

BSPE 00147-264-3

틸라피아의 海水 養殖技術 開發에 關한 研究

Study on the Development of Culture
Technics for Tilapia in the Sea Water

1990. 2.

韓國科學技術研究院
海 洋 研 究 所

제 출 문

해양연구소장 귀하

본 보고서를 "틸라피아의 해수 양식기술 개발에 관한 연구" 사업의
최종보고서로 제출합니다.

1990. 2. .

공동연구책임자 :	허	형	택	(생물응용 연구실)
	김	중	만	(")
	이	순	길	(")
	박	철	원	(")
	손	진	기	(")
	전	중	관	(")
	명	정	구	(")
연구조원 :	노	봉	호	(")

요 약 문

I. 제목: 틸라피아의 해수 양식기술에 관한 연구

II. 연구 개발의 목적 및 중요성

최근 우리나라에서 연간 생산되는 수산물 생산량은 300여만톤이며, 2000년대에는 수산물 생산량이 420여만톤에 이를 것으로 추정되나 수요량은 500여만톤으로 큰 차이를 보이고 있다. 또한 소득의 증가로 고급수산물에 대한 수요는 급증하나, 임해 공단과 도시개발 시설 확충으로 인한 오염과 생태계 파괴로 인하여 연안 어장의 생산력은 점차 감소되어 가고 있으며 따라서 별도의 획기적인 자원 관리가 이루어 지지 못할 경우 멀지 않아 그 자원이 고갈 될 것으로 생각 된다. 더욱더, 원양어업도 200해리 경제수역 선포로 위축되어 2000년대 수산물 수요량 확보는 더욱 어려운 실정 이다. 따라서 적극적인 생산방법 즉 지금까지의 "잡는어업"에서 "기르는 어업"으로의 전환이 시급한 문제로 대두되고 있다. 이러한 이유 때문에 최근 어류양식 특히, 급격히 수요가 증가하고 있는 고급어종의 양식 기술 개발이 중요한 과제로 대두 되고 있으며, 새로운 양식 대상종 선정이 더욱 더 절실한 시점 이다. 틸라피아는 온수성 담수산어종으로 환경수질 변화에 잘 견디고 특히 염분변화 에도 잘 적응하는 어종으로 적절한 양식 기술이 개발 될 경우 남해안의 여름철 고수온기에 해수에서의 가두리 사육과 연안의 미이용 간척지나 폐 염전지역 및 발전소에서 대량으로 배출되는 온배수를 이용하여 양식이 가능하리라 판단된다. 본 연구의 목적은 틸라피아의 해수 사육에 앞서 선결 되어야할 해수순치 기술 과 생리학적 적응력을 파악 하여, 본 종을 새로운 해수 양식 대상종으로 개발 하는데 기초자료를 제공 하는데 있다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구에 사용된 틸라피아는 Oreochromis niloticus 로 독일에서 도입된 치어로 부터 부화된 제 1 세대 개체들 이었다.

본 연구의 주요 내용은 해수 사육의 가능성을 검토하기 위한, 해수순치 과정에서 염분도에 대한 내성을 평가, 성장단계에 따른 해수순치 및 사육 그리고 식품학적 연구, 해수순치에 따른 혈청학적 연구등 이며, 최적 염분도 및 최적순치 크기를 구하는데 주안점을 두었다. 대상어의 크기는 부화 된 치어로부터 25cm까지의 1 - 2 세어로 국한 하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 해수순치실험

틸라피아의 해수(염분도)에 대한 내성은 일반적으로 매우 높은 것으로 알려져 있다. 체장 1.4cm의 초기단계의 내성(48hr-LC50)은 17%로 비교적 낮은 편이었으나 체장 4cm 이상에서는 22 - 23%의 농도로 안정된 plateau level(평형 상태)에 도달 하였으며, 95%신뢰 범위는 21.7-23.5%이었다.

한편 해수 순치과정중 해수농도별 그리고 성장 단계별 순치시에 나타나는 사망율을 조사한 결과 치어 (부화후 30일)는 10%에서 100%의 생존율을 나타내었으나 20%과 30% 실험구에서는 각각 91%, 81%의 생존율을 나타내었다. 그리고, 성장단계에 따른 개체군에 대한 해수 순치과정에서 염분도를 2%/day로 증가시킨 결과 전 실험 구에서 100%의 생존율을 나타내었다. 그리고, 해수에서 순치된 틸라피아에서는 아가미조직에서 다량의 염세포(chloride cell)의 출현을 확인할 수 있었다.

2. 해수사육실험

염분 농도별 그리고 성장 단계별 해수에서 사육을 실시하였다. 1g미만의 치어를 해수순치후 150 일간 사육한 결과 10% 에서도 담수와 같은 좋은 성장 결과를 나타내었다. 한편, 20%과 30% 해수에서 사육한 개체들은 다소 높은 사망율(20-40%)을 보였으나, 먹이도 잘먹고 꾸준한 성장을 지속하였다.

또한, 성장단계에 따른 해수사육에서는 최초 체중 2.0g에서 순치시킨 것이 초기 체중 7g 이상 성장한 개체군보다 좋은 성장율과 높은 사료 효율(75.3-95.4%) 및 사료 계수(1.32-1.41)를 나타내었다. 따라서 성장 초기에 순치시켜 안정적인 성장조건을 유지할 경우 틸라피아의 해수 사육이 가능할 것으로 생각된다.

3. 식품학적연구

해수에서 6개월간 사육한 틸라피아와 담수에서 키운 것의 근육중 수분 함량과 조지방 함량을 분석한 결과 거의 차이가 없었으며, 구성아미노산의 함량과 캄슘, 인, 철 등의 무기질의 함량도 역시 큰차이가 없었다.

그러므로 보다 정확한 근육 성분간의 차이를 알기 위해서는 각종의 성분, 즉 유리 아미노산, 핵산 관련물질, 4급아민과 같은 합질소화합물, 등의 함량을 조사하고, 아울러 조직감의 객관적인 평가를 위하여 texturemeter 를 사용하는 것이 바람직 하다.

4. 혈청학적연구

본 실험에서는 해수 순치과정에 나타나는 적응 현상중에 하나인 혈청중의 Na농도의 변화를 검토해 본 결과 담수에서 해수로 회유하는 어종들에서 나타나는 순치 직후의 혈청중 Na농도의 급격한 증가현상과 시간이 지남에 따라 정상상태로

회복되는 결과와 잘 일치되는 것을 확인할 수 있었다. 더욱 세포에서 물질 이동 특히 Na, K 의 이동은 $\text{Na}^+/\text{K}^+\text{ATPase}$ 의 역할로 밀접한 관계를 갖고 있어 혈청중 K농도 변화도 동시에 검토해 본 결과 전 실험구 동일하게 순치 5일째 K농도의 급격한 상승을 나타내었다. 이와같은 결과로 미루어 앞으로 어류에서의 해수순치 mechanism을 명확히 규명하기 위하여 면밀한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

한편 hematocrit value의 변화에서는 해수순치 과정에서 나타나는 의미를 볼 수 없었다.

이상의 연구 결과로 tilapia의 해수 순치 사육의 가능성은 실험실적 규모에서 타당한것으로 판단되므로 본 연구의 결과를 토대로 실제 사육시설, 특히 발전소 온배수를 이용한 사육 시설에서의 시범 사육을 실시하는 것이 바람직하며, 나아가 본 연구에서 문제점으로 제시된 식품학적 분석 및 해수 순치 과정에서 나타나는 생리적 변화에 대한 분야의 지속적인 연구를 통하여 해수 순치 과정 에서 나타나는 틸라피아 의 해수 적응 mechanism을 소상히 밝혀야 될 것으로 판단된다.

SUMMARY

1. Title

Study on the Development of Culture Technics for Tilapia in Seawater

2. Objectives and Significance

The fisheries production in Korea has been stagnant in recent years owing to overfishing and destruction of coastal habitats by pollutant input. In addition, the loss of oversea fishing grounds due to widespread of EEZ by coastal nations also took a part. Contrastively, the demand of fisheries protein has been ever increased and about sixty percent of the total protein has derived from fisheries in recent years.

With the rapid increasing of national income, on the other hand, the demand of high valued fish is also increasing and expected to exceed the supply soon.

As a solution to these problems, fish farming has been recommended and studies are being conducted for the development of fish farming technics. Likewise, the emphasis should be paid to find new target organisms for fish farming.

Tilapia, a warm freshwater fish, has been introduced in Korea a decade ago and successfully domesticated in many freshwater fish farms. It is known to tolerate wide range of water quality as well as salinity. Thus, there is a possibility that the fish can be cultured in seawater when

the proper technics are developed.

The objectives of the present study, therefore, are to investigate the physiological and ecological characteristics of tilapia, and to provide a basic information for the culture of tilapia in seawater.

3. Scope of the Study

The first generation of tilapia, Oreochromis niloticus, imported in November 1988 from Germany, was used in this study. The fish sized from 1.5cm to 25cm were used in the study.

Since this study was at its initial phase and no study on the seawater culture of tilapia has been conducted, efforts were concentrated to understand the physiological characteristics of the fish during the sea water acclimation. In addition to this, the ability of growth in different salinities, nutritional values of the fish and serological responses were investigated.

4. Results and Suggestions

1) Sea water acclimation

The tolerance of tilapia against the abrupt changes of salinity varied depend on the size of the fish. The early stage of the fish sized 1.4cm showed a 48hr-LC50 of 17%. When tilapia grew up to 4cm in body length, the 48hr-LC50 entered into a plateau level of 22-23%. The 95% confidence interval was 21.7-23.5%. The 30-day old tilapia successfully survived at

10%, but their survival rate were 90 and 80% survival rates at 20 and 30%, respectively.

When the salinity was increased at a rate of 2%/day, no mortality was observed at all experimental groups. It was noticeable that the number of salt cells in the gill filament of the sea water acclimated tilapia increased greatly.

2) Sea water culture

During the 150 days of experiment, tilapias acclimated at younger stage recorded a higher growth rate at 10%. The growth rate of tilapia of lg was faster than that of freshwater cultured fish. Even there were some mortalities of the fish, they were able to grow steadily at 20 and 30%. Therefore acclimation to seawater should be done as soon as possible after hatching in order to obtain a better result in terms of growth rate, food conversion efficiency and index.

3) Nutritive value of tilapia

There were no marked differences in the concentration of minerals, water content and crude lipid in fish muscle were observed between tilapias cultured in sea and freshwaters. Yet it is recommended that more detailed comparison in term of nutritive value as well as concentrations of free amino acid, nucleous acid and nitrogen compounds in the fish muscle should be determined. In addition, texture of the fish muscle should also be evaluated using a texturemeter.

4) Serological study.

