

BSPE 00380-756-3

어류의 혈액 성상에 관한 연구

A Study on the Chemical Components of Serum in Fishes

1994. 11.

한국해양연구소

## 제 출 문

한국해양연구소 소장 귀하

본 보고서를 '어류의 혈액 성상에 관한 연구'의 보고서로 제출합니다.

1994년 11월

한국 해양 연구 소

연구책임자 : 허형택, 김종만, 박철원  
천중균, 명정구, 김병기,  
김형선

## 요 약 문

### I. 제 목

어류의 혈액 성상에 관한 연구

### II. 연구 개발의 목적 및 필요성

사육 중인 어류의 성장도를 알기 위하여 종전에는 주로 체중이나 체장으로 비만도를 계산하여 판정하였으나, 최근들어 어류의 혈액 성분을 조사함으로써 해당 어류의 건강 상태나 질병 유무를 판정하려는 시도가 이루어지고 있다.

하지만 우리 나라에서는 이와 같은 연구가 전무한 실정인으로서, 이 분야를 발전시켜 양식업과 접목시키기 위해서는 어종에 따른 혈액 특성에 관한 더 많은 자료가 필요하다.

### III. 연구 개발의 내용 및 범위

본 연구에서는 우리 나라에서 많이 양식하고 있는 어종을 대상으로 하여, 이들의 혈액을 온도 조건을 달리하여 보관하면서 각종 혈액 성분의 안정성을 조사하였고, 아울러 해수 양식 중인 여러 어류의 혈액 성분의 특징을 살펴 비교하였다.

### IV. 연구 개발의 결과

#### -- 어류 혈액의 저장 안정성

조피볼락, 향어 및 무지개송어의 혈청을 상온(15℃), 저온(4℃), 냉동(-20℃)으로 보존하면서 총단백질(TP), 알부민(ALB), 중성지방(TRIG), 콜레스테롤(CHOL), 포도당(GLU), 인(P), 나트륨(Na), AST 및 ALT의 활성 변화를 상온과 저온에서는 16 일까지, 냉동에서는 30 일까지 조사하였다.

어종간에 다소의 차이가 있었지만 대체로 단백질 성분인 TP, ALB과 당 성분인 GLU, 무기질인 P, Na의 농도는 안정하였으나, 지방 성분인 TRIG와 CHOL, AST, ALT의 활성은 불안정하였다. 그리고 온도에 따른 혈액 성분의 안정성은 상온에서 보다는 저온과 냉동에서 대체로 안정하지만, 성분에 따라서는 냉동하여도 매우 불안정한 것이 있다.

#### -- 어류들의 혈액 성분 비교

우리 나라에서 많이 양식하고 있는 주요 어종의 혈액 성분에 관한 기초 자료를 얻기 위하여, 1994년 3월말(수온 12.7°C)에 한국해양연구소 충무 현장에서 사육하는 은연어(*Oncorhynchus kisutch*), 조피볼락(*Sebastes schlegelii*), 농어(*Lateolabrax japonicus*), 넙치(*Paralichthys olivaceus*)와 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*)을 각 5~6 마리씩 마취시키지 않은 상태로 꼬리 동맥에서 채혈하여 혈청 중의 총 단백질(total protein, TP), 알부민(albumin, ALB), 중성 지방(triglyceride, TRIG), 콜레스테롤(cholesterol, CHOL), 포도당(glucose, GLU), 리파제(lipase, LIPA), 나트륨(sodium, Na), 칼륨(potassium, K), 염소(chloride, Cl), 인(phosphorus, P) 등을 혈액분석기로 분석하였다.

TP 농도는 2.9~5.1 g/dl의 수준이었으며 온수성 어종이 냉수성 어종보다 약간 더 높았고, ALB 농도는 1.2~1.9 g/dl의 수준이었다. A/G 비는 은연어가 1.1 정도로 가장 높았고 나머지는 대개 0.6 정도로 비슷하였다. 그리고 지질 성분인 TRIG와 CHOL 농도는 어종에 따라 달라, 넙치는 TRIG 농도가 큰 대신에 CHOL 농도가 낮으며, 이와 반대로 농어는 TRIG 농도가 낮은 대신에 CHOL 농도가 높았다. 두 지질 성분의 합은 넙치가 가장 많아 600 mg/dl 나 되었고, 농어나 조피볼락(약 400 mg/dl), 돌돔이나 은연어(약 300 mg/dl)의 순이었다. 혈당(GLU) 농도는 냉수성 어종이나 활동성 어종인 은연어, 조피볼락, 농어가 비활동적인 넙치에 비해 약 4 배 가량 많아 61~76 mg/dl 이나 되었다. 한편 리파제(LIPA) 활성은 TRIG 농도와 정반대의 경향을 보여 은연어에서 가장 높았고, 넙치에서는 거의 확인되지 않았다.

무기질 중에서 Na, Cl 과 K 농도는 160~204 mmol/l , 137~183 mmol/l 과 0.5~3.1 mmol/l 로 유사한 수준이었으나, P 농도는 은연어나 조피블락처럼 비교적 활동성이 강한 어종일수록 많았다. ALT 활성은 넙치가 가장 높았고, AST 활성은 은연어가 높았으며, AST 활성은 모든 어종에서 ALT 활성보다 높았다.

#### IV. 건 의

어류 혈액 성상에 관한 연구는 영양 상태를 알 수 있을뿐 아니라 최적 사육 조건도 예측할 수 있는 수단으로 이용할 수 있으므로, 더 많은 연구 지원이 필요하다.

# S u m m a r y

## I. Title

A study on the chemical components of serum in fishes

## II. Objectives and Significance

Growth (rate) of fish is generally estimated by measuring the amount of weight gains or body length increase per unit time period. Recently, studies are being conducted by fishery biologists to determine the state of fish health by analyzing serum metabolites and enzyme activities in fish blood.

No attempt has been made yet on this sort of study in Korea. It is, therefore, necessary to conduct a study on the serum constituents from various species of fish, the results of which could well be utilized in the aquaculture.

## III. Contents and Scope

The stability of blood metabolites and characteristics of serum components in several species of commonly cultured fish have been tested under the different storage conditions of temperature and duration.

## IV. Results

### -- Storage stability of blood metabolites in fish

An attempt was made to elucidate the stability of serum metabolites and enzyme activities in blood samples taken from

rockfish(*Sebastes schlegeli*), Israeli carp(*Cyprinus carpio*) and rainbow trout(*Onchorynchus mykiss*) under different storing conditions.

The concentrations of total protein (TP), albumin (ALB), triglyceride (TRIG), cholesterol (CHOL), glucose (GLU), phosphorus (P) and sodium (Na), and the activities of alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST) in serum were investigated for 16 days at 15°C (room temp.) and 4°C (refrigerative), and for 30 days at -20°C.

Although there appeared to be a little variation between fish species, the activities of TP, ALB, GLU, P and Na were stable at all storing temperatures, while those of TRIG, CHOL, ALT and AST were not stable even at the normal temperature. In general, the stabilities of serum components were more stable at refrigerative and frozen condition than at room temperature. However, it was noticeable that the stability of CHOL in rockfish serum was found to be unstable at -20°C than kept at 15°C or 4°C.

#### -- Serum constituents in several species of cultured fish

This study was performed to obtain the basic data on the serum components of several marine fish species commonly cultured in Korea. Blood samples taken from five species of fish were analyzed for various components of serum, total protein(TP), albumin(ALB), triglyceride (TRIG), cholesterol(CHOL), glucose(GLU), sodium(Na), potassium(K), chloride(CL), phosphorus(P) and lipase(LIPA). The fish used were coho salmon(*Oncorhynchus kisutch*), rock fish(*Sebastes schlegeli*), sea bass (*Lateolabrax japonicus*), olive flounder(*Paralichthys olivaceus*) and parrot fish(*Oplegnathus fasciatus*) reared at the Chungmu Experimental

Fish Culture Station of KORDI.

TP concentration of warm-water species(2.9~5.1 g/dl) was higher than that of cold-water species, and ALB concentration was at the level of 1.2~1.9 g/dl. Coho salmon showed the highest ratio of A/G (1.1), and the other species were about 0.6. The concentrations of TRIG and CHOL, components of lipids, varied with the different species. The concentration of TRIG was high, but CHOL concentration was low in olive flounder, while the reverse result was shown by sea bass. The sum of these two components was the highest with 600 mg/dl in olive flounder, and about 400 mg/dl for sea bass and rock fish, and 300 mg/dl for parrot fish and coho salmon. Concentration of GLU in coho salmon and rock fish ranged from 61 to 76 mg/dl which were about four times higher than that of flounder. The highest lipase activity was observed in coho salmon, while it was nearly nil in flounder. The reverse tendency was found for TRIG concentration. Mineral concentrations of Na, Cl and K were 160~204 mmol/l, 137~183 mmol/l and 0.5~3.1 mmol/l, respectively, but no significant difference between the species was observed.

