BUN, CRE, GLU, Hb, TP는 모든 어종의 시료에서 해당 장치의 검출범위를 벗어나지 않았으며, AST 및 ALP도 무지개송어를 제외하면

검출범위 안에 머물렀다. 특히 어종 간에 검출범위를 벗어나서 제대로 검출하지 못한 비율이 50% 이상을 초과한 항목은 무지개송어의 TG (100%) 및 LDH (94%), 이스라엘잉어의 ALB (58%) 및 ALT (86%), 틸라피아의 ALT (74%), 뱀장어의 ALT (100%), TCHO (60%) 및 TG (100%) 로 나타났다. 어종 간에 출현한 검출범위의 초과값을 평균으로 계산하면, ALT, TG, LDH, ALB, TCHO, AST는 각각 67%, 61.5%, 36%, 26.5%, 17%, 5.5%를 기록하였다. ALP는 0.5%로 매우 낮았으며, BUN, CRE, GLU, Hb, TP는 0%로 모든 시료가 이 분석기의 검출범위 안에서 검출되었다.

Table 2. Application of indices of automatic dry chemistry analyzer (FUJI DRI-CHEM 3000) used in the present experiment for hematological parameters (200 samples)

Hematological parameter	Detectable range of the analyzer	Actually recorded range of the analyzer*				Excess percentage for detectable range of the analyzer in actually recorded values (%)				
		Rainbow trout	Israel carp	Tilapia	Eel	Rainbow trout	Israel carp	Tilapia	Eel	Mean
Albumin (ALB, g/dL)	1.0~6.0	<1.0~2.0	<1.0~1.5	<1.0~2.3	<1.0~1.6	4	58	34	10	26.5
Alanine aminotransferase (ALT, U/L)	10~1000	<10~72	<10~18	<10~34	<10	8	86	74	100	67
Aspartate aminotransferase (AST, U/L)	10~1000	263~>1000	52~255	12~143	48~198	22	0	0	0	5.5
Alkaline phosphatase (ALP, U/L)	50~3500	200~>3500	50~206	50~203	570~2181	2	0	0	0	0.5
Blood urea nitrogen (BUN, mg/dL)	5~140	7.4~9.5	10.6~23.6	7.8~9.5	7.6~12.1	0	0	0	0	0
Creatinine (CRE, mg/dL)	0.2~16	0.4~2.3	0.3~0.5	0.2~2.8	0.3~0.5	0	0	0	0	0
Glucose (GLU, mg/dL)	10~600	88~277	62~200	33~187	86~299	0	0	0	0	0
Hemoglobin (Hb, g/dL)	4~20	5.7~11.1	4.1~11.3	3.3~9.4	4.6~12.0	0	0	0	0	0
Lactate dehydrogenase (LDH, U/L)	50~900	802~>900	123~>900	<50~>900	365~>900	94	20	8	18	36
Total cholesterol (TCHO, mg/dL)	50~450	<50~443	13~270	63~>450	313~>450	2	0	6	60	17
Total protein (TP, g/dL)	2.0~11.0	3.3~8.5	2.1~6.1	2.5~9.9	2.0~7.8	0	0	0	0	0
Triglyceride (TG, mg/dL)	10~500	>500	93~>500	39~>500	>500	100	2	44	100	61.5

* Minimum~maximum values. Rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*), israel carp (*Cyprinus carpio*), tilapia (*Oreochromis niloticus*), eel (*Anguilla japonica*).

담수산 양식어류 4종의 혈액성분을 다른 연구자들과 비교하여 Table 3에 나타내었다. 혈액화학 성분의 경우, 池田 등 (1986) 과 전과 오 (1989) 는 임상검사용 kit, 전 등 (1995a), Cnaani *et al.* (2004) 및 Manera & Britti (2006) 는 자동생화학 분석기를 이용하였다. 적혈구에 기인하는 Hb는 어종 간에 비교적 유사한 경향을 나타내었다. 혈액화학 성분은 사용한 분석기 및 시료 수의 차이 등이 있었기 때문에 측정된 값들이 유사한 경향을 나타내지는 못하였으나, ALB, ALT, BUN, CRE, TP는 평균값이 대략 일정한 범위 안에 있었다.