The fluctuations of Na and K in blood during the acclimation showed same pattern to catadromous fishes. At the initial stage of acclimation, the concentrations of Na and K increased abruptly and gradually decreased thereafter with time to its normal concentrations.

5) Suggestions

1. This experimental study strongly suggests that tilapia can be cultured in seawater. Therefore more detailed study should be conducted to understand the acclimation mechanism of tilapia to seawater before the initiation of the commercial scale culture.

2. Since tilapia is a warm water species, it is necessary to develop the wintering techniques.

3. The feasibility of using the thermal effluent from electric power plant should be studied further for the culture and wintering of the tilapia.

4. For the stable supply of seeds of tilapia, the hatching techniques from the seawater cultured brood stock should be developed.

목 차

표 목 차	xiv
그림 목 차	xvii
제1장 서 론	1
제2장 재료 및 방법	5
제1절 해수 순치 실험	5
1. 염분 농도에 대한 내성 평가	5
2. 염분 농도에 따른 순치실험	6
3. 염세포의 분포	8
제2절 해수 사육 실험	8
1. 해수 순치 기간중의 성장 비교	8
2. 염분 농도별 사육 실험	9
3. 성장 단계별 해수 사육 실험	11
제3절 식품학적 연구	12
1. 시료	12
2. 일반성분, 염도 및 휘발성 염기질소	12
3. 구성아미노산 및 무기질 함량	13
4. 색조	13
5. 관능 검사	14
제4절 해수 순치에 따른 혈청학적 연구	14
1. 혈액중의 고형물질 함량	14
2. 혈청중의 Na, K 변화	15

제3장 결과 및 고찰 -----	17
제1절 해수 순치 실험 -----	17
1. 염분 농도에 대한 내성 평가 -----	17
2. 염분 농도에 따른 순치실험 -----	19
3. 염세포의 분포 -----	21
제2절 해수 사육 실험 -----	22
1. 해수 순치 기간중의 성장 비교 -----	22
2. 염분 농도별 사육 실험 -----	24
3. 성장 단계별 해수 사육 실험 -----	27
제3절 식품학적 연구 -----	32
1. 일반성분, 염도 및 휘발성 염기질소 -----	32
2. 구성아미노산 및 무기질 함량 -----	32
3. 색조 -----	33
4. 관능 검사 -----	34
제4절 해수 순치에 따른 혈청학적 연구 -----	36
1. 혈액중의 고형물질 함량 -----	36
2. 혈청중의 Na, K 변화 -----	36
참고문헌 -----	43
화 보 -----	47

CONTENTS

List of Tables -----	xiv
List of Figures -----	xvii
Chapter 1. Introduction -----	1
Chapter 2. Materials and Methods -----	5
Section 1. Seawater acclimatization -----	5
1. Toxicity of salinity -----	5
2. Examination of possible size for seawater -----	6
3. Distribution of Chloride cell -----	8
Section 2. Culture in seawater -----	8
1. Comparison of growth during seawater adaptation period -----	8
2. Comparison of growth depending on the concentration of saline water for culture -----	9
3. Comparison of growth depending on the size for culture in saline water -----	11
Section 3. Analysis of taste compounds -----	12
1. Samples -----	12
2. Proximate composition, salinity and volatil basic nitrogen -----	12
3. Amino acid -----	13
4. Minerals -----	13
5. Color values -----	14

6. Sensory attributes -----	14
Section 4. Serological study -----	14
1. Hematocrit value -----	14
2. Sodium and Potassium content in serum -----	15
Chapter 3. Results and Discussions -----	17
Section 1. Seawater acclimatization -----	17
1. Toxicity of salinity -----	17
2. Examination of possible size for seawater adaptation -----	19
3. Distribution of chloride cell -----	21
Section 2. Culture in seawater -----	22
1. Comparison of growth during seawater adaptation period -----	22
2. Comparison of growth depending on the concentration of saline water for culture -----	24
3. Comparison of growth depending on the size for culture in saline water -----	27
Section 3. Analysis of taste compounds -----	32
1. Proximate composition, salinity and volatil basic nitrogen -----	32
2. Amino acid -----	32
3. Minerals -----	32
4. Color values -----	33
5. Sensory attributes -----	34

Section 4. Serological study -----	36
1. Hematocrit value -----	36
2. Sodium and Potassium content in serum -----	36
References -----	43
Plate -----	47

표 목 차

표 1.	염분도 내성 실험에 사용된 틸라피아의 크기 및 실험농도 -----	6
표 2.	해수순치 실험에 사용된 틸라피아의 초기 체중 및 체장 -----	8
표 3.	사육실험에 사용된 배합사료의 일반성분 분석 -----	10
표 4.	성장단계에 따른 해수 및 담수 사육에 사용된 틸라피아의 체중 및 체장 -----	11
표 5.	식품학적 분석에 사용된 시료의 체중, 체장 및 사육기간 -----	12
표 6.	틸라피아의 염분 농도에 대한 급성 독성 -----	17
표 7.	염분도에 따른 순치 기간중의 성장 결과(15일간) -----	23
표 8.	성장단계에 따른 순치 기간중의 성장 결과(15일간) -----	24
표 9.	염분도별 해수순치 사육 실험 결과(150일간) -----	27
표 10.	성장단계별 해수순치 사육 실험 결과(전반 90일간) -----	29
표 11.	성장단계별 해수순치 사육 실험 결과(후반 90일간) -----	30
표 12.	틸라피아 성어의 해수 및 담수에서의 성장 비교 -----	31
표 13.	담수 및 해수에서 사육한 틸라피아 근육의 일반성분, 염도 및 휘발성 염기 질소 함량 -----	32
표 14.	담수 및 해수에서 사육한 틸라피아 근육의 구성 아미노산 성분 -----	33
표 15.	담수 및 해수에서 사육한 틸라피아 근육의 무기질 함량 -----	34
표 16.	담수 및 해수에서 사육한 틸라피아 근육의 색상 비교 -----	34
표 17.	담수 및 해수에서 사육한 틸라피아 근육의 관능검사 -----	35

LIST OF TABLES

Table 1. Size of fish and concentration of saline water in acute toxicity test (48hr-LC50 test) -----	6
Table 2. Initial body size of tilapia at saline water adaptation experiment -----	8
Table 3. The proximate composition of formulated diet used for culture experiments -----	10
Table 4. Body weight, body length of tilapia depending on the growth stage for fresh and saline water culture experiment -----	11
Table 5. Body length, body weight and culture period of tilapia used for taste compound analysis -----	12
Table 6. Acute toxicity of saline water tested to tilapia -----	17
Table 7. The results of growth comparison experiment of the various salinity concentration during adaptation period(15 days) ---	23
Table 8. The results of growth comparison experiment depending on the growth stage during saline water adaptation(15 days)----	24
Table 9. The results of rearing experiment of tilapia at different salinity concentration(150 days) -----	27
Table 10. The results of growth depending on the growth stage in fresh and seawater during the 1st. half experiment(90 days) -----	29
Table 11. The results of growth depending on the growth stage in fresh and seawater during the 2nd. half experiment(90 days) -----	30

Table 12. The results of adults stage growth experiment between fresh
and seawater ----- 31

Table 13. Proximate composition, salinity and volatile basic nitrogen
(VAN) of cultured tilapia from fresh and seawater ----- 32

Table 14. Contents of amino acid in cultured tilapia from fresh and
seawater ----- 33

Table 15. Contents of Fe, Ca, and P in cultured tilapia from fresh
and seawater ----- 34

Table 16. Color values in cultured tilapia from fresh and seawater --- 34

Table 17. Results of sensory evaluation in cultured tilapia from fresh
and seawater ----- 35

그림 목차

그림 1.	성장단계의 따른 염분도의 급성독성 -----	18
그림 2.	출하시기 해수순치 농도에 따른 생존율 -----	20
그림 3.	염분 농도에 따른 틸라피아의 사육실험 결과(150 일간) -----	26
그림 4.	염분 농도별 해수 순치 과정중의 HEMATOCRIT VALUE 값의 변화-	37
그림 5.	염분 농도별 해수 순치 과정중의 혈청 Na 농도의 변화 -----	38
그림 6.	염분 농도별 해수 순치 과정중의 혈청 K 농도의 변화 -----	40

LIST OF FIGURES

Fig. 1. Variation of salinity acute toxicity value(48hr-LC50) depending on growth stage in tilapia -----	18
Fig. 2. Survival rate of tilapia depending on acclimating concentration of salinity -----	20
Fig. 3. Growth of tilapia to different levels of saline water (150 days) -----	26
Fig. 4. Changes in hematocrit values of tilapia from freshwater to seawater -----	37
Fig. 5. Changes in sodium content in serum of tilapia from fresh water to seawater -----	38
Fig. 6. Changes in potassium content in serum of tilapia from freshwater to seawater -----	40

제1장 서론

틸라피아(태래어)는 모양이 바다의 도미류와 닮아 일반적으로 역돔, 흑돔, 또는 남국돔 등으로 불리어 지고 있으며, 자리돔아목 (Pomacentrina), 키크리과 (Cichlidae)에 속한다. 종류에는 Tilapia속에 3종, Sarotherodon속에 1종, Oreochromis속에 5종으로 알려져 있지만 상호 교잡이 용이하고, 지역적인 변화가 심하기 때문에 중간종 또는 유사종이 많이 발견되고 있다.

본 종은 열대성 담수어류로 동부 및 남부 아프리카가 원산지이며, 아프리카 전역, 인도네시아, 태국, 버마, 서인도제도, 타이완 등지에 분포하다. 식성은 Tilapia속이 대형 수초를 먹고사는 초식성이며, Sarotherodon속은 일반적으로 플랑크톤을 먹고 살며 Oreochromis속은 플랑크톤과 수초를 다같이 잘 먹는다. 이 종류들은 수질 환경의 변화에 잘 견디며, 특히 산소가 부족하거나 오염된 물에서도 다른 어종에 비하여 저항성이 월등이 강하므로 높은 밀도로 수용하여 사육할 수 있다. 또 육질의 맛이 좋고, 외형도 도미류와 비슷하여 여러나라에서 양식 대상으로 등장하고 있다. 다만, 한가지 문제점은 연중 높은 수온을 유지해 주어야 한다.

틸라피아의 사육은 기원전 약 4,000이라고 알려져 있으나 과학적인 방법을 이용하여 사육한 것은 Tilapia nigra를 대상으로 1924년 케냐에서 최초로 시작하였다. 그후 틸라피아의 사육은 아프리카 전역으로 퍼져 나갔으며, 1940년대에는 극동아세아에 도입되고, 1950년대에는 북아메리카로 이식되어졌다. 이식된 이 종은 극동아세아와 아프리카에서는 동물성단백질을 생산하는 가장 중요한 종으로 라틴아메리카에서는 식량자원을 해결해 주는 산업종으로 취급되어지고 있다. 또, 수초나 모기애벌레 구제용, 낚시의 미끼로 널리 이용되고 있는 실정이다. 현재 100여개국에서 조방적, 집약적 양식이 이루어지고 있고 수조나 가두리를 이용한 초고밀도 사육연구가 수행되어 산업화

단계에 이르게 되었다.