However, the concentrations of P were high in relatively active species such as coho salmon and rockfish. AST activity in all species examined was higher than that of ALT with being highest in coho salmon. The highest ALT activity was found in olive flounder.

#### IV. Suggestions

The study on the serum components and activities of blood metabolites are of importance in determining the state of health and optimal conditions for the fish in culture. Therefore, further studies

are needed to gather more systematic data to be used in fish culture and storage of their products.

# 목 차

표 목차	3
그림 목차	3
제 1 장 어류 혈액의 저장 안정성	6
1 절 서론	6
2 절 재료 및 방법	6
3 절 결과 및 고찰	8
제 2 장 어류들의 혈액 성분 비교	16
1 절 서론	16
2 절 재료 및 방법	16
3 절 결과 및 고찰	18
참고 문헌	25

# C O N T E N T S

List of Tables	3
List of Figures	3
Chapter 1 Storage stability of blood metabolites in fish	6
Section 1 Introduction	6
Section 2 Materials and Methods	6
Section 3 Results and Discussion	8
Chapter 2 Study of serum constituents in several species of cultured fish	16
Section 1 Introduction	16
Section 2 Materials and Methods	16
Section 3 Results and Discussion	18
References	25

## 표 목 차

표 1. 어류 혈액 성분 검사 항목과 방법	7
-------------------------	---

## List of Tables

Table 1. Serum constituents examined	7
--------------------------------------	---

## 그림 목 차

그림 1-1. 어류 혈청중 총단백질 함량의 안정성에 미치는 보관 온도의 영향	12
그림 1-2. 어류 혈청중 알부민 함량의 안정성에 미치는 보관 온도의 영향	12
그림 1-3. 어류 혈청중 중성지방 함량의 안정성에 미치는 보관 온도의 영향	13
그림 1-4. 어류 혈청중 콜레스테롤 함량의 안정성에 미치는 보관 온도의 영향	13
그림 1-5. 어류 혈청중 포도당 함량의 안정성에 미치는 보관 온도의 영향	14
그림 1-6. 어류 혈청중 무기인 함량의 안정성에 미치는 보관 온도의 영향	14
그림 1-7. 어류 혈청중 나트륨 함량의 안정성에 미치는 보관 온도의 영향	15
그림 2-1. 어류별 혈청중 총단백질과 알부민 함량의 비교	22
그림 2-2. 어류별 혈청중 중성지방과 콜레스테롤 함량의 비교	22

그림 2-3. 어류별 혈청중 포도당 함량의 비교	23
그림 2-4. 어류별 혈청중 리파제 활성의 비교	23
그림 2-5. 어류별 혈청중 나트륨, 염소, 칼륨, 무기인 함량의 비교	24

### List of Figures

Fig. 1-1. Effects of storage temperature on stability of fish serum total protein (TP)	12
Fig. 1-2. Effects of storage temperature on stability of fish serum albumin (ALB)	12
Fig. 1-3. Effects of storage temperature on stability of fish serum triglyceride (TRIG)	13
Fig. 1-4. Effects of storage temperature on stability of fish serum cholesterol (CHOL)	13
Fig. 1-5. Effects of storage temperature on stability of fish serum glucose (GLU)	14
Fig. 1-6. Effects of storage temperature on stability of fish serum phosphorus (P)	14
Fig. 1-7. Effects of storage temperature on stability of fish serum sodium (Na)	15
Fig. 2-1. Concentrations of total protein(TP) and albumin(ALB) in fish serum ( 1. coho salmon, 2. rock fish, 3. sea bass, 4. olive flounder, 5. parrot fish)	22

Fig. 2-2. Concentrations of triglyceride(TRIG) and cholesterol  
(CHOL) in fish serum \_\_\_\_\_ 22

Fig. 2-3. Concentrations of glucose(GLU) in fish serum \_\_\_\_\_ 23

Fig. 2-4. Activity of lipase(LIPA) in fish serum \_\_\_\_\_ 23

Fig. 2-5. Concentrations of sodium(Na), chloride(Cl), potassium  
(K) and phosphorus(P) in fish serum \_\_\_\_\_ 24

## 제 1 장 어류 혈액의 저장 안정성

### 제 1 절 서론

어류를 효율적으로 사육하기 위해서나 사육 중인 어류의 영양 상태를 정확하게 파악하기 위해서는 주로 어체의 물리적인 증가, 즉 어체중의 증가나 비만도 등을 기준삼아 판단하여 왔지만, 최근에는 어류의 실질적인 영양 상태를 살필 수 있는 방법이 차츰 개발되고 있다. 곧 어류 혈액 중 각종 성분의 함량과 경시적 변화를 조사함으로써 어류의 영양 생리와 병리 상태를 파악하려는 시도가 이루어지고 있다. 하지만 이번 연구에서 가장 큰 걸림들은 사육 현장과 분석 시설이 일치하지 않는 경우가 많아, 현장에서 채혈후 분석하기까지 짧게는 수 시간에서 길게는 몇 일 또는 그 이상 걸리는 수도 있을 수 있다는 점이다.

그리고 임상학적인 자료를 정확하게 확보하려면 무엇보다도 분석하기까지 채혈한 혈액 성분의 변화를 최소한으로 줄일 수 있는 조건에서 보존해야 할 것이다. 어류의 혈액 성분에는 약간의 연구(Barnhart, 1969; Wedemeyer & Chatterton, 1970, 1971; Wedemeyer & Nelson, 1975)가 있기는 하지만, 이들은 대개 혈액 성분의 함량이나 생체내에서의 증감에 관한 것이고, 어류 혈액의 저장 안정성(shelf-time)에 관해서는 Warner et al. (1979)의 연구 정도가 있을 뿐이다. 따라서 어류의 혈액 성분이 보존 온도에 따라 얼마나 안정성을 유지하는지를 파악하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

### 제 2 절 재료 및 방법

실험 어류 : 실험에는 한국해양연구소 수조실에서 사육하던 무지개송어

(*Onchorynchus mykiss*)와 이스라엘계 잉어(*Cyprinus carpio*) 및 해산어인 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)를 사용하였다.

**채혈** : 어류는 채혈하기에 앞서 24 시간 절식시켰으며, 적당량의 MS-222로 마취시킨 다음에 이들의 꼬리동맥에서 1 마리당 3  $\mu$ l 씩 뽑아 5 마리분을 시험관에 함께 모았다. 모은 혈액을 상온에서 약 1시간 방치하여 응고시킨 다음에 원심분리(3,000 rpm, 20 분)하여 상등부의 혈청을 얻었고, 그 중 일부를 즉시 건식(dry type)의 혈액분석기(Ektachem DT II analyzer, Eastman Kodak Co., U.S.A.)로 Table 1의 각 항목을 분석하였으며, 남은 혈청은 100  $\mu$ l 씩 나누어서, 보존용 표면이 건조되어 성분의 농축을 막기 위하여(Warner et al. 1979) 뚜껑달린 eppendorf tube에 나누어 담아 상온(15°C), 저온(4°C) 및 냉동(-20°C)으로 보관하면서 정해진 시일마다 분석하였다. 상온과 저온 보관한 것은 16 일까지, 그리고 냉동 보관한 것은 30 일까지 측정하였으며, 모든 측정값은 채혈 직후의 측정값을 100% 로 하여 이에 대한 비율로 나타내었다.