양식어류는 질병진단 및 치료행위의 대상이 균집이므로 혈액검사를 실시할 때, 정상범위를 설정하는 것이 항상 논의되어 왔다. Hrubec *et al.* (2000) 은 건식 자동생화학 분석기인 Kodak Ektachem 700 (Eastman Kodak Co., USA) 을 이용해서 저밀도 및 고밀도 사육조건에서 양식된 틸라피아의 혈액화학 성분을 분석하였다. 그들은 혈액검사의 분석항목에 대한 정상값의 기준으로 NCCLS (National Committee for Clinical Laboratory Standards) 에서 설정한 표준범

위 (reference interval) 를 적용하였다. 고밀도 사육조건에서 분석한 값들이 저밀도에 비하여 특히 표준범위를 벗어났다고 하였다. 그들이 적용한 표준범위는 포유류에 알맞게 설정되어 있으므로, 이 값들을 정상범위로 적용할 수 있는 어류는 대단히 제한적일 것으로 해석하였다. 어류는 어종 간에 사육환경이 너무도 다르며, 그만큼 혈액성분은 주변 환경의 영향을 심하게 받기 때문이라고 하였는데, 표준범위에서 벗어난 값들이 분석 장비의 검출범위를 초과한 것인지에 대해서는 전혀 언급하지 않았다. 한편, Manera and Britti (2006) 은 병원에서 진단용으로 자주 활용되는 습식 자동생화학 분석기인 Olympus AU 400 (Mishima Olympus Co., Japna) 을 이용해서, 무지개송어 (*Onchorhynchus mykiss*) 를 대상으로 혈액화학성분의 정상범위를 측정하였다. 그들은 이 장비가 작동될 때의 온도 및 기술적인 일부 문제가 있었기는 하지만 무지개송어에서 혈액화학성분의 정상범위를 측정하는 데 매우 귀중하고 신뢰할 수 있었다고 하였다. 아마도 어류혈액화학 성분의 자료화를 위해서는 분석 장비가 중요한 역할을 하고 있다는 생각이 든다.

Table 3. Comparison of blood parameters of freshwater fishes among other reports

Hematological parameter	Rainbow trout (<i>Onchorhynchus mykiss</i>)				Israel carp (<i>Cyprinus carpio</i>)			Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)		Eel (<i>Anguilla japonica</i>)	
	This study	Manera & Britti (2006)	Ikeda <i>et al.</i> (1986)	Jeon <i>et al.</i> (1995)	This study	Chun & Oh (1989)	Jeon <i>et al.</i> (1995)	This study	Cnaani <i>et al.</i> (2004)	This study	Ikeda <i>et al.</i> (1986)
Hemoglobin (Hb, g/dL)	8.0±1.4	-	7.4±1.1	-	7.2±1.9	8.3±0.9	-	7.8±1.2	-	9.7±1.3	8.5±0.7
Albumin (ALB, g/dL)	1.3±0.3	1.38±0.05	-	1.8	1.2±0.1	-	1.5	1.2±0.3	1.73±0.4	1.3±0.1	-
Alanine aminotransferase (ALT/GPT, U/L)	16.9±12.4	12.87±1.16	4.4±4.5	-	13.1±3.0	50±14.2	-	16.4±6.7	6.6±5.36	<10	2.8±1.6
Aspartate aminotransferase (AST/GOT, U/L)	579.8±183.6	461.20±27.62	159.9±72.0	-	119.1±50.3	143±19.5	-	51.5±41.3	18.4±11.2	105.6±38.3	50.2±14.2
Alkaline phosphatase (ALP, U/L)	615.6±551.3	179.22±19.26	6.0±2.1	-	97.3±37.9	2.9±0.9	-	130.7±39.6	38.5±9.7	1394.4±356.0	20.5±3.6
Blood urea nitrogen (BUN, mg/dL)	8.6±0.4	4.36±0.24	2.21±0.39	-	15.8±2.7	7.5±1.9	-	8.2±0.3	2.7±0.54	9.7±0.9	8.21±4.21
Creatinine (CRE, mg/dL)	1.0±0.5	0.29±0.01	0.48±0.12	-	0.4±0.1	-	-	0.5±0.5	0.043±0.04	0.3±0.1	-
Glucose (GLU, mg/dL)	155.8±40.9	108.11±9.98	64.9±6.8	93	133.3±32.5	-	38	110.9±41.0	37.2±13.2	164.8±45.7	113.9±31.6
Lactate dehydrogenase (LDH, U/L)	>900	2628.18±164.78	-	-	391.8±212.3	-	-	364.7±257.1	566.4±373.6	684.7±146.3	-
Total cholesterol (TCHO, mg/dL)	326.8±60.6	247.38±10.32	292±48	-	162.8±42.2	115±18.7	-	257.3±86.7	171.2±45.8	407.3±34.4	733.2±222.6
Total protein (TP, g/dL)	5.1±1.4	3.59±0.13	3.5±0.29	4.3	4.0±1.0	2.7±0.7	3.4	5.0±2.1	3.6±0.74	4.7±1.1	3.57±0.34
Triglyceride (TG, mg/dL)	>500	347.51±23.56	338±112	156	213.3±73.6	70±12.6	205	221.5±128.8	151.3±150.5	>500	-