우리나라는 1955년 5월 태국으로부터 이식하여 사육을 시작하였으나 겨울철의 낮은 수온 때문에 전부 폐사하였고, 그로부터 25년이 지난 1980년에 일본으로부터 재도입하여 비닐하우스를 이용한 사육을 실시하고 있으며, 현재까지 연간 생산량이 500톤에 육박하고 있다.

이상과 같이 틸라피아의 사육은 세계각국 공통으로 담수에서만 이루어지고 있는데 우리나라를 제외한 세계각국은 아열대 및 열대지방이라 사육에 필요한 자연적 조건을 완벽하게 갖추고 있는 실정이지만, 우리나라는 양식이 기후가 부적합한 관계로 낙후된 실정이며, 특히, 겨울철의 수온은 양식을 하기엔 너무 낮다.

틸라피아의 경우 열대성 어류로서, 최적수온이 22 - 28℃이고, 15℃이하로 내려가면 먹이섭취를 중단하고 대량 폐사를 일으키므로 우리나라의 경우에는 비닐하우스 및 보일러 등의 시설을 갖추는데 많은 자본이 요구되는 실정이다. 현재까지 어가가 높은 이유로 많이 사육되고는 있지만, 어가가 낮아지면 기존의 양식업자들은 도산의 위기에 처하게되므로 저렴한 원가로 수원을 확보하는 일이 시급하다.

저렴한 원가로 틸라피아를 사육하기 위해서는 종에 따라서 다소의 차이는 있으나 염분도 0 - 45‰, 수온 15 - 42℃ 및 탁도 0 - 13,000mg/ℓ까지 성장 및 생식이 가능하므로 우리나라와 같이 실제 양식 가능 면적이 적은 상황에서는 남해안의 여름철 고수온기에 해수에서의 가두리 사육과 연안의 미 이용간척지나 폐염전 지역 및 기수 지역에서의 야외 노지 양식이 가능하리라 보며, 발전소 온배수를 이용하면 년중 내내 양식이 가능할 것으로 생각된다.

우리나라는 1970년대부터 전원 발전계획에 따라서 1회 냉각 방식을 채택한 대단위 발전소가 건설 가동중에 있으며, 7℃정도로 높아진 냉각수가 1991년에는 초당 880톤, 2001년에는 초당 1,850톤이 방출되어 우리나라의 연간 평균 강우량의 45%에 달하는 수량을 제공하게 되며, 이러한 추세라면 2010년에는

우리나라의 연평균 강우량과 맞먹는 막대한 양의 온배수가 배출될 것이다.

이러한 온배수를 어류의 양식에 이용할 수 있다면 어민의 소득증대는 물론, 에너지자원의 이용에도 크게 기여하게 되므로 반드시 이를 이용한 양어기술의 개발이 이루어져야 하겠다.

그러나 발전소의 온배수는 해수이므로 해산어류를 양식하면 적당하겠으나, 우리나라의 서해안에 위치한 각 발전소(원자력 2호기, 화력 5호기)는 저염도, 고탁도 등으로 인하여 해산어류를 사육하기에는 여과등에 시설비가 너무 많이 요구되어 일반인이 이용하기가 불가능한 상태이다. 따라서 이러한 열악한 환경에서도 잘 견디어내는 틸라피아의 해수 양식 기술 개발이 이루어져야 하겠다.

본 연구는 1988년 11월 독일부터 Oreochromis niloticus를 수입하여 산란시킨 치어를 대상으로 염분도 및 성장 단계에 따른 해수순치, 사육 그리고 식품학적 연구 및 해수순치에 따른 혈청학적인 연구를 통하여 최적 염분도 및 최적 순치크기를 구하며, 해수를 이용한 틸라피아의 양식 가능성을 파악하는데 그 목적이 있다.

제 2 장 재료 및 방법

제 1 절 해수순치 실험

1. 염분도에 대한 급성독성

가. 처리농도

성장 단계별 염분도에 대한 내성을 평가하기 위하여 예비 range test를 실시한 후에 처리농도를 등간격으로 분포하도록 하였다. 최적농도는 전공시어가 실험기간 동안 생존할 수 있을 정도의 수준이 되도록 하였고, 최고농도는 전공시어가 48시간 이내 전부 사망할 수 있는 농도를 감안하여 설정하였다. 그리고 대조구에서는 회석수만을 이용하여 기타 실험조건이 동일하게 설정하였다.

나. 공시어

부화후 2주일이 경과한 치어로부터 성장 단계별로 무작위로 추출하여 공시어로 사용하였고, 각 단계별 공시어의 크기 및 해수 농도는 Table 1과 같다.

다. 실험방법

실험용 수조 크기는 지름 30cm, 높이 20cm의 원형 유리 수조 (10ℓ)이며 실험시작 24시간전에 순치수조에서 생육조건이 균일한 공시어를 2배수 정도 선별하여 이 중에서 무작위로 20마리씩 이용하여 해당농도의 실험구에서 static

state 조건으로 실시하였다. 먹이는 순치 시작부터 공급하지 않았고, 수온은 $22.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$, pH는 7.2 ± 0.3 이었다. 해수는 실험 시작 시 Table 1 과 같은 농도로 조절 하였으며 실험중 48시간 동안 재 처리하지 않았다. 용존산소는 air stone으로 공기를 투입하여 $6.0\text{mg}/\ell$ 이상을 유지시켰다. 사망여부는 12시간 간격으로 기록하였으며, 자극을 주어도 반응이 없고 호흡을 행하지 않는 상태로 판정하였다.

Table 1. Size of fish and concentration of saline water in acute toxicity test (48hr - LC50 test)

Sample	Size of fish		Concentration of saline (%)
	Weight(g)	Length(cm)	
1st.	0.06 ± 0.01	1.37 ± 0.23	0, 16, 18, 20, 22
2nd.	0.47 ± 0.16	2.95 ± 0.39	0, 16, 18, 20, 22
3rd.	1.43 ± 0.32	4.16 ± 0.42	0, 18, 20, 22, 25, 27
4th	5.28 ± 1.08	6.49 ± 0.60	0, 20, 22, 24, 26

라. 실험결과와 분석

급성 독성 평가는 48시간 후의 치사율에 따라 Litchfield and Wilcoxon 방법을 이용한 U.S. EPA(1978)기준에 따라 LC50값 및 95% 신뢰한계 범위를 구하였다.

2. 해수순치 실험

가. 염분도별 순치실험

틸라피아의 해수순치 사육이 가능한 농도를 확인하기 위하여 본 연구소에서

산란, 부화되어 성장한 치어(체중: $0.06 \pm 0.01g$, 체장: $1.37 \pm 0.23cm$)를 대상으로 해수순치 실험을 실시하였다. 실험에 사용된 수조는 모래여과 방식으로 염분도는 2%/day의 농도로 서서히 증가 시켰으며 각 실험구를 0, 10, 20 및 30%의 농도를 설정하여 15일 간 순치후 사육실험을 실시 하였다. 실험 기간중 용존산소의 부족을 방지하기 위하여 air pump를 사용하고, 매일 오전, 오후 2회에 걸쳐 동일량의 사료를 투여하였고, 사육기간중 사망 유무, 및 먹이 섭취상태를 관찰하였으며, 실험이 끝난후 체중과 체장을 계측하여 성장상태를 조사하였다. 실험기간중 수온은 $24.5 \pm 1.0^{\circ}C$ 이고, 용존산소는 $6.5 \pm 0.8ppm$, pH는 6.8 ± 0.4 이었다. 사육실험 기간중의 온도조절은 heater와 thermostat/sensor가 연결 된 가열기를 사용하였다.

나. 성장단계별 순치실험

한편 성장단계에 따른 해수순치는 3개의 실험구로 나누어 해수(30%)에서 실시하였다(Table 2).

각 실험구는 성장 단계별로 크기가 다른 건강한 개체를 무작위로 40마리씩 선별한다음 250 l 사각유리수조에서 15일간 순치 실험을 실시하였다. 기타 실험조건은 전항과 동일하다.

다. 출하기 성어에 대한 해수순치 실험

한편 일반 담수 양어장에서 사육하여 출하직전에 해수 순치후 일반해산 활어으로써 판매하기 위한 순치방법의 평가는 2년생을 담수에서 사육된 공시어(체중: $577.5 \pm 71.7g$, 체장: $29.6 \pm 1.5cm$)로 사용하고 10마리씩 3개의 순치구로 나누었다. 각 사육수의 염분도는 자연해수를 이용하여 10%/day, 5%/day, 2%/day 농도로 증가시키면서 순치과정에서 나타나는 사망을 확인하였다. 일반적으로 출하직전에는 먹이를 투여하지 않으므로 섭이상태는 무시 하였다.

Table 2. Initial body size of tilapia at saline water adaption experiment

Group		Body weight (g)	Body length (cm)
Fresh water	E	1.2 ±0.5	4.5 ±0.6
	F	7.9 ±1.2	7.4 ±0.4
	G	17.5 ±4.3	9.5 ±0.8
Sea water (30%)	H	1.2 ±0.5	4.0 ±0.6
	I	7.9 ±1.8	7.4 ±0.5
	J	17.0 ±0.4	9.4 ±0.8

3. 염세포(chloride cell)

본 관찰에 사용된 공시어는 약 15일간 해수순치를 시킨후 30% 해수에서 3개월간 사육된(체중 240 - 260g, 체장 24 - 26cm) 개체이며, 이들의 아가미 조직을 취하여 Bouin's 액에 고정후 paraffin 절편을 만들어 hematoxylin-eosin 용액으로 염색, canadian balsam으로 mounting하여 250배의 광학 현미경으로 확인하였다.

제 2 절 해수 사육 실험

1. 해수순치 기간중의 성장 평가

틸라피아의 해수순치 기간중 성장에 미치는 영향을 평가하기 위하여 염분도별, 성장단계별 사육 실험을 실시하였다.

염분도별 사육실험에 사용한 공시어는 연구소에서 친어로부터 산란,

부화시킨 치어(부화후 30일)를 사용하였으며, 그 과정은 다음과 같다.

시험에 사용된 틸라피아는 50ℓ 유리 수조에 암컷 2마리와 수컷 1마리씩 single pairing 시키고, $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 수온에서 aeration으로 용존산소를 6.0mg/ℓ 이상 유지시키며 산란을 유도하였다.