Table 1. Serum constituents examined  
(표 1. 어류 혈액 성분 검사 항목과 방법)

Parameter	Method	Wavelength(nm)
Alanine aminotransferase (ALT)	LDH method	340
Albumin (ALB)	BCG method	630
Aspartate aminotransferase (AST)	MDH method	340
Cholesterol (CHOL)	cholesterol esterase method	555
Glucose (GLU)	GOP method	555
Phosphorus (P)	AM method	660
Triglyceride (TRIG)	GPO method	555
Total protein (TP)	Biuret method	555
Sodium (Na)	potentiometry	--

### 제 3 절 결과 및 고찰

어류의 혈청중 보존 온도에 따른 총단백질(TP)의 농도 변화는 Fig. 1-1과 같다. 조피볼락, 잉어 및 무지개송어의 채혈 직후 혈액중 농도는 각각 4.7, 3.4 및 4.3 g/dℓ 이었는데 이를 상온에 방치하면 시일이 경과함에 따라 어종에 상관없이 약간씩 증가하는 경향을 보이지만 약 12 일까지는 채혈 직후에 비해 큰 변화가 없이 대체로 안정하였다. 저온에 보관하여도 약 12 일까지는 각각 5.1, 3.7 및 4.1 g/dℓ 이었고, 무지개송어는 16 일까지도 거의 변함이 없었다. 혈청을 냉동해 두면 안정성은 모든 어종에서 마찬가지로 좋아져서 검사 시한인 30 일까지 거의 변화가 없이 안정하였다. 한편, 같은 단백질 성분인 알부민(ALB)의 농도 변화(Fig. 1-2)도 TP의 경우와 거의 같아서, 채혈 직후에 조피볼락, 잉어 및 무지개송어가 각각 1.6, 1.5 및 1.8 g/dℓ 이던 것이 보존 온도에 상관없이 모두 안정하였다.

어류에서 건강 진단이나 영양 상태, 질병 진단에 이용 가능(尾崎, 1978)한 단백질 성분인 TP 와 ALB은 보존시 농도 변화가 크지 않은 비교적 안정한 성분이었으며, Warner et al. (1979)도 무지개송어에서 확인한 바 있다. 사람의 혈액에서도 이 성분들은 저온 보존하면 수 일간, 그리고 냉동해 두면 1 년간은 안정하다고 한다(Henry et al., 1974; 李와 金, 1988).

어류의 주요 에너지원인 지질 성분중 중성지방(TRIG)은 어떠한 보존 조건에서도 매우 불안정하여 정도 차이가 있을 뿐 보존 시일이 길어짐에 따라 전반적으로 상승 경향을 나타내었다 (Fig. 1-3). 조피볼락, 잉어 및 무지개송어는 채혈 직후 각각 114, 205 및 156 mg/dℓ 의 수준이었는데, 상온에 방치하면 조피볼락과 무지개송어는 2 일만에 10~60% 나 증가하였고, 잉어는 4 일후까지도 4% 증가하는데 머물러 타 어종에 비하여 비교적 안정하였다. 그리고 저온 보존하면 조피볼락은 여전히 불안정하여 2 일만에 27% 증가하였을 뿐, 잉어와 무지개송어는 각각 8 일후와 4 일후에도 약 3% 증가하는 정도로 안정하였다. 냉동 보존하면 안정성은 더욱 향상되어 모든 어종이 검사 시한까지도 3~7% 증가하는데 머물렀다.

같은 지질 성분인 콜레스테롤(CHOL)도 TRIG와 마찬가지로 매우 불안정하여 보존중에는 어종에 상관없이 모두 증가 경향을 보였다 (Fig. 1-4). 조피볼락, 잉어 및 무지개송어는 채혈 직후 각각 284, 171 및 194 mg/dl 의 수준이던 것이, 상온에 방치하면 조피볼락과 무지개송어는 4 일후까지, 잉어는 8 일후까지도 2~4% 증가하는데 그쳐 안정하였지만, 그 이후에는 큰 폭으로 변하여 16 일후에는 9~21%나 증가하였다. 저온 보존하면 상온에서 보다는 다소 안정적이어서 8 일후 까지도 모두 1~4% 증가하는데 그쳤다. 그리고 냉동 보존하면 안정성은 대체로 높아져서 검사 시한까지 거의 변화가 없었지만, 조피볼락은 예외여서 10 일후까지는 약 7% 증가하여 안정적이었고, 그 이후에는 급증하여 30 일후에는 채혈 직후에 비해 약 35%나 증가하였다.

이처럼 어류 혈청중 CHOL 의 농도가 보존 온도에 따라 크게 변동하는 요인으로는, 사람의 혈청에서와 마찬가지로 혈청중의 유리형 CHOL 이 LCAT(lecithin cholesterol acyltransferase)의 작용을 받아 cholesterol ester가 늘어나기 때문인듯 하다(李와 金, 1938). 한편 조류인 black kite chick(*Milvus milvus*)와 포유류인 red fox(*Vulpes vulpes*)의 혈청을 냉동 보존하면 TRIG 는 감소하나 CHOL 은 거의 변화하지 않는다는 Bustamante & Travaini (1994)의 결과와는 다소 차이를 보이는데, 이 차이가 동물종에 따른 차이인지에 관해서는 분명치 않다. 그리고 본 실험에서는 무지개송어의 경우에 CHOL의 농도가 상온 보존시에는 4 일까지, 저온 보존시에는 8 일까지 그리고 냉동 보존시에는 30 일까지 안정하여 사람의 경우(Henry et al., 1974)와 비슷한 안정성을 갖지만, Warner et al.(1978)은 보존 온도에 상관없이 검사 시한인 42 일까지도 안정하였다고 보고하였다. 본 실험과의 차이는 실험 조건 및 방법의 차이 때문일 것으로 여겨진다.

본 실험에서는 혈청중 지질 성분은 보존시 다른 성분에 비해 상당히 불안정하고 특히, TRIG 가 CHOL 보다 더 불안정하지만, 잉어는 다른 두 어종에 비해 상온과 저온에서의 안정성이 비교적 높음을 알 수 있었다.

각 어종 혈청의 보존 온도에 따른 혈당(GLU)의 변화는 Fig. 1-5와 같다. 조피

블락, 잉어 및 무지개송어의 채혈 직후 GLU 농도는 각각 34, 38 및 93 mg/dl 로 福田(1958)의 보고와 같이 냉수성이며 활동성이 강한 무지개송어가 타 어종에 비해 GLU 가 높았다. 이들을 상온에 방치하면 세 어종의 것이 모두 처음에는 약간 감소 기미를 보이지만 대체로 안정하였다. 즉, 조피블락과 무지개송어는 보존 16 일후까지도 거의 변화가 없었고, 잉어는 4 일후까지 3% 밖에 변하지 않아 안정하였으나 16 일후에는 26%나 변하여 매우 불안정하였다. 저온 보존시에는 모두 큰 변화가 없어 보존 16 일후에도 2% 이하의 변동폭을 나타내는데 그쳤다. 냉동 보존하면 세 어종의 혈청은 모두 감소 경향을 나타내었고, 무지개송어의 감소폭이 타 어종보다 다소 크기는 했어도 대체로 2~7 mg/dl 줄어드는데 불과하여 매우 안정적이었다. 이처럼 GLU 농도가 저장 중에 약간 감소하는 것은 사람의 혈액에서도 마찬가지이며, 이는 혈구중의 해당계 효소가 혈당을 감소시키기 때문으로 12 시간 이내에 약 5% 감소한다(李와 金, 1988). 혈청의 냉동 보존중에 GLU 농도가 감소하는 것은 black kite chick와 red fox 에서도 확인할 수 있었다(Bustamante & Travaini, 1994). 그러나 Warner et al.(1979)은 무지개송어의 혈청중 GLU의 농도가 매우 불안정하여, 25℃ 나 -10℃에서는 2 일동안만 안정하고, 4℃에서는 6 일동안만 안정하다고 하여, 본 결과와도 큰 차이를 보였다.

한편 어류의 체액중에 들어 있는 Na 와 무기인(P)은 삼투압 유지, 산-염기 평형과 고에너지 인산염으로 작용하므로 이들의 보존 조건에 따른 혈청중 변화를 조사하여 Fig. 1-6과 1-7에 나타내었다. 혈청중 P의 농도(Fig. 1-6)는 조피블락, 잉어, 무지개송어에서 각각 10.1, 5.3 및 10.4 mg/dl 이었고, 이들을 상온에 방치하면 4 일후까지는 어종에 상관없이 4~7% 정도 증가하는데 머물러 안정하지만, 이보다 보존 기간이 길어지면 큰 폭으로 증가하여 16 일후에는 35~60%나 많아진다. 저온이나 냉동에 보존하면 안정성은 많이 좋아져서 검사 시한까지도 10% 정도 밖에 변하지 않았다. 상온에서는 혈청중의 유기 P가 무기 P으로 분해되므로 농도가 변한다는 것은 사람의 경우에 알려지고 있으며(李와 金, 1988), 이것은 본 실험에서 어류의 혈청에서도 확인할 수 있었다. 그리고 적혈구에는 인지질 외

에 ester형인 피로인산염과 무기 P이 50%나 들어 있고, 인산 ester가 가수분해되어 무기 P이 유출할 수 있으므로 가능하면 채혈 직후에 곧 혈청으로 분리하는게 바람직하다.