(-): not tested

이번 연구에서 FUJI DRI-CHEM 3000을 이용해서 건강하게 사육된 실험구와 그렇지 못한 조건에서 사육된 담수산 양식어류의 혈액성분을 서로 비교해서 분석하지 못하였다. 그렇지만 Hb를 포함한 11가지 혈액화학성분의 분석항목에 대하여 이 장비가 이들 양식어류에 활용될 수 있다는 사실은 확인할 수 있었다. 이번 연구에서 도출된 결과는 이와 유사한 분석기를 사용하는 연구자들에게 분석항목을 선정할 때 충분히 기초자료로 유용하게 활용되었으면 한다.

요 약

이 연구는 FUJI DRI-CHEM 3000의 건식 자동생화학 분석기를 이용하여 조사한 어류 혈액검사 항목 가운데, 적용할 수 있는 분석항목의 활용도를 평가함과 동시에 어류 혈액학적 건강진단에 필요한 분석항목의 참고자료를 얻고자 하였다. 국립수산물과학원 내 수면양식연구센터에서 사육 중인 육안적으로 보아 건강한 무지개송어 (*Onchorhynchus mykiss*), 이스라

엘잉어 (*Cyprinus carpio*), 틸라피아 (*Oreochromis niloticus*) 및 뱀장어 (*Anguilla japonica*) 총 200마리를 대상으로 실시하였다. Hemoglobin (Hb), 총단백 (TP), 알부민 (ALB), 알칼리성포스파타제 (ALP), 요소질소 (BUN), 젓산탈수소효소 (LDH), 중성지방 (TG), 총콜레스테롤 (TCHO), 크레아티닌 (CRE), aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), 포도당 (GLU) 은 FUJI DRI-CHEM 3000 기종을 이용하였다. 그 결과, 이 장비의 검출범위 (detectable range) 에서 최고값 (maximum) 과 최저값 (minimum) 을 벗어난 분석항목들 (ALT, TG, LDH, ALB, TCHO, AST, ALP) 이 출현하였다. 이러한 검출범위를 초과한 평균비율을 살펴보면, ALT 및 TG가 67%~61.5%, LDH, ALB 및 TCHO는 36%~17%, AST 및 ALP는 5.5%~0.5%로 나타났다. 반면에, BUN, CRE, GLU, Hb 및 TP의 분석값은 모두 검출범위의 영역 안에서 벗어나지 않았다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원 (수산동물질병 역학 및 진단 연구, RP-2011-AQ-070) 의 지원에 의해 운영되었습니다.