입속에 포란한 암컷이 발견되는 즉시 암, 수를 조심스럽게 분리시킨 다음 부화를 유도하였다. 그리하여 약 일주일 내지 10일 후 부화된 자어를 확인하여 입밖으로 나오는 시기가 되면 어미로부터 자어를 분리하여 250ℓ 유리 수조에서 자어기 사육실험을 실시하였다. 자어기의 먹이로는 최초 artemia 유생과 자어기 초기배합사료를 이용하여 먹이 길들이기를 실시하였다. 사육 조건은 전항과 동일하였다.

2. 염분도에 따른 해수 순치사육

약 30일간 예비사육을 거친 건강한 개체를 선별하여 전항에서 언급한 방법에 따라 각각의 사육 염분도에서 약 15일간 해수 순치사육을 실시하였다. 그리고 순치가 완료된 건강한 개체를 무작위로 추출하여 각 수조에 30마리씩 수용한 다음, 150일간의 본 사육실험을 실시하였다.

사육실험에 사용한 개체는 체중 0.19 - 0.25g(평균 0.21g), 체장 1.1 - 1.6cm(평균 1.37cm)의 범위였다.

사육기간동안 사료는 시판 배합사료(Table 3)를 1일 2 - 3회로 나누어 정해진 탕을 투여하였으며, 사육 기간 중 사망 유무 및 섭이 상태를 관찰하여 사료량의 증가를 결정하였다. 한편 사육실험의 시작과 마지막날에 체중, 체장을 측정하였고, 매일 1회씩 체중을 측정하여 성장 상태를 비교검토하였다. 그리고 사육이 끝난 개체들의 비만도는 체중(g) $\times 100$ /체장(cm)³의 값으로 환산하여 평가하였다.

Table 3. The proximate composition of formulated diet used for culture experiments

Ingredients	Contents (%)
Crude protein	39.0 - 43.0
Crude lipid	3.0
Ash	15.0 - 16.0
Ca	1.3 - 1.6
P	1.3 - 1.6

사료의 무게는 모두 건중량으로 환산하여 계산하였고, 본실험에서 증중량(G), 일간성장율(R), 일간공급율(E), 사료계수 및 사료효율은 다음식에 의하여 구하였다.

$$\text{증중량}(G, g) = (W_2 + W_3) - W_1$$

$$\text{1일 성장율}(R, \%) = \left[10 \frac{\log \frac{W_2}{W_1}}{N} - 1 \right] \times 100$$

$$\text{1일 공급율}(E, \%) = R \times C$$

$$\text{사료계수}(C) = F/G$$

$$\text{사료효율}(\%) = (G/F) \times 100$$

W_1 : 실험시작시의 총중량(g)

W_2 : 실험종료시의 총중량(g)

W_3 : 실험중 폐사어의 총중량(g)

N : 사육일수(일)

F : 사료공급량(g)

실험기간중 수질은 용존산소가 5.2 - 6.5mg/ℓ의 농도를 유지하였고, pH는 5.5 - 6.7이었고, $\text{NH}_4 - \text{N}$ 는 5.61mg/ℓ, $\text{NO}_2 - \text{N}$ 는 0.36mg/ℓ, $\text{NO}_3 - \text{N}$ 는 1.26mg/ℓ, 그리고 $\text{PO}_4 - \text{P}$ 는 0.99mg/ℓ 이하의 농도를 유지하였다. 한편 각각의 실험구의 염분도는 각각 10%, 20%, 그리고 30%로 인공해수를 사용하여 유지시켰다.

3. 성장단계에 따른 해수순치사육

성장단계가 다른 개체군에 대한 담수와 해수에서의 성장결과를 비교하기 위하여 Table 4 와 같은 개체군을 선별하여 전반 90일 사육실험을 실시한후 다시한번 선별하여 후반 90일간의 사육실험을 실시하였다. 실험방법 사료 및 기타 사육조건은 전항과 동일하였다.

Table 4. Body weight, body length of tilapia depending on the growth stage for fresh and saline water culture experiment

Group		1st. half exp.		2nd. half exp.	
		mean body weight(g)	mean body length(cm)	mean body weight(g)	mean body length(cm)
Fresh water	E	2.0	4.5	20.5	10.0
	F	10.5	7.5	51.3	13.7
	G	22.5	9.5	101.8	17.2
Sea water	H	2.4	4.1	15.3	9.3
	I	9.3	7.4	45.3	13.7
	J	20.0	9.5	91.4	16.5

제 3 절 식품학적 연구

1. 시료

시료로는, 담수에서 6개월간 사육한 실험구(F)와 해수(30%)에서 6개월간 사육한 실험구(S)를 이용하였으며, 어체의 등쪽 근육부분을 채취하여 choper로 마쇄한 후, -30°C 동결고에 저장하여 두고 실험에 사용하였다. 각 시료의 체장, 체중 및 사육기간은 Table 5와 같다.

Table 5. Body length, body weight and culture period of tilapia used for taste compound analysis

Sample	Body length (cm)	Body weight (g)	Culture period(days)	
			Stage I	Stage II
			0 %	30 %*
F	21 - 25	215 - 240	180	-
B	20 - 23	210 - 230	30	180

* Salt concentration of culture seawater

2. 일반성분, 염도 및 휘발성염기질소의 측정

일반성분은 상법에 따라 수분을 상압가열건조법, 조단백질은 semi-micro kjeldahl법, 조지방은 soxhlet법, 회분은 건식회화법으로 측정하였고, 염도는 Mohr법 (日本藥學學會, 1980)으로 휘발성 염기질소 (Volatile basic nitrogen,

VBN)는 미량확산법(日本厚生省, 1960)으로 각각 측정하였다.

3. 구성아미노산 및 무기질(Ca, Fe, and P)의 정량

구성아미노산의 정량: 시료 약 50ml을 천칭하여 6N HCl 2ml를 가하여 봉입한 다음 110°C의 sand bath에서 24시간 가수분해하였다. 분해액을 감압 건조시킨 후 pH 2.20의 구연산 완충용액으로써 25ml로 하여 아미노산 자동분석기(LKB-4150 α)로 분석하였다.

무기질(칼슘, 철 및 인)의 정량: AOAC법(1985)에 따라 시료 10g에 진한질산 10ml를 가하여 분해한 후 다시 진한 질산 5ml를 가하여 분해하였다. 분해액이 황색으로 되었을때 60% 과염소산과 질산을 같은 비율로 혼합한 혼합용액을 10ml 가한후 계속 분해한 다음 증류수로 100ml를 채워서 칼슘, 철 및 인의 분석용 시료로 하였다. 칼슘과 철은 분석용 시료중 일정량을 취하여 원자흡광분석기(Varian AA-875)로 정량하였으며, 인은 molybden blue비색법(小原 등, 1982)에 의해 전처리용액 1ml에 몰리브덴산 암모늄용액 2ml, 황산나트륨 용액 4ml를 가하여 증류수로 25ml로한 다음 정확히 30분 후에 650mm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로써 검량선을 작성하여 정량하였다.

4. 색조의 측정

색차계(日本電色, ND-1001 DP)를 사용하여 시료의 등쪽육과 배쪽육의 색조에 대한 L값(명도), a값(적색도) 및 b값(황색도)를 측정하였다.

5. 관능검사

관능검사는 10인의 panel member를 구성하여 각 공시어의 등쪽육 및 배쪽육을 약 4mm두께로 절단하여 색조, 맛, 조직감 및 종합평가를 5단계 평점법으로 평가하였다.

제 4 절 해수순치에 따른 혈청학적 연구

1. Hematocrit value

Tilapia의 해수 순치시 나타나는 혈액에서의 해수적응 능력을 조사하기 위하여 공시어를 40마리씩(체중: $184.2 \pm 32.7g$, 체장: $21.4 \pm 1.9cm$) 선별하여 250ℓ 사각유리수조에 수용한 후, 사료를 투여하지 않는 상태에서 수온은 $25.0 \pm 1^\circ C$ 로 유지하였다.

실험구는 대조구(담수구)와 34%/day의 염분도구로 나눈후 34%/day의 염분도구는 증가하는 설정농도로 만들어 각 실험구에서 4, 8, 12, 24시간, 그리고 1일간격으로 매일 2마리씩 채집하여 hematocrit value(Ht값)을 측정하였다. Ht값은 공시어의 꼬리동맥으로부터 주사기로 채혈한 혈액을 heparinized-capillary tube(1.2 x 75mm)에 채워서 13,000 -15,000 rpm으로 5분간 원심분리(micro-hematocrit centrifuge, Hanil HA-200)시킨후 Ht값(%)을 측정하였다.

2. 혈청중의 Na, K 농도 분석

혈청중의 Na, K 농도를 측정하기 위하여 전항에서 채혈한 혈액을 2 - 3시간 방치하여 응고 시킨후, 3,000rpm으로 10분간 원심분리시켜 모아진 혈청을 재차 Eppendorf micro centrifuge tube(1.5ml)에 옮겨 high-speed micro centrifuge(IEC Centra-M)를 이용하여 13,300rpm으로 5분간 원심분리시킨후 -30°C에서 급속 냉동시켜 분석시까지 보관하였다.

Na, K 농도는 원자흡광분석법에 의하여 atomic absorption spectrophotometer (Instrumentation Laboratory Model - 251)의 air-acetylene burner를 이용하여 측정하였다.

제 3 장 결과 및 고찰

제 1 절 해수 순치 실험

1. 염분도에 대한 내성평가

틸라피아의 염분도에 대한 치어기 및 성장단계별 급성독성(48hr-LC50) 값과 95% 신뢰범위는 Table 6과 같다.

Table 6. Acute toxicity of saline water tested to tilapia

Size of fish (Mean)		48hr - LC 50 (%)	95% confidence interval (%)
Body length(cm)	Body weight (g)		
1.37	0.06	17.7	16.9 - 18.4
2.95	0.47	14.0	18.5 - 19.6
4.16	1.43	22.5	21.7 - 23.5
5.28	6.49	22.4	21.7 - 23.1

틸라피아에 대한 각 성장단계별 반수치사 염분은 다소 차이를 나타내었다. 즉 성장초기 단계에서는 48시간 LC50이 17.7% 정도였으나, 4cm 이상 성장 할 경우 22.5% 내외의 plateau stage에 도달하는 것으로 사료된다(Fig. 1). 일찌기 tilapia 는 해산어류로서 담수에 유입되어 적응되어온 (Steinitz,1954) 광염성 (euryhalinity)의 종으로 알려져 있다.