한편, 채혈 직후의 혈청에는 Na의 농도(Fig. 1-7)가 조피볼락, 잉어 및 무지개송어에서 각각 157, 117 및 150 mM/ℓ 이었으며, 이들의 혈청을 상온에 방치하면 12 일후까지는 3~8% 정도의 변화 밖에 없어 비교적 안정하며, 저온이나 냉동 보존하면 검사 시한까지 소폭으로만 변할뿐 매우 안정적이었다.

이 밖에도 ALT 와 AST 의 변화도 조사하였지만 이들은 어종 또는 보존 조건과 상관없이 매우 불안정하여 어떠한 경향을 발견할 수 없었다(미발표자료). 한편 사람의 경우, 혈청 중의 AST는 일반적으로 안정하여 저온 보존하면 약 일주간, 냉동 보존하면 약 3 주간 안정하고, ALT는 불안정하여 저온 보존하여도 매일 5~10% 씩 활성이 감소되며 냉동 보존하여도 이러한 감소 추세는 마찬가지로 하지만(李와 金, 1988), 본 실험에서는 잉어의 ALT 활성이 보존 중에 감소하는 경향을 보인 것 말고는 매우 불안정하여, 사람의 혈액과는 상당히 다른 경향을 보였다.

이상의 결과를 종합하면, 어류의 혈청 성분 중에는 보존 조건에 따라서 상당히 안정한 성분이 있는가 하면 반대로 매우 불안정한 것도 있음을 알 수 있었다. 특히 단백질 성분인 TP 와 ALB 은 보존 온도에 상관없이 매우 안정한데 반해 지질 성분인 TRIG 와 CHOL 은 상온 보존시에 특히 불안정하였다. 이 밖의 GLU 나 무기질인 P 나 Na 도 대체로 안정적이었다. 이러한 결과를 고려한다면 어류 혈청을 분석코자 할 때에는 대상 성분에 따라 온도 안정성이 매우 다르기때문에 채혈한 후에는 가능하면 빠른 시간내에 분석토록 하는 것이 정확한 값을 얻을 수가 있고, 어류의 상태를 파악하는데 도움이 될 것이라 여겨진다.

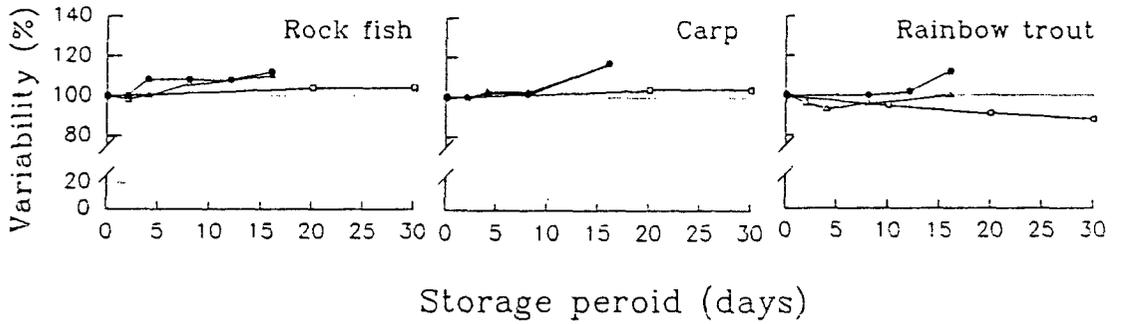


Fig 1-1. Effects of storage temperature on stability of fish serum total protein ( • : 15 C; ▲ : 4 C; □ : -20 C).

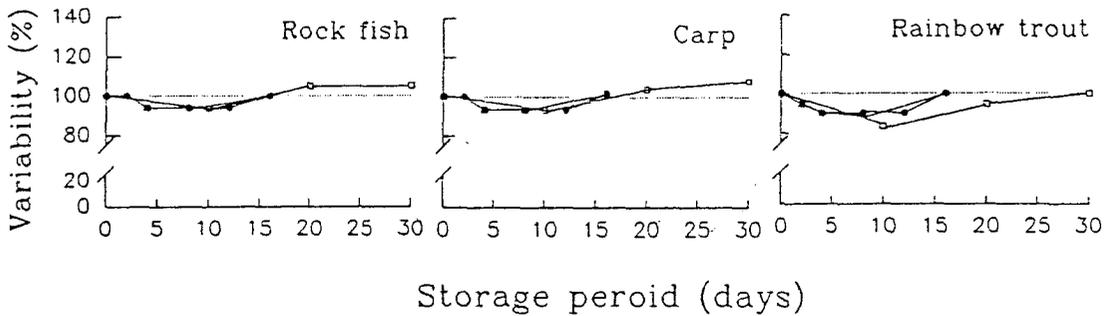


Fig. 1-2. Effects of storage temperature on stability of fish serum albumin( • : 15 C; ▲ : 4 C; □ : 120 C).

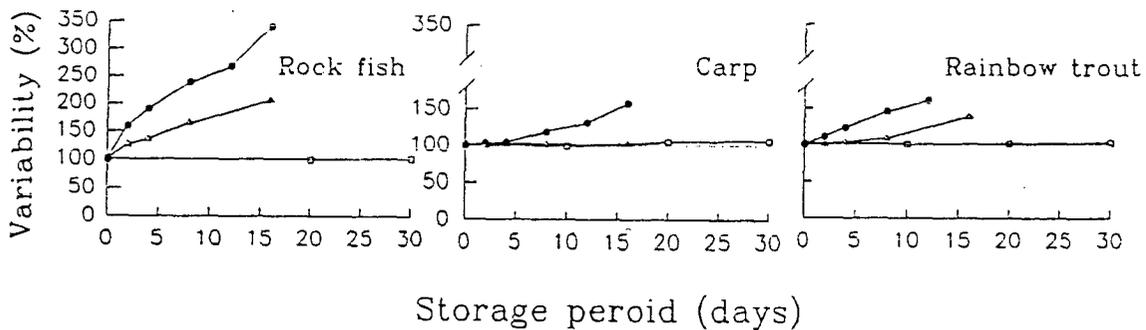


Fig. 1-3. Effects of storage temperature on stability of fish serum triglyceride ( • : 15 C; ▴ : 4 C; ○ : -20 C).

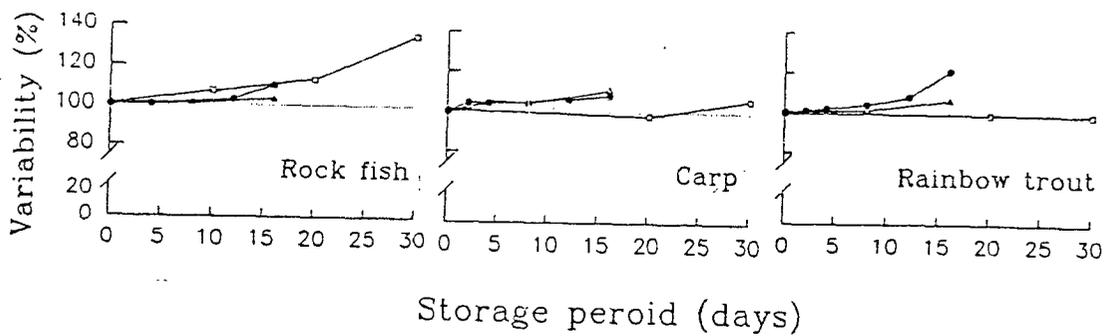


Fig. 1-4. Effects of storage temperature on stability of fish serum cholesterol ( • : 15 C; ▴ : 4 C; □ : -20 C).