참고문헌

- Cnaani, A., Tinman, S., Avidar, Y., Ron, M. and Hulata, G.: Comparative study of biochemical parameters in response to stress in *Oreochromis ayreus*, *O. massambicus* and two strains of *O. niloticus*. *Aquac. Res.*, 35: 1434-1440, 2004.
- Edsall, C.C.: A blood chemistry profile for lake trout. *J. Aquat. Anim. Heal.*, 11: 81-86, 1999.
- Filho, D.W., Eble, G.J. and Kassner, G.: Comparative hematology in marine fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, 102A: 311-321, 1992.
- Hawkins, R.I. and Mawdesley-Thomas, L.E.: Fish haematology- A bibliography. *J. Fish Biol.*, 4: 193-232, 1972.
- Hrubec, T., Cardinale, J.L. and Smith, S.A.: Hematology and plasma chemistry reference intervals for cultured tilapia (*Oreochromis hybrid*). *Vet. Clin. Pathol.*, 29: 7-12, 2000.
- Manera, M. and Britti, D.: Assessment of blood chemistry normal ranges in rainbow trout. *J. Fish Biol.*, 69: 1427-1434, 2006.
- Putnam, R.W. and Freil, R.: Hematological parameters of five species of marine fishes. *Comp. Biochem. Physiol.*, 61: 585-588, 1978.
- 角埜 彰, 小山吹朗 鱼类赤血球の血液学的比较- II. 海产鱼类的血液生状の季节变动について. *中央水研研报*, 6: 67-77, 1994.
- 角埜 彰, 瀬崎启次郎 骨鰈类33鱼种における赤血球の比较 *中央水研研报*, 8: 15-77, 1996.
- 舞田正志 养殖鱼の血液検査による健康診断マニュアル. 血液検査の意义と计划 养殖6, 株式会社绿书房, 东京, 日本国, 74-77, 2000.
- 舞田正志, 塩瀬捷夫, 池田弥生 血液検査による养殖ブリの健康診断例 *日本水产学会志*, 50: 1991-1998, 1984a.
- 舞田正志, 塩瀬捷夫, 池田弥生 血液検査からみたクライモグラフによる养殖ブリの健康診断. *日本水产学会志*, 51: 205-211, 1984b.
- 池田弥生 血液による养殖鱼の健康診断. 养殖 12月, 120-122, 株式会社绿书房, 东京, 日本国, 1991.
- 池田弥生, 舞田正志 血液による养殖鱼の健康診断II. 血浆化学成分による診断. 养殖 9月, 106-108, 株式会社绿书房, 东京, 日本国, 1993.

- 池田昉生, 尾崎久雄, 瀬崎吉次郎 鱼类血液検査 株式会社 緑書房, 東京, 日本国, 238-361, 1986.
- 심두생, 전임기, 정승희: 넙치 해상가두리 사육시험에 따른 혈액학적 연구- I. 혈액성상에 대하여. 한국어병학회지, 3(1): 27-38, 1990a.
- 심두생, 전임기, 민광식, 이종문: 넙치 해상가두리 사육시험에 따른 혈액학적 연구- II. 혈청화확지수 및 전해질지수에 대하여. 한국어병학회지, 3(1): 39-50, 1990b.
- 심두생, 정승희, 오명주: 육상수조식에서 사육한 양식넙치의 혈액학적 연구. 수진연구보고, 54: 115-123, 1998.
- 전세규, 오명주: 혈액성상에 따르는 양식어의 건강진단. 한국어병학회지, 2: 19-30, 1989.
- 전중균, 김형배: 주요 양식어류의 하절기 혈액성분 비교. 한국양식학회지, 11, 547-556, 1998.
- 전중균, 김병기, 허형택: 어류 혈액 성분의 저장 안정성. 한국수산학회지, 28, 131-136, 1995a.
- 전중균, 김병기, 박용주, 허형택: 주요 양식어류의 혈액 성분 에 관한 연구. 한국수산학회지, 28, 123-130, 1995b.
- 정승희, 변순규, 지보영, 최혜승: 해상가두리 양식장 어류의 혈액 검사에 사용된 동물용 생화학 분석장치의 활용 가능성. 한국어병학회지, 19: 253-265, 2006.

Manuscript Received : August 11, 2011

Revised : October 31, 2011

Accepted : November 3, 2011