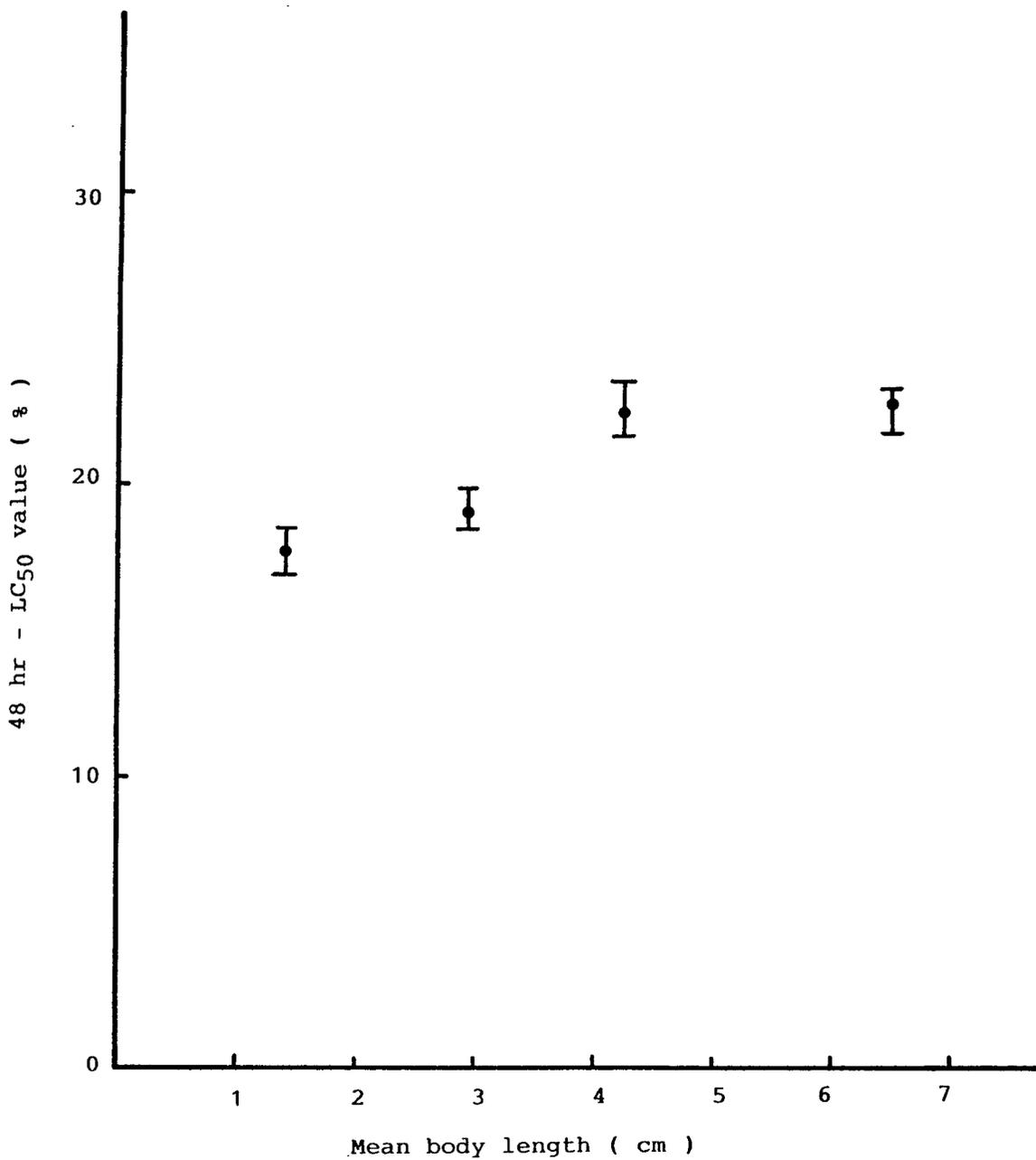


Fig. 1. Variation of salinity acute toxicity value(48hr-LC50) depending on growth stage in tilapia.

2. 염분도에 따른 순치실험

부화후 30일 예비 사육시킨 공시어에 대한 각 염분도별 순치실험 결과는 Table 7과 같다.

순치를 시작할때 A, B, C, D 실험구의 체장은 $1.37 \pm 0.23\text{cm}$ 이었고, 체중은 $0.06 \pm 0.01\text{g}$ 이었다. 해수순치 목표농도를 A,B,C,D, 각각 대조구(담수구) 10, 20, 30 %로 하고 염분도를 2%/day로 해당목표 설정농도까지 점차적으로 상승시킨 결과 A(담수) 및 B(10%) 실험구에서는 100%의 생존율을 보였으나 C(20%) 실험구에서 9%, 그리고 D(30%) 실험구에서 19%의 사망율을 나타내었다. Al-Amoudi(1987)의 결과에 의하면 Oreochromis속의 여러종들에 대한 평균체중 4 - 5g의 개체를 대상으로 해수순치 과정에서 나타나는 사망율을 검토한 결과 비교적 높은 광염성(euryhaline)을 갖는 종은 O. aureus, O. mossambicus, O. spilurus로 판단되며, 한편 염분도에 대하여 비교적 내성이 약한종은 O. niloticus 및 O. aureus 와 O. niloticus의 교잡 종으로 보고하였다. 한편 해수순치를 위하여 담수에서 직접 고농도의 해수(27 - 36 %)로 이동할 경우, 상기 언급한 종들이 100%의 사망율을 나타내는 것으로 보고하였다.

본실험에서 점차적인 농도상승에도 불구하고 C, D실험구에서의 다소의 사망율이 나타나는 것은 부화 30일정도의 자어기 상태에서 환경 변화에 따른 stress에 의한 사망으로 사료되며, 종간의 내성 차이는 삼투압조절 작용의 차이에서 오는 것으로 일반적으로 알려져 있다.

한편, 성장단계에 따른 해수순치 결과는 Table 8과 같다. 성장단계별 실험구로 나누어 해수순치 목표농도를 30%로 하여 점차적으로 2%/day 농도로 증가시킨 결과 전 실험구 모두 100%의 생존율을 나타내었다. 이와같은 결과는 앞에서 언급된 논문의 결과와도 잘 일치하는 내용이며, Oreochromis nilotica의 경우 점차적인 해수순치 과정을 진행할 경우 150% 해수에서도 순치가 가능한

것으로 보고하였다(Lotan, 1960). 한편, Kang(1986)에 의하면 *O. niloticus*를 50% 해수(염분도 17.6‰)에 직접 수용하였을때 순치에 전혀 문제가 없었으며, 이때 대상어의 체중 0.5g과 3.5g이었다. 그리고 체중 6.7g의 개체군에서는 26.3%에서도 담수에서 직접 해당농도의 해수로의 순치가 가능하였다. 더욱 점차적인 농도증가에 따른 해수순치의 경우 100%해수 (35.1%) 에까지 순치 가능하였고, 150%(52.7%) 해수에서 50%의 생존율을 나타내었다고 보고하였다. 또한, 담수에서 사육하여 출하직전에 해수 순치를 행할 경우, 일반 해산 활어와 동등하게 판매가 가능하여, 해산 어류와 맞먹는 가격이 형성되어 부가가치를 높일수 있는 가능성을 내포하므로 평균 체중 580g 정도의 성어에 대한 해수 순치 가능성을 사망율로 평가하여 보았다(Fig. 2). 실험결과, 담수에서 즉시 해수(34 ‰)로 옮긴 실험구와 10%/day 농도로 3일간 순치시킨 실험구에서는 결국 70% 이상의 사망율을 나타내므로 순치방법은 5%/day의 농도로 6일간 순치시키는 것이 바람직 하다고 사료된다.

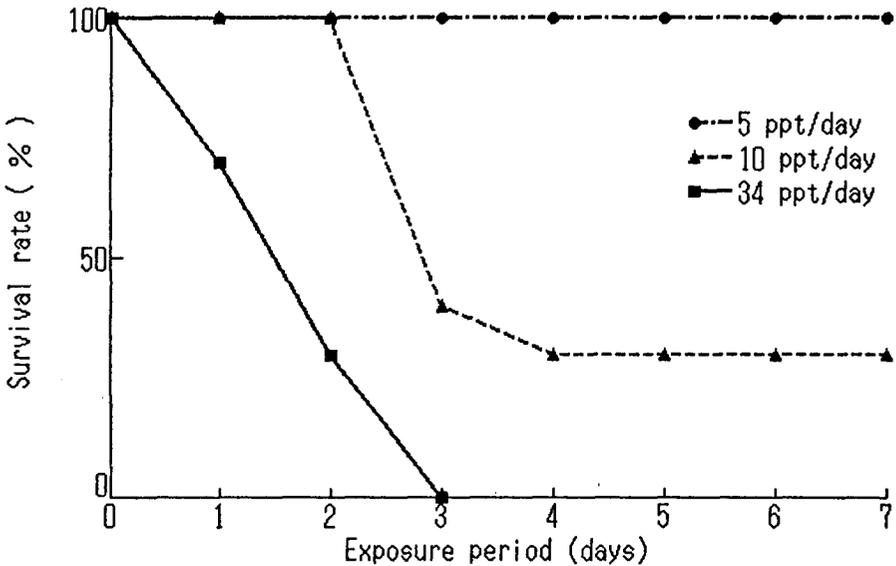


Fig. 2. Survival rate of tilapia depending on acclimating concentration of salinity.

3. 염세포의 분포

아가미 조직에서의 해수순치에 따른 염세포(chloride cell)의 분포를 담수 사육한 시료와 해수에서 3개월간 사육한 개체의 아가미조직을 비교한 결과는 Plate와 같다. 바다에 사는 경골어류들은 많은 양의 NaCl을 체내에 흡수하고 아가미등 조직에서 배출 하여 체내 일정한 평형상태의 농도(homeostatic concentration)를 유지하게 된다. 이때 혈액으로부터 배설 역할을 담당하는 것이 아가미의 염세포인 것이다. 일반적으로 어류에서 gill lamella는 지주 역할을 하는 연골성지주(cartilaginous rod)와 그 주위에는 많은 gill fillament로 구성되어 있다. 이 gill fillament는 혈관과 그 주위에 3종류의 결합조직으로 구성되어 있다. 즉 상피세포(epithelial cell), 약간 둥근 형태의 염세포(chloride cell), 그리고 점액세포(mucous cell)이다. 이중 염세포를 hematoxylin-eosin 염색을 하게되면 세포질은 붉은색으로 염색되며, 핵은 다소 진한 보라색으로 염색된다. 본실험에서 해수에서 사육한 틸라피아의 gill fillament 결합조직에서 전반적으로 다수의 염세포가 분포되어 있는것을 확인할 수 있었다. 한편 어류의 아가미 뿐만아니라 아가미 덮개의 상피조직(opercular ephithelium) 에서도 많은 양의 염세포가 발견되었다고 보고되었다(Marshall and Nishioka, 1980) 이와같은 염세포가 배설기능을 하고 있다는 사실이 1930년대 Key and Willmer에 의하여 추측된 이후 많은 연구가 진행되었고, Foskett *et. al.* (1981)에 의하면 Sarotherodon mossambicus를 해수에 순치시킨 결과 염세포의 수와 크기가 증가하고, 다시 담수로 환원 시키면 염세포의 수와 크기가 감소하는 것으로 보고 하였다. 이상의 결과로 볼때 틸라피아의 경우 해수에서의 순치 가능한 결과는 일반 해산어류와 마찬가지로 아가미등에서의 염세포 발달이 배설에 중요한 역할을 하고 있다는 사실을 입증하고 있는 결과이다.