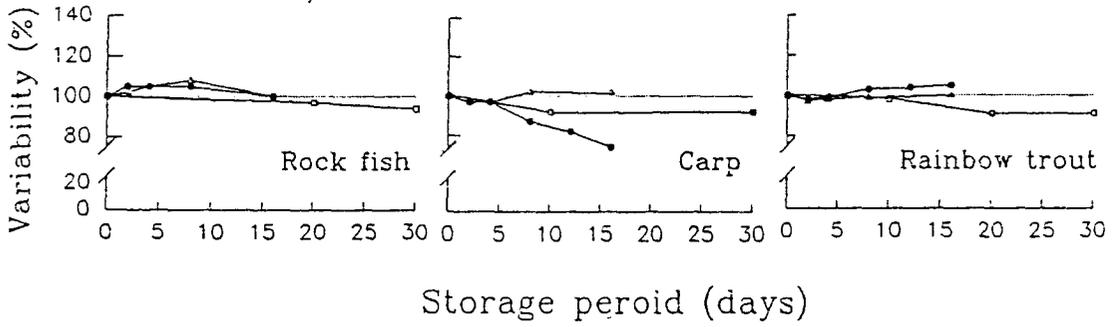


Fig. 1-5. Effects of storage temperature on stability of fish serum glucose ( • : 15 C; ▲ : 4 C; ◻ : -20 C).

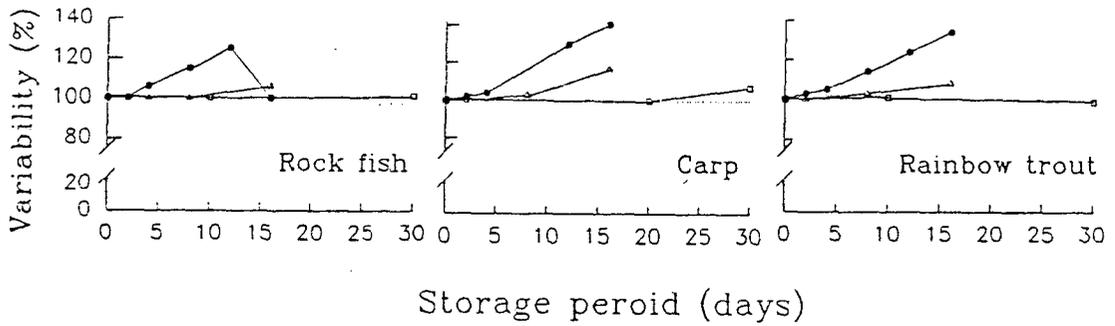


Fig. 1-6. Effects of storage temperature on stability of fish serum phosphorus ( • : 15 C; ▲ : 4 C; ◻ : -20 C).

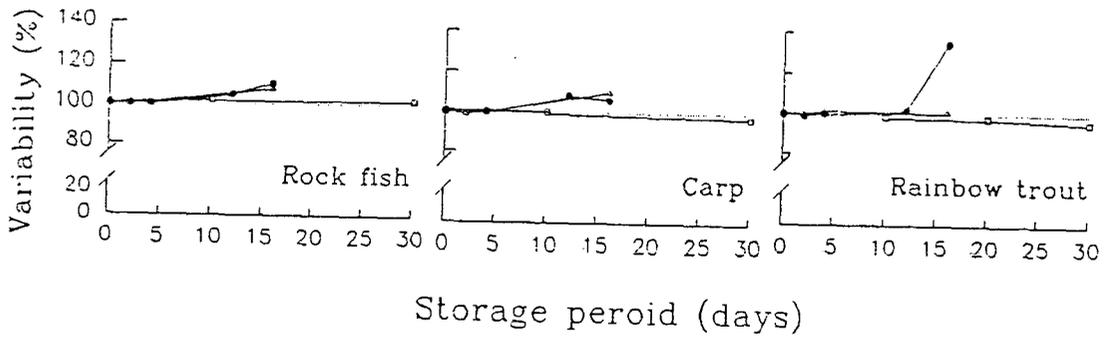


Fig. 1-7. Effects of storage temperature on stability of fish serum Na+ ( • : 15 C; ◐ : 4 C; ◑ : -20 C).

## 제 2 장 어류들의 혈액 성분 비교

### 제 1 절 서론

일반적으로 동물의 혈액은 조직이 필요로 하는 영양분과 산소를 운반해 주고 대신에 노폐물과 이산화탄소를 받아와 이를 처리하여 몸을 정화시켜 주며, 또한 각 조직에 필요한 호르몬 등을 운반하거나 외부의 자극에 반응하여 몸을 방어하는 등의 중요한 기능을 한다. 어류의 혈액도 이와 마찬가지로 이 외에도 물이라는 외계와 접해 있으므로 육상 동물과는 달리 삼투압을 조정하는 기능을 갖는다. 한편, 육상 동물의 경우에는 혈액 성상이나 성분의 조성 및 농도 등을 조사하여 그 동물의 영양 상태나 병리 상태를 파악하려는 연구가 일찍부터 이루어진데 비하여, 수생 동물인 어류에서는 물이라는 특수한 환경 속에서 생활하므로 관찰이나 조사에 많은 어려움이 있어 연구가 그다지 활발한 편은 아니었다. 그러나 최근들어 어류의 양식이 활발해짐에 따라 이들의 영양 관리, 질병 관리 및 수질 변화에 따른 반응의 차원에서 어류 혈액 성분의 농도나 효소 활성을 조사하는 연구가 이루어지고 있다. 비록 이들 연구가 한정된 어종에 대해서만 이루어지고 있고, 같은 어종이라도 지역에 따라 먹이 습성이나 수질 환경이 다르기 때문에 이들의 혈액 성분도 차이를 보여 단순비교하기에는 어려움이 있지만, 그나마 우리 나라에서는 이에 관한 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 국내에서 많이 양식하고 있는 몇 종의 해산 어류를 대상으로 혈액 성분에 관한 기초 자료를 확보하기 위하여 이들의 혈액 성분을 조사하였기에 그 결과를 보고코자 한다.

### 제 2 절 재료 및 방법

대상 어종 : 본 실험에서는 당연구소 충무 현장의 해상 가두리에서 생사료로 사육하던 은연어(*Oncorhynchus kisutch*, 평균 체중 1,024 g), 조피볼락(*Sebastes schlegeli*, 평균 316 g), 농어(*Lateolabrax japonicus*, 평균 123 g), 넙치(*Paralichthys olivaceus*, 평균 212 g)과 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*, 평균 245 g)을 각 5~6 마리씩 채혈용으로 사용하였다.

채혈과 분석 : 1994 년 3 월 말경에 채혈하였으며, 당시의 해수 온도는 12.7℃였다. 채혈하기 전날 저녁(17:00) 냉수성 내지는 중간 수온성 어종인 은연어, 조피볼락과 넙치는 어체중 당 각각 5.7%, 4.7% 와 5.5% 의 생사료를 공급하였으며, 온수성 어종인 농어와 돌돔은 각각 3.0% 와 1.0% 를 공급하였고, 16~17 시간 절식시키고 나서 다음날 오전 09:00부터 채혈 작업을 실시하였다. 각 개체를 가두리에서 꺼낸 다음 마취시키지 않은 상태로 꼬리 동맥으로 부터 약 4 ml씩을 채혈하였다. 혈액은 헤파린 처리되지 않은 원심관( $\phi 12 \times 75$  mm)에 담아 상온에서 약 30분간 자연 응고시킨 뒤, 원심분리(3,000 rpm, 20 분)하여 상등액인 혈청을 얻었다. 이들 혈청을 현장에서 당 연구소까지 운반하는 도중에 증발되는 것을 막기 위하여 뚜껑이 달린 원심분리용 tube(250  $\mu$ 용)에 분주하고, IsoTherm-System (Eppendorf, Germany)에 담아 동결 상태를 유지하면서 운반하였다. 운반 후에는 즉시 혈액분석기(Ektachem DT II analyzer, Eastman Kodak Co., U.S.A.)로 총단백질(total protein, TP), 알부민(albumin, ALB), 중성 지방(triglyceride, TRIG), 콜레스테롤(cholesterol, CHOL), 포도당(glucose, GLU), 나트륨(sodium, Na), 칼륨(potassium, K), 염소(chloride, Cl), 인(phosphorus, P)과 리파제(lipase, LIPA)를 분석하였으며, 이들의 분석 방법은 전보(전 등, 1994)와 같다.

통계 처리 : 모든 측정값은 Statistical Analysis System(SAS) Procedure로 처리하였고, 어종별 각 혈액 성분 농도의 유의성 검정은 Duncan's Multiple Range Test로 95% 유의 수준에서 하였다.

### 제 3 절 결과 및 고찰

각종 어류의 혈액중 단백질 성분인 TP 와 ALB 의 농도를 Fig. 2-1에 나타내었다. 어류의 TP 함량은 2.9~5.1 g/dℓ 의 범위였으나, 각 어종 간에는 유의적인 차이를 보였다. 즉 농어, 돌돔, 조피볼락(4.5~5.1 g/dℓ) > 은연어(3.7) > 넙치(2.9)의 순이었다. 그리고 ALB 함량은 1.2~1.9 g/dℓ 로 어종간에 큰 차이없이 비슷한 수준이었으나 함량에는 유의적( $p < 0.05$ )인 차이를 보여 은연어, 돌돔, 농어(1.8~1.9) > 조피볼락(1.6) > 넙치(1.2)의 순이었다. 따라서 알부민과 글로부린의 비(A/G ratio)도 차이가 있어 은연어가 1.1 정도인데 반하여 그 밖의 어종은 대개 0.5~0.6 의 수준을 나타내었다. 단백질은 당질이나 지질과 더불어 생체를 구성하는 중요한 성분 가운데 하나이며, 생명을 유지하는데 없어서는 안될 각종 호소와 호르몬, 그리고 면역 글로부린이 모두 이것에 속한다. 따라서 혈청 단백질의 양과 조성은 어류의 영양 상태의 지표로서 곧잘 이용하고 있으며, 단백질 섭취가 부족하거나 소화 흡수가 불량하면 이 양이 줄어들며, 간장 장애가 있어도 줄어 드는데 특히 ALB 이 줄어든다. 일반적으로 어류에서의 TP 함량은 연골 어류인 판사류가 가장 낮아 1~2 g/dℓ 의 수준이고, 그 밖의 연골 어류는 3~4 g/dℓ이며, 경골 어류는 4~7 g/dℓ 의 수준이다(Turner, 1937; Yanagisawa & Hashimoto, 1984). 그리고 경골 어류중에서도 담수어가 해산어보다 많다고 한다(Pickford & Slicher, 1965). 어종간 혈청 단백질을 비교하고자 할 때에는 성장(Bentinck et al., 1987), 연령(Fasaic & Palackova, 1990), 성별(Raizada et al., 1984), 계절적 변동(Nakagawa et al., 1977; Siddiqui, 1977), 질병(Quentel & Aldrin, 1986; Ikeda & Minami, 1982; Harbell et al., 1979), 운동량(Xu & Cao, 1989), 섭이 상태, 수질 환경(Yamawaki et al., 1986; Pfeifer & Weber, 1979; Byrne et al., 1989), 스트레스(McLeay & Brown, 1979), 섭이후의 경과 시간에 따라서도 다소의 차이가 있음을 감

안하면 본 연구의 TP 함량은 상기한 경골 어류의 수준과 대체로 일치하였으며, 대체로 온수성 어종이 냉수성 어종보다 혈청중 단백질 함량이 많았고, 활동성인 어종은 비활동성인 것보다 ALB 의 농도가 약간 많은 경향을 나타내었다. 그리고 은연어의 A/G 비가 타 어종에 비해 비교적 높았던 것은 냉수성 어종이라 조사 당시의 수온(12.7°C)이 생육하는데 타 어종보다 지장을 적게 받았기 때문일 것이다.

한편 체내에서 에너지원으로 가장 많이 이용되는 것은 지방으로, 혈청중에는 TRIG, CHOL, NEFA 와 인지질(phospholipid, PL) 등이 들어 있다. 이 중에서 TRIG 와 NEFA 는 대부분 에너지원으로, 그리고 CHOL 과 PL 은 세포막의 구성 성분으로 이용되는데, 특히 CHOL 은 담즙산의 원료가 되어 지방의 소화·흡수를 돕는다. 이 중에서 TRIG 와 CHOL의 어종별 혈청중 농도를 Fig. 2-2에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 TRIG 와 CHOL의 혈청중 분포는 어종에 따라 약간의 특징이 있어, 넙치는 타 어종에 비해 유의적으로 TRIG 농도( $484 \pm 54$  mg/dl)가 가장 높은 대신에 CHOL 농도( $121 \pm 13$  mg/dl)는 가장 낮으며, 농어는 반대로 CHOL 농도( $297 \pm 9$  mg/dl)는 가장 높은 대신에 TRIG 농도( $135 \pm 6$  mg/dl)는 낮았다. 따라서 이 두가지 성분의 합도 넙치(약 600 mg/dl)가 가장 많고, 농어나 조피볼락 (약 400 mg/dl), 돌돔이나 은연어(약 300 mg/dl)의 순으로 적어, 비활동성인 어종이 비교적 지질 성분을 많이 가지고 있는 경향을 보였다. 한편, 혈청중 TRIG 와 CHOL 농도는 성별, 크기, 생식 주기 등에 따라 변하며(Garcia et al., 1990; Lai & Singh, 1987), 사료중 지질 함량(Lie et al., 1988)이나 섭이율(Shikata et al., 1993)에 따라서도 변하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 동일한 생사료를 공급하였기에 사료중 지질 함량에 의한 차이라기 보다는 섭이율, 특히 수온에 따른 차이일 가능성이 있을 것으로 여겨진다.

어종별 혈당(GLU)의 농도를 Fig. 2-3에 나타내었다. 어종별 혈당 농도는 은연어, 조피볼락, 농어( $61 \sim 76$  mg/dl)가 돌돔( $58$  mg/dl)이나 넙치( $18$  mg/dl)보다 높아, 섭이량과는 관련이 없었고, 서식 수온이 낮은 종이거나 활동적인 어종일수록 많았으며, CHOL 의 어종별 분포와도 매우 유사하였다. 이처럼 활동성 어종이 비활

동성 어종보다 혈당치가 높은 것은 이미 福田(1958)도 관찰한 바 있으며, 이것은 근수축에 필요한 에너지원으로써 당을 더 필요로 하기 때문이다. 한편 어종별 혈당치의 분포는 TP 의 분포와도 유사하였는데, 이는 체내에서 소화되어 에너지원으로 쓰인 나머지가 펜토스-인산 경로(pentose-phosphate pathway)를 거쳐 지방을 만들기때문인 듯 하다(示野, 1991).

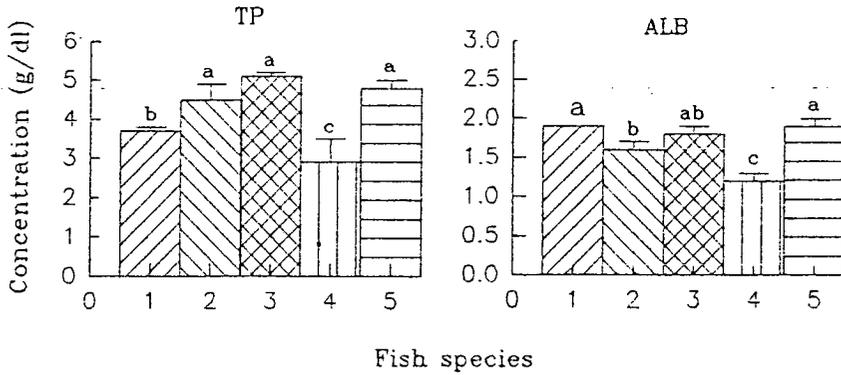
한편 지방 분해 효소(LIPA)의 어종별 활성은 Fig. 2-4와 같다. 어종간에는 심한 차이를 보여, 은연어( $339 \pm 20$  U/dl)가 가장 높았고, 다음은 돌돔( $171 \pm 31$  U/dl), 조피볼락( $84 \pm 16$  U/dl), 농어( $39 \pm 4$  U/dl)의 순이었으며, 넙치에서는 거의 활성이 나타나지 않았다. 이들의 활성은 TRIG 의 혈액중 농도와 거의 반대되는 경향을 보여, TRIG 농도가 가장 높았던 넙치는 LIPA 의 활성이 가장 낮았고, 반대로 TRIG 농도가 가장 낮았던 은연어는 LIPA 활성은 가장 강하여, TRIG 와 LIPA의 상호 관계가 잘 나타났다.