제 2 절 양성실험

1. 해수순치기간중의 성장 비교

부화후 30일 예비사육시킨 치어를 염분도의 차이에 따라 순치가 진행되는 15일간의 성장결과를 Table 7에 나타내었다.

각 순치실험구에 설정된 10, 20, 30%의 농도에 도달하기까지 점차적으로 농도를 증가시킨 결과 A(대조구)실험구에서 가장 높은 증중량(21.4g)을 나타내었으며, B(10%)실험구에서 18.1g, 그리고 C(20%)과 D(30%)실험구에서 각각 10.8, 10.3g의 증중량을 나타내었다. 해수 순치 실험구에서 계속 증가되는 염분도의 stress에 의한 영향이 확실하며, 일반적으로 우려되는 순치기간중의 사료 무섭취 현상은 나타나지 않았다. 그리고 C와 D실험구가 담수구(A)와 10%(B) 순치구에서의 70 - 83%의 사료효율에는 미치지 못하나 40%정도의 사료효율을 보이는것은 해수에서의 순치 사육의 가능성을 충분히 시사하고 있다. 한편 치어기의 해수순치에 따른 먹이 길들이기의 어려움에 대한 문제점도 해결이 가능하다고 판단된다.

한편, 동일한 해수농도(30%)을 목표로 점차적으로 2%/day의 농도 증가에 따른 15일간의 순치기간중 성장결과를 성장단계가 다른 개체군을 이용하여 비교한 실험한 결과를 Table 8에 나타내었다.

실험시작시 담수실험구 E, F, G의 평균체중은 각각 1.2g, 7.9g, 17.4g이었으며 해수순치구인 H, I, J실험구는 1.2g, 7.9g, 17.0g으로 거의 동일한 조건에서 시작 되어 순치완료시 담수구 E, F, G의 체중은 2.0g, 10.4g, 22.1g으로 사료계수가 1.16 - 1.39 범위이며 사료효율도 71.6 - 86.0%로 비교적 유사한 성장 결과를 나타내었다. 그러나 해수순치구는 각각 평균체중 1.9g,

9.2g, 20.0g으로 담수실험구보다 비교적 낮은 성장 결과를 나타내었다. 그러나 가장 작은 개체군인 H실험구의 성장결과는 사료계수에서 1.28, 사료효율에서 77.7%의 담수구와 거의 유사한 성장 효과를 나타내었다. 이것은 전항에서

Table 7. The results of growth comparison experiment of the various salinity concentration during adaptation period(15 days)

Experimental group		A (Control)	B (10 %)	C (20 %)	D (30 %)
Initial	Number of fish	100	100	100	100
	Total weight (g)	5.8	5.8	5.8	5.8
	Mean body weight(g)	0.06	0.06	0.06	0.06
	Mean body length(cm)	1.3	1.3	1.3	1.3
Final	Number of fish	100	100	91	81
	Total weight (g)	27.2	23.9	16.6	16.1
	Mean body weight(g)	0.27	0.23	0.18	0.19
Mortality	Number of fish	-	-	9	19
	Weight (g)	-	-	0.5	1.1
Survival rate (%)		100	100	91	81
Increment (g)		21.4	18.1	10.8	10.3
Dry weight of feed	Formulated diet				
	Total (g)	25.7	25.7	25.7	25.7
Daily feeding rate (%)		12.9	13.9	17.2	17.5
Daily growth rate (%)		10.8	9.9	7.2	7.0
Feed coefficient		1.2	1.4	2.3	2.4
Feed conversion rate (%)		83.7	70.4	42.0	40.0

실시한 치어기의 해수 순치 과정에서 나타났던 염분도의 stress에 의한 먹이 섭취 기피 현상을 배제할 수 있는 결과라고 사료되며, 일정한 기간 담수에서 먹이 길들이기가 이루어진 개체군 보다는 성장초기에 해수순치를 수행하여 사육할 경우 좋은 성장효과를 얻을 수 있는 결과를 시사하고 있다.

2. 염분도별 사육실험

틸라피아의 해수 사육 가능성을 타진하고 나아가 온배수를 이용한 해수사육 기술의 기초 자료 축적을 위하여 해수 농도를 0%(A), 10%(B), 20%(C), 30%(D)로 달리한 각 실험구에서 150일간의 사육 실험 결과를 Table 9에 나타내었다.

Table 8. The results of growth comparison experiment depending on the growth stage during saline water adaptation(15 days)

Experimental group		Fresh water			Sea water		
		E	F	G	H	I	J
Initial	Number of fish	40	40	40	40	40	40
	Total weight (g)	51.5	317.6	699.6	50.7	316.4	682.1
	Mean body weight(g)	1.2	7.9	17.4	1.2	7.9	17.0
	Mean body length(cm)	4.5	7.4	9.5	4.0	1.3	1.3
Final	Number of fish	40	40	40	40	40	40
	Total weight (g)	81.6	419.3	886.0	77.9	370.6	801.6
	Mean body weight(g)	2.0	10.4	22.1	1.9	9.2	20.0
Mortality	Number of fish	-	-	-	-	-	-
	Weight (g)	-	-	-	-	-	-
Survival rate (%)		100	100	100	100	100	100
Increment (g)		30.1	101.7	186.4	27.2	54.2	119.5
Dry weight of feed	Formulated diet Total (g)	35	136	260	35	136	260
Daily feeding rate (%)		3.60	2.47	2.19	2.90	1.05	1.08
Daily growth rate (%)		3.11	1.86	1.58	3.71	2.62	2.34
Feed coefficient		1.16	1.33	1.39	1.28	2.50	2.17
Feed conversion rate (%)		86.0	74.7	71.6	77.7	9.8	45.9

실험 초기 A, B, C, D구의 평균체중은 각각 0.2g 이었으며, 30일후 평균체중은 A, B구가 2.6g, C, D구가 각각 1.6g, 1.5g으로 A, B구가 C, D구보다 좋은 성장을 보였으며 이러한 경향은 실험이 끝난 150일후까지 지속되어 각각, 44.2g,

46.6g, 32.5g, 28.1g으로 B구(20%)에서 가장 빠른 성장을 보였고, D구(30%)에서 가장 느린 성장을 나타내었다. 실험기간중 생존율은 A, B구가 90%, 100%도 비교적 높았으며 C구가 86.7%, D구가 56.7%로 염분도가 20%, 30%로 높았던 C, D구에서 86.7%, 56.7%로 A, B구에 비해 높은 사망율을 나타내었다. 실험 기간중 일일성장율은 B구가 3.6%로 가장 빨랐으며, A구가 3.43%, C구가 3.42%, D구가 2.99%순이었다. 사료계수는 B구가 1.02(사료효율 98.3%)로 가장 높은 사료효율을 보였으며, A구가 1.19(사료효율 83.9%)로 비교적 높았다. 염분도가 20%, 30%이었던 C, D구는 사료효율이 비교적 낮았으며 특히 D구는 사료계수가 1.86(사료효율이 53.7%)로 실험구중 가장 낮은 사료효율을 나타내었다.

이상의 결과로 보아 1g 미만인 틸라피아를 순치시켜 사육할 경우 10%에서 가장 빠른 성장을 기대할 수 있을것이다.

본 실험에서 일단 순치가 된 개체는 더 이상 폐사하지 않고 먹이도 활발히 먹는 것으로 미루어 보아, 순치시기의 변화나 해수중 생리변화에 따른 먹이의 수분 함량 조절에 의한 성장비교 실험이 추가로 되어 진다면, 성장이 빨랐던 담수나 저염분(10%)실험구의 성장에 못지않는 성장을 기대할 수도 있겠다.

전술한 바와 같이 틸라피아는 광염성(euryhalinity)의 염분에 대한 적응능력을 갖고 있기 때문에 염분도 자체가 종에 따라서는 성장에 전혀 영향을 주지 않는 환경요인으로 이에 평가되고 있다. 예를 들어 O. aureus는 해수에 많았으며 (Chervinski and Yashouv, 1971), O. niloticus(♀)과 O. aureus(♂)과의 교잡종을 기수에서 사육한결과 좋은 성장 결과를 보고하였다(Fishelson and Popper, 1968; Loya and Fishelson, 1969). 한편 O. niloticus에 대한 해수에서의 사육결과에 대한 보고는 없는 실정이다.

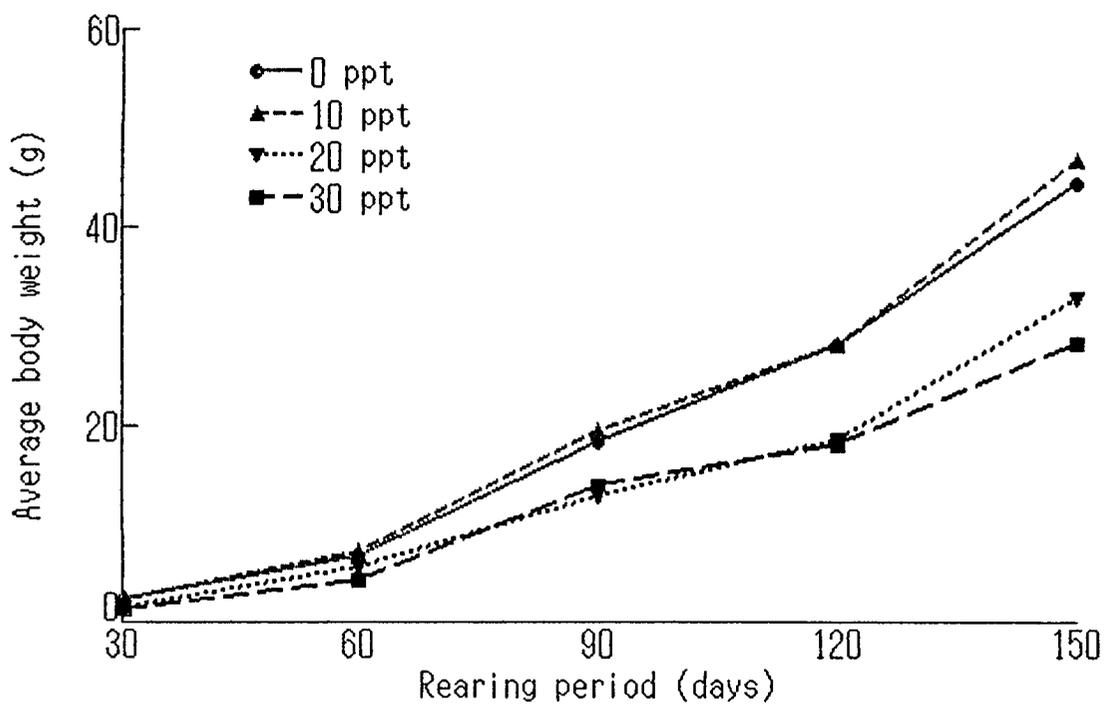


Fig. 3. Growth of tilapia to different levels of saline water (150 days).