그리고 무기질의 어종별 분포는 Fig. 2-5와 같다. Na 와 Cl 농도는 어종간에 큰 차이가 없이 각각  $160 \sim 204$  mmol/l,  $137 \sim 183$  mmol/l 의 수준이었으나, 활동성이 적은 조피볼락, 넙치와 돌돔( $180 \sim 204$  mmol/l,  $179 \sim 183$  mmol/l)이 활동성인 은연어나 농어( $160 \sim 169$  mmol/l,  $137 \sim 142$  mmol/l)보다 유의적( $p < 0.05$ )으로 많았다. 이들 값은 경골 어류 중의  $150 \sim 200$  mmol/l 과  $150 \sim 180$  mmol/l 의 범위(尾崎, 1978)와도 잘 일치한다. 그리고 K 농도는 전반적으로 적어  $0.5 \sim 3.1$  mmol/l 의 범위에서 기존의 보고(尾崎, 1978)와 일치하지만, 어종 간에는 차이가 있어 넙치( $3.1 \pm 1.7$  mmol/l), 돌돔( $1.9 \pm 0.2$  mmol/l), 우럭( $1.3 \pm 0.1$  mmol/l), 은연어, 농어( $0.5 \sim 0.9 \pm 0.2$  mmol/l)의 순이었다. P 농도는  $2.0 \sim 10.9$  mmol/l 의 범위로 어종에 따라 큰 차이를 보였고, 은연어( $10.9$  mmol/l)가 가장 많고, 농어( $7.7 \pm 0.7$  mmol/l), 우럭과 돌돔( $5.4 \sim 6.0 \pm 0.1$  mmol/l), 넙치( $2.0 \pm 0.3$  mmol/l)의 순으로 작았다. P의 어종별 분포는 TRIG 의 분포와 정반대되는 경향을 보였는데, 이는 잉어의 지질 함량과 사료중 가용성 인산화합물의 함량과는 역상관 관계(荻野 등, 1979)가 있는 것과 관련이 있을 듯 하다. 한편 P 농도는 은연어나 조피볼락처럼

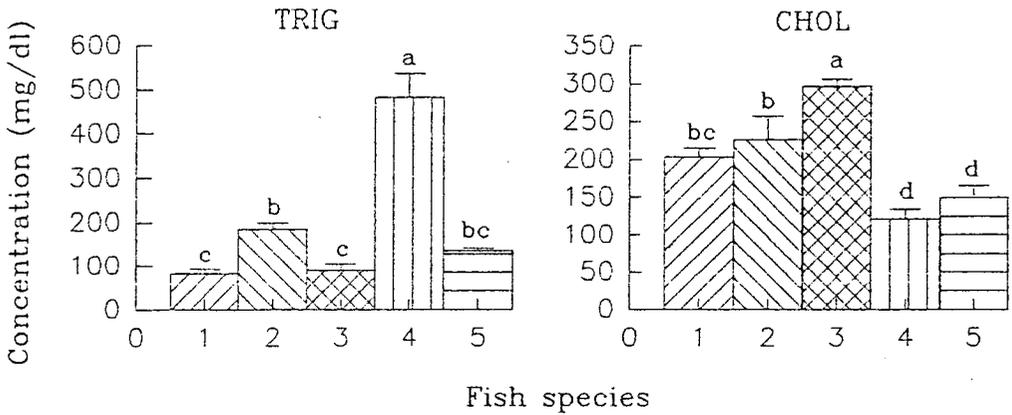
비교적 활동성이 강한 어종일수록 많은데, P가 phosphagen의 재료가 되는 것(坂口, 1991)과도 관계가 있을 것이다.

이 밖에도 알라닌아미노전이효소(alanine transaminoferase, ALT)과 아스파르트아미노전이효소(aspartate transaminoferase, AST)의 어종별 농도도 조사하였다(미발표 자료). ALT 활성은 넙치가 가장 높아  $95 \pm 23$  U/ℓ 이었고, 나머지는 10 U/ℓ 이하의 아주 낮은 활성만을 나타내어 유의적인 차이를 보였다. 그리고 AST 활성은 ALT 보다 전반적으로 높았고, 은연어가 가장 높아  $363 \pm 94$  U/ℓ 였으며, 그 다음은 넙치로  $112 \pm 91$  U/ℓ 이었고, 나머지는 20 U/ℓ 이하의 활성을 나타내었다.

이상의 결과를 종합하면, 어류 혈청중 단백질 성분인 TP 와 ALB 농도는 어종에 관계없이 비슷한 수준이었으며, 에너지원으로 많이 이용되는 지질 성분인 TRIG 와 CHOL 농도는 어종간에 유의적인 차이를 보였고, 어종별 분포도 서로 상반되는 분포를 나타내었다. 그리고 혈당 GLU 농도도 유의적인 차이를 보였으나 CHOL의 어종별 분포와 유사하여, 어종에 따라 에너지원으로 TRIG 나 GLU 를 이용하는 어종이 다르다는 것을 나타내었다. 어종별 LIPA 활성은 TRIG 농도와 반대의 경향을 보였고, 무기질 중에서 Na 과 Cl 은 어종간에 큰 차이가 없었으나, K 농도는 TRIG 농도와 유사한 경향을 보인 반면 P 농도는 정반대의 경향을 나타내었다. 본 결과는 수온이 비교적 낮은 시기의 혈청을 분석한 것이므로 이러한 경향이 계절적인 것인지를 살피기 위해서는 수온이 이보다 높은 시기에도 분석할 필요가 있을 것이다. 현재 이에 관해서는 연구중에 있다.



**Fig 2-1.** Concentrations of total protein (TP) and albumin (ALB) in fish serum.  
 (1: coho salmon *Oncorhynchus kisutch*; 2 : rock fish *Sebastes schlegeli*; 3 : bass *Lateolabrax japonicus*; 4 : flounder *Paralichthys olivaceus*; 5 : parrot fish *Oplegnathus fasciatus*).



**Fig. 2-2.** Concentrations of triglyceride (TRIG) and cholesterol (CHOL) in fish serum. (1 - 5 refer to Fig. 1).

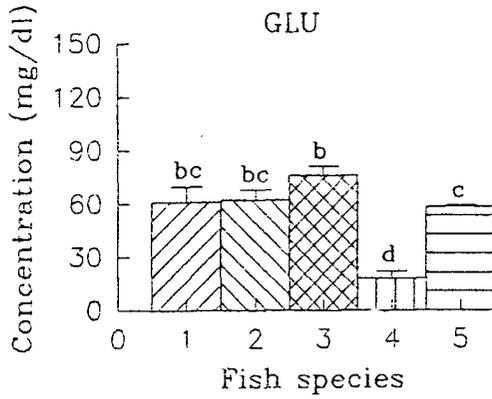


Fig. 2-3. Concentration of glucose (GLU) in fish serum. (1-5 refer to Fig. 1).

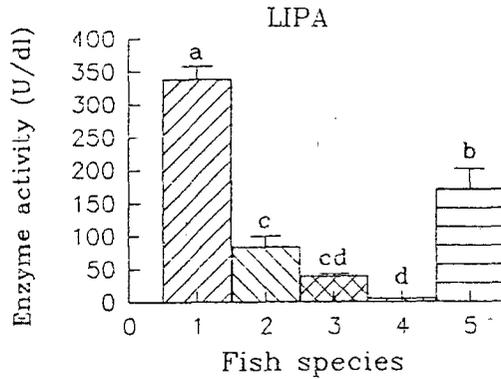


Fig. 2-4. Activity of lipase (LIPA) in fish serum. (1-5 refer to Fig. 1).

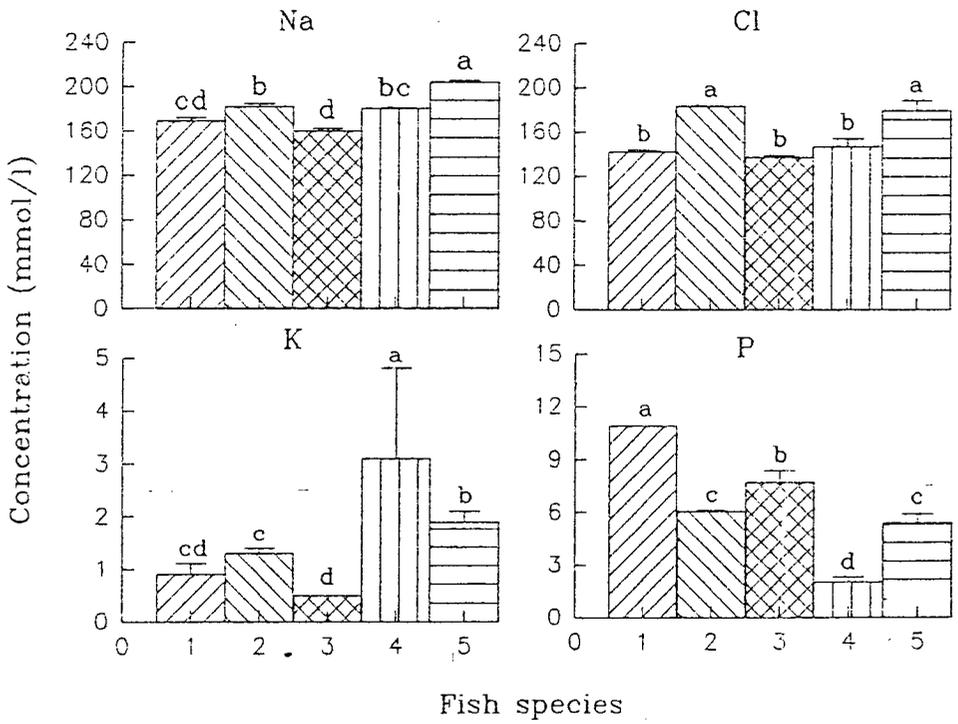


Fig. 2-5. Concentrations of sodium (Na), chloride (Cl), potassium (K) and phosphorus (P) in fish serum. (1-5 refer to Fig. 1).