3. 성장 단계별 해수사육실험

성장단계가 다른 개체군에 대한 전반부 90일간의 해수(30%) 순치사육 실험 결과를 Table 10에 나타내었다.

실험시작시 담수실험구는 E, F, G구로 나누었는데 각각의 평균체장은 2.0g,

Table 9. The results of rearing experiment of tilapia at different salinity concentration(150 days)

Experimental group		A Fresh water	B (10 %)	C (20 %)	D (30 %)
Initial	Number of fish	30	30	30	30
	Total weight (g)	7.5	6.9	5.4	5.7
	Mean body weight(g)	0.2	0.2	0.2	0.2
	Mean body length(cm)	1.3	1.3	1.3	1.3
Final	Number of fish	27	30	26	17
	Total weight (g)	1193.5	1399.2	846.8	477.7
	Mean body weight(g)	44.2	46.6	32.5	28.1
	Mean body length(cm)	14.8	14.4	12.4	9.7
Mortality	Number of fish	3	-	4	13
	Weight (g)	3.1	-	92.8	230.5
Survival rate (%)		90.0	100.0	86.7	56.7
Increment (g)		1189.1	1392.2	934.1	702.4
Dry weight of feed	Formulated diet Total (g)	1416	1416	1323	1307
Daily feeding rate (%)		4.08	3.67	4.86	5.56
Daily growth rate (%)		3.43	3.60	3.42	2.99
Feed coefficient		1.19	1.02	1.42	1.86
Feed conversion rate (%)		83.9	98.3	70.6	53.7

10.5, 22.2 g이었고, 해수순치구는 H, I, J구로 각각 2.4g, 9.3g, 20.0g이었다. 전반 90일간 사육실험결과 E, F, G 실험구는 각각 평균체장 25.6g, 52.4g, 77.9g으로 가장 작은 E실험구가 사료계수 1.09, 사료효율 91.7%의 좋은 성장결과를 나타내었으며, F실험 구에서 사료효율 68.9%, 사료계수 1.45의 가장

저조한 결과를 나타내었다. 이와같은 경향은 해수순치 실험구에서도 동일하게 나타나 H, I, J실험구에서 각각 19.9g, 47.1 g, 67.9g의 평균체중을 나타내었고, H실험구가 75.3%, J실험구가 56.6%, I실험구가 51.8%의 사료효율을 나타내었고, 사료계수도 1.32, 1.76, 1.93의 순서를 보였다. 한편 생존율은 담수산육구에서 97.5 - 100%의 생존율을 나타내었고, 해수산육구에서는 77.5 - 82.5%로 해수산육구가 담수산육구에 비하여 다소 낮은 생존율을 나타 내었다.

그리고 계속하여 각각의 실험구에서 건강한 개체를 반복 선별하여 같은 사육 수조의 사육 밀도를 낮추어 후반사육 실험을 90일간 실시한 결과를 Table 11에 나타내었다. 후반 사육결과 실험 개시시 E, F, G실험구의 평균체중이 각 각 20.5g, 51.3g, 101.8g이고 90일 사육완료후 99.9g, 127.7g, 262.6g으로 성장하였다. 해수순치 사육구인 H, I, J에서는 사육개시 평균체중이 15.3g, 45.3g, 91.4g이었고, 사육완료후 84.4g, 126.9g, 203.3g이었다. 따라서 사료효율과 사료계수도 전반부와 동일한 순서로 각각 E실험구가 93.6%, 1.06이고 G실험구가 79.3%, 1.26, 그리고 F실험구가 64.1%에 1.55를 나타내었다. 한편 해수순치 사육구인 H, I, J실험구에서 사육완료시 평균체중이 84.4g, 126.9g, 203.3g이었고, 이에따른 사료효율 및 사료계수 도 H실험구가 95.4%, 1.04로 가장 성장이 좋고, 그 다음은 J실험구가 60.7%, 1.64, 그리고 I실험구가 56.4%, 1.76의 순으로 나타났다.

이상의 결과를 토대로 최초 평균체중 2.0g에서 해수순치중 다소 사망율은 보이나, 일단 해수순치가 이루어진 이후에는 거의 폐사하는 개체가 적으므로 담수산육에서의 성장만큼은 좋지 않으나, 기타 어종에 비교하여 다소 높은 사료효율과 사료계수를 나타내므로 해수순치 사육의 가능성을 충분히 시사하고 있다. 더욱 성장계수(growth factor)를 비교하여 보면 가장 작은 개체군이 보다 성장한 개체군 보다 높은 성장률을 나타내는 것을 알수있다. 그러므로 틸라피아의 해수순치 사육을 일반 어류에서의 성장에서 나타나는 초기 성장계수가 높은 점을 이용하여 해수순치후 안정적인 성장조건을 지속할 수 있다면 해수순치 사육의

가능성을 충분히 시사하고 있는 결과라고 사료된다.

그리고 해수순치되어 약 4개월간 사육한 성어(체중: 150 - 170g, 체장: 17 - 20cm)를 이용하여 담수와 해수에서 3개월간 사육실험을 한 결과를 Table 12에 나타내었다.

Table 10. The results of growth depending on the growth stage in fresh and seawater during the 1st. half experiment(90 days)

Experimental group		Fresh water			Sea water(30 %)		
		E	F	G	H	I	J
Initial	Number of fish	40	40	40	40	40	40
	Total weight (g)	81.6	419.3	885.9	97.9	370.6	801.6
	Mean body weight(g)	2.0	10.5	22.2	2.4	9.3	20.0
	Mean body length(cm)	4.5	7.5	9.5	4.1	7.4	9.5
Final	Number of fish	39	40	39	31	33	32
	Total weight (g)	998.7	2098.3	3118.6	617.1	1556.0	2173.8
	Mean body weight(g)	25.6	52.4	77.9	19.9	47.1	67.9
	Mean body length(cm)	10.3	13.5	15.5	9.7	13.8	15.2
Mortality	Number of fish	1	-	1	9	7	8
	Weight (g)	46.9	-	62.4	270.8	70.3	397.4
Survival rate (%)		97.5	100	97.5	77.5	82.5	80.0
Increment (g)		964.0	1679.0	2295.1	790.0	1255.7	1769.6
Dry weight of feed	Formulated diet						
	Total (g)	1051	2436	3130	1049	2434	3128
Daily feeding rate (%)		3.05	2.58	1.89	2.69	3.06	1.93
Daily growth rate (%)		2.80	1.78	1.39	2.04	1.59	1.10
Feed coefficient		1.09	1.45	1.36	1.32	1.93	1.76
Feed conversion rate (%)		91.7	68.9	73.3	75.3	51.8	56.5

본 실험은 성숙단계에 있는 성어를 이용하여 장기간 해수순치 사육을 행한후 정해진 기간동안의 성장을 비교한 결과 담수실험구가 초기 평균체중 170.7g에서 실험 완료시 296.6g을 나타내었고 증중량은 4402.3g이었다. 한편 사료효율 76.0%, 사료 계수 1.31에 비교적 좋은 성장결과를 나타내었다. 이에 대하여

해수사육 실험구에서는 초기 평균체중 156.1g에서 실험완료시 259.9g이었고 사료효율 62.7%, 사료 계수 1.59로 담수만큼의 성장은 나타내지 못하였으나 해수실험구에서 비교적 담수에 가까운 성장결과를 나타내었다. 일간성장율은 담수사육구가 0.58%, 해수사육구가 0.56으로 유사한 결과를 나타내었다. 이상의 결과는 지금까지 여러면에서 검토해본 틸라피아의 해수사육의 가능성을 뒷받침하는 자료로 판단된다.

Table 11. The results of growth depending on the growth stage in fresh and seawater during the 2nd. half experiment(90 days)

Experimental group		Fresh water			Sea water(30 %)		
		E	F	G	H	I	J
Initial	Number of fish	11	12	12	13	11	13
	Total weight (g)	225.5	615.5	1222.1	198.9	499.2	1188.3
	Mean body weight(g)	20.5	51.3	101.8	15.3	45.3	91.4
	Mean body length(cm)	10.0	13.7	17.2	9.3	13.7	16.5
Final	Number of fish	10	12	12	8	10	13
	Total weight (g)	999.5	1533.5	3151.9	675.2	1269.0	2642.9
	Mean body weight(g)	99.9	127.7	262.6	84.4	126.9	203.3
	Mean body length(cm)	16.7	18.5	23.6	14.4	17.4	21.8
Mortality	Number of fish	1	-	-	5	1	-
	Weight (g)	46.9	-	-	185.5	29.1	-
Survival rate (%)		90.9	100	100	61.6	92.4	100
Increment (g)		820.9	918.0	1929.8	661.8	798.9	1454.6
Dry weight of feed	Formulated diet						
	Total (g)	877	1430	2432	693	1414	2396
Daily feeding rate (%)		1.74	1.55	1.28	1.41	1.79	1.42
Daily growth rate (%)		1.65	1.00	1.02	1.36	1.02	0.87
Feed coefficient		1.06	1.55	1.26	1.04	1.76	1.64
Feed conversion rate (%)		93.6	64.1	79.3	95.4	56.4	60.7
Growth factor		3.8	1.4	1.5	4.5	1.8	1.2

Table 12. The results of adults stage growth experiment between fresh and seawater(90 days)

Experimental group		Fresh water	Seawater (30 ‰)
Initial	Number of fish	35	35
	Total weight (g)	5947.5	5462.5
	Mean body weight(g)	170.7	156.1
	Mean body length(cm)	20.7	17.3
Final	Number of fish	34	35
	Total weight (g)	10084.4	9096.5
	Mean body weight(g)	296.6	259.9
	Mean body length(cm)	26.1	25.2
Mortality	Number of fish	1	-
	Weight (g)	265.4	-
Survival rate (%)		97.2	100
Increment (g)		4402.3	3634.0
Dry weight of feed	Formulated diet		
	Total (g)	5790	5790
Daily feeding rate (%)		0.75	0.89
Daily growth rate (%)		0.58	0.56
Feed coefficient		1.31	1.59
Feed conversion rate (%)		76.0	62.7

제 3 절 식품학적 연구

1. 일반성분, 염도 및 VBN

틸라피아 체내중 함유된 일반성분, 염도 및 VBN은 Table 13와 같다. 수분함량은 담수산 과 해수산 시료 모두 78.8-78.9%로 거의 같은 수준이었고, 조지방과 회분은 해수순치 시료가 다소 많이 함유하였으나, 조단백은 담수산 시료가 약간 많았으나 큰 차이는 발견 되지 않았다.