## 참 고 문 헌

- Barnhart, R.A. 1969. Effects of certain variables on hematological characteristics of rainbow trout. *Trans. Am. Fish. Soc.* 3, 411~418.
- Bentinck S.J., M.H. Bealeau, P. Waterstrat, C.S. Tucker, Stiles, F., P.R. Bowser and L.A. Brown. 1987. Biochemical reference ranges for commercially reared channel catfish. *Prog. Fish Cult.* 49, 108-114.
- Bustamante Javier and Alejandro Travaini. 1994. Effect of keeping plasma frozen - 20°C on the concentration of blood metabolites. *Comp. Biochem. Physiol.* 107A, 661~664.
- Byrne, P., D. Speare and H. W. Ferguson. 1989. Effects of a cationic detergent on the gills and blood chemistry of rainbow trout *Salmo gairdneri*. *Dis. Aquat. Org.* 6, 185-196.
- Castillo, M., C. Burgos, C., V. Rodriguez Vico, F.; M. F. Zafra, E. G. Peregrin and E. Garcia Peregrin. 1991. Acyl-CoA:cholesterol acyltransferase in eel (*Anguilla anguilla*) liver: Effect of lipid content of diet. *Comp. Biochem. Physiol.* B. 98B, 143-146.
- Fazaic, K. and J. Palackova. 1990. Total protein and serum fraction values in two-year carp (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Biol. Jugosl. E. Ichthyol.* 22, 23-30.
- 福田博業. 1958. 淡水魚類の血糖値について; 日水誌 23, 782~784.
- Garcia, G.L., C.R. Munoz and A.V. de Andres. 1990. Serum cholesterol and triglycerides levels in *Scyliorhinus canicula* (L.) during sexual maturation. *J. Fish Biol.*, 36, 499-509.
- Harbell, S.C. 1979. Studies on the pathogenesis of vibriosis in coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum). *J. Fish Dis.*, 2, 391-404.
- Henry, R.J., D.C. Cannon and J.W. Winkelman. 1974. *Clinical Chemistry Principles and Technics*, 2nd ed. pp. 1629, Harper & Row, Hagerstown Maryland, U.S.A.

Ikeda, Y. and T. Minami. 1982. Hematological and hemochemical assessment on streptococcal infection in cultured yellowtail. *Nissuishi*, 48, 1383-1388.

전중균·김병기·허형택. 1994. 어류 혈액 성분의 저장 안정성. 한수지, (투고중).

Lal, B. and T.P. Singh. 1987. Changes in tissue lipid levels in the freshwater catfish *Clarias batrachus* associated with the reproductive cycle. *Fish Physiol. Biochem.*, 3, 191-201.

Lie, Oe., R. Waagboe and K. Sandnes. 1988. Growth and chemical composition of adult Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed dry and silage-based diets. *Aquaculture*, 69, 343-353.

李貴寧·金辰圭. 1988. 臨床化學, pp.812, 의학문화사, 서울.

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.

Nakagawa, H., M. Kayama and K. Ikuta. 1977. Electrophoretic evidence of seasonal variation of carp plasma albumin. *J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ.*, 16, 99-106.

萩野珍吉·竹内レビエン·武田 博·渡邊 武. 1979. 日水誌, 45, 1527~1532.

尾崎久雄. 1978. 魚類生理學講座, 第1卷/血液・循環. pp.326, 綠書房, 東京.

Pichford, G.E and A.M. Slicher. 1965. Plasma specific gravity and serum osmotic pressure in freshwater and saltwater adapted killifish, *Fundulus heteroclitus*. *Anat. Rec.* 151, 471.

Plantikow, H. 1991. Characterization of the intestinal stimulation type of pancreatic enzyme secretion in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Fischerei Forschung*. 29, 34-35.

Quentel, C. and J. Aldrin. 1986. Blood changes in catheterized rainbow

trout (*Salmo gairdneri*) intraperitoneally inoculated with *Yersinia ruckeri*. AQUACULTURE, 1986, 53, 169-185.

Raizada, M.N., K. K. Jain and S. Raizada, S. 1984. A study of the biochemical constituents of blood of a freshwater teleost, *Cirrhinus mrigala* (Ham.). Comp. Physiol. Ecol. 9, 146-148

坂口守彦. 1991. 魚介類のエキス成分とその代謝. pp. 80~101. 水産生物化学, 山口勝己 編. 東京大学出版会. 東京. 日本

Shikata, T., D. Kheyali and S. Shimeno. 1993. Effect of feeding rates on hepatopancreatic enzymes and body composition in common carp. Nissushi, 59, 835-839.

示野貞夫. 1991. 魚介類の糖質とその代謝. pp. 56~71. 水産生物化学, 山口勝己 編. 東京大学出版会. 東京. 日本

Siddiqui, N. 1977. Seasonal, size and comparative study of plasma proteins of four airbreathing freshwater fishes. Proc. Indian Acad. Sci. Sect. B., 85, 384-390.

Turner, A.H. 1937. Serum protein measurements in the lower vertebrates. II. In marine teleosts and elasmobranchs. Biol Bull, 73, 511~526.

Waagboe, R., T. Thorsen and K. Sandnes. 1989. Role of dietary ascorbic acid in vitellogenesis in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture. 80, 301-314.

Warner, M.C., A.M. Tomb and S.A. Diehl. 1979. Variability and stability of selected components in rainbow trout *Salmo gairdneri* serum and the precision of automated analysis in measuring these components. J. Fish Biol. 15, 141~151.

Warner, M.C., S.A. Diehl and A.M. Tomb. 1978. Effects of dilution and temperature of analysis on blood serum values in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. J. Fish Biol. 13, 315~319.

Weber, L. J. 1979. The effect of carbon tetrachloride on the total plasma protein concentration of rainbow trout, *Salmo gairdneri*.

Comp. Biochem. Physiol., 1979 64C, 37-42.

- Wedemeyer, G. and K. Chatterton. 1970. Some blood chemistry values for the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish Res. Bd. Can. 27, 1162~1164.
- Wedemeyer, G. and K. Chatterton. 1971. Some blood chemistry values for the juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). J. Fish Res. Bd. Can. 28, 606~608.
- Wedemeyer, G. and N.C. Nelson. 1975. Statistical methods for estimating normal blood chemistry ranges and variance in rainbow trout (*Salmo gairdneri*), Shasta strain. J. Fish Res. Bd. Can. 32, 551~554.
- Woo, N.Y.S., A.S.B. Chung and T. B. Ng. 1991. Influence of oral administration of 3,5,3'-triiodo-L-thyronine on growth, digestion, food conversion and metabolism in the underyearling red sea bream, *Chrysophrys major* (Temminck & Schlegel). J. Fish Biol. 39, 459-468.
- Woo, N.Y.S., A.S.B. Chung and T.B. Ng. 1993. Influence of oral administration of estradiol 17 beta and testosterone on growth, digestion, food conversion and metabolism in the underyearling red sea bream, *Chrysophrys major*. Fish Physiol. Biochem. 10, 377-387.
- Xu, P. and C. Cao. 1989. On hematology of the blood of fishes cultured in the lake pen. J. Fish. China Shuichan Xuebao. 13, 346-352.
- Yamawaki, K., W. Hashimoto, K. Fujii, J. Koyama, Y. Ikeda and H. Ozaki. 1986. Hemochemical changes in carp exposed to low cadmium concentrations. Nissuishi. 1986. 52, 459-466.
- Yanagisawa, T. and K. Hashimoto. 1984. Plasma albumins in elasmobranchs. Nissuishi. 1984. 50, 1083.