Table 13. Proximate composition, salinity and volatile basic nitrogen (VBN) of cultured tilapia from fresh and seawater (g/100g)

Sample codes*	Moisture	Crude lipid	Crude protein	Ash	Salt	VBN (mg/100g)
F	78.9	1.2	18.2	0.9	0.24	8.7
B	78.8	1.5	17.6	1.2	0.40	9.9

* Sample codes are the same as shown in Table 5.

염도는 기대 했던바와 같이 해수에서 순치한 시료가 담수산 시료에 비해 높았다. 한편, VBN은 두 시료모두 낮아, 신선한 상태를 유지하고 있음을 말해주고 있다.

2. 구성아미노산 및 무기질의 함량

구성아미노산: 틸라피아 체내중 구성 아미노산 조성은 Table 14과 같다. 총함량에 있어서는 해수순치 시료가 담수산 시료보다 다소 높은 함량을 보이고 있다. 구성 아미노산 중에서 Threonine, Serine, Tyrosine 등은 해수순치 시료가 다소 많은 것에 비해, Arginine은 담수산 시료에서 다소 많이 나타

났다.

무기질: 담수산 및 해수순치산 틸라피아의 철, 칼슘 및 인 함량을 Table 15에 나타내었다. 철, 칼슘 및 인의 함량은 0.32-0.39 g/100g, 53.0-64.1 mg/100g, 291.8-309.1 mg/100g 범위들로, 약간의 차이는 있었으나 대체로 일정한 함량들을 유지하였다. 이는 철, 칼슘 및 인과 같은 필수 무기원소는 생체내 대사에 의하여 축적과 배설의 균형이 유지되어 연령, 종류별로 약간의 차이는 있어도 대체로 일정한 함량이 유지되기 때문이라 생각된다(池田, 1980). 무기 성분간에는 인의 함량이 가장 많았고, 다음으로 칼슘, 철의 순이었다.

Table 14. Contents of amino acid in cultured tilapia from fresh and seawater (g/100g)

Amino acids	F*	B
Asp.	1.38	1.40
Thr.	0.94	1.16
Ser.	0.86	1.08
Glu.	2.07	2.20
Pro.	0.24	0.35
Gly.	0.59	0.52
Ala.	0.73	0.69
Val.	1.17	1.10
Met.	1.04	1.16
Ile.	1.19	1.25
Leu.	1.12	1.12
Tyr.	0.99	1.21
Phe.	1.78	1.75
His.	1.32	1.45
Lys.	1.56	1.47
Arg.	1.65	1.50
Total	18.65	19.42

* Sample codes are the same as shown in Table 5.

3. 색조

시료의 명도(L값), 적색도(a값) 및 황색도(b값)를 측정하여 Table 16에

나타내었다. 담수산과 해수순치 시료의 명도, 적색도 및 황색도는 각각 30.2, 0.8, -2.6 및 29.1, 0.5, -2.1로 두 시료간의 특별한 색조의 차이는 인정되지 않았다.

Table 15. Contents of Fe, Ca and P in cultured tilapia from fresh and seawater (mg/100g)

Sample code*	Mineral		
	Fe	Ca	P
F	0.39	53.0	291.8
B	0.32	64.1	309.1

* Sample codes are the same as shown in Table 5.

Table 16. Color values in cultured tilapia from fresh and seawater

Sample code*	Color values**		
	L	a	b
F	30.2	0.8	-2.6
B	29.1	0.5	-2.1

* Sample codes are the same as shown in Table 5.

** Standard values of L, a and b are 96.7, -0.1 and 0.3, respectively.

4. 관능검사

담수산 및 기수산 틸라피아들을 색조, 조직감, 맛 및 종합평가한 결과는 Table 17과 같다. 색조는 색차계를 이용한 색조의 결과와 같이, 시료어간에 크게 차이가 없음을 알수 있다. 조직감과 맛의 관능검사 결과로는 차이를 인정할 수가 없었다. 그러나 이러한 결과는 시중의 생선횃집에서 해수순치한 시료가 담수산 시료보다 맛과 조직감이 뛰어나다는 평판과는 매우 대조적인 결과로 생각된다. 이에 관해서는 보다 많은 관능검사를 통한 결과와 함께 객관적인

분석방법, 예를 들면 텍스츄어미터 등을 사용하여 조직감 등을 비교하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

Table 17. Results of sensory evaluation in cultured tilapia from fresh and seawater

Sample code*	Sensory attributes			
	Color	Texture	Taste	Overall acceptance
F	4.0**	4.2	4.1	4.1
B	3.9	4.1	4.2	4.1

* Sample codes are the same as shown in Table 5.

** 1-5 Scale: 5:very good, 3: acceptable, 1: very poor.

제 4 절 해수순치에 따른 혈청학적 연구

1. Hematocrit value

회유성어종에서 나타나는 해수적응 능력을 평가하는 방법중에 하나인 혈액의 Hematocrit value(Ht값)를 조사한 결과는 Fig. 4 와 같다.

해수순치 방법으로 담수에서 직접 100% 해수(34%), 그리고 100% 해수농도가 되기까지 3일, 5일, 15일 동안에 점차적으로 농도를 증가시킨 실험구에서 각각 나타난 Ht값에서 의미있는 변화 양상을 찾아볼 수 없었다. 해수에서 담수로 직접 이동한 실험구는 2일째 100% 사망하였고, 그외의 실험구에서는 각각 거의 유사한 평균치는 $26.9 \pm 3.6\%$ 의 값을 나타내며 변화범위는 22.0 - 37.7%의 값을 나타내었다. 한편 대조구인 담수사육구에서도 $27.4 \pm 3.1\%$ 의 평균치와 변화범위는 24.9 - 34.0%이었다. 한편 chum salmon, 무지개송어 등의 경우 Ht값이 킬라피아에 비하여 높은 42 - 62% 정도의 높은 수치와 변화양상도 순치후 6 - 12시간 이내에 급격히 증가하여 시간이 경과함에 따라 점차 감소하여 일정한 수준을 유지하는 것으로 보고되었다 (宇野, 1989) 그리고 혈액의 Ht값은 일반적인 자극, 예를들어 NO_3 (Jirasek et al., 1983) 마취제(Ishioka, 1984), 냉동(Yoshioka, 1983), 혈액중의 gas농도(Yamamoto, 1981), bacteria(Morikawa, 1981)등의 영향으로 변화된다고 알려져 있다.

2. 혈청중의 Na, K 변화

해수순치 기간중 혈청의 Na농도를 Fig. 5.에 표시하였다.

혈청중의 Na농도도 해수순치기간중에 나타나는 적응현상으로 이에 밝혀진바

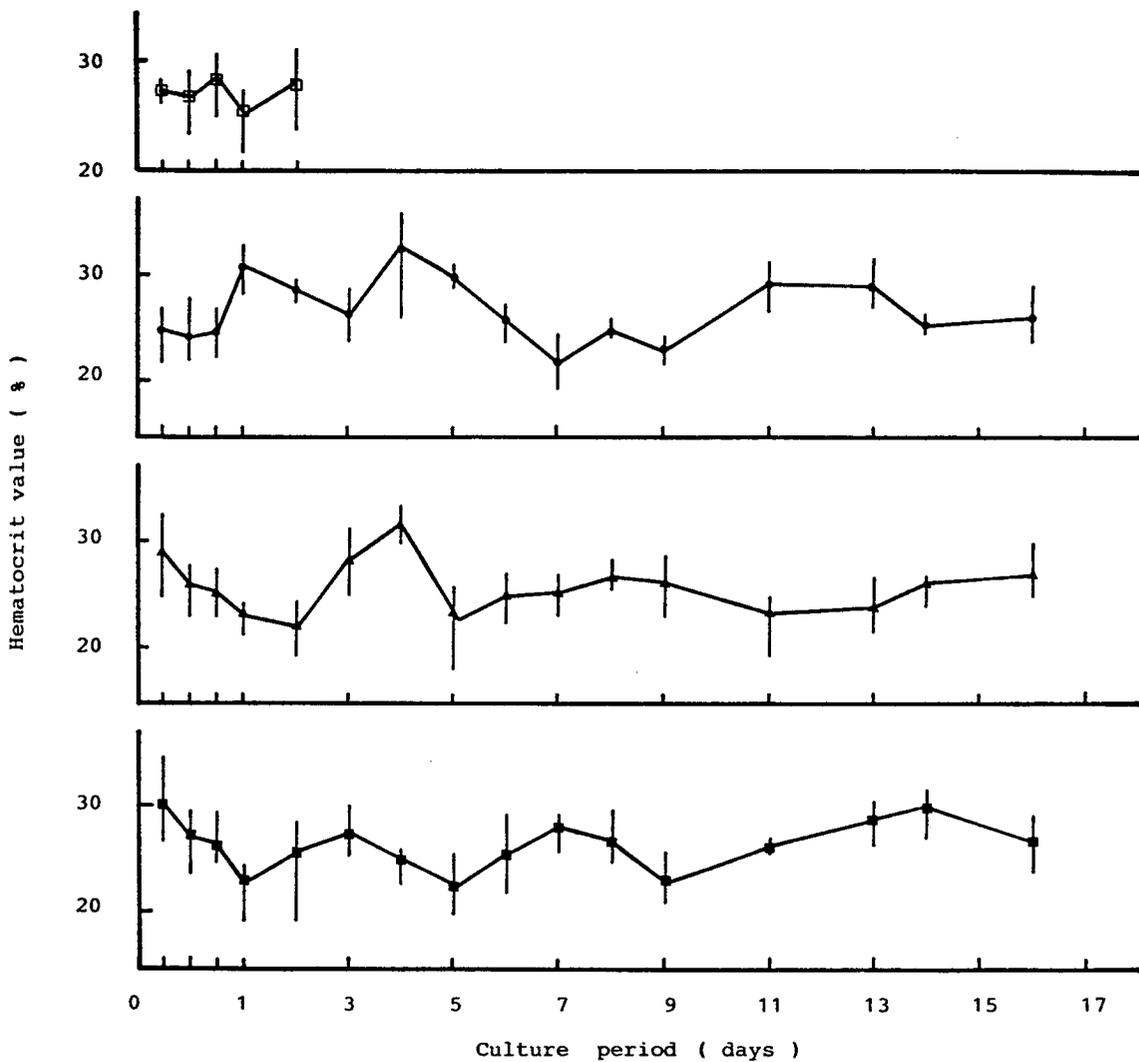


Fig. 4. Changes in hematocrit values of tilapia from freshwater to seawater.

- — □ acclimated for 1 day in 100% seawater
- — ● acclimated for 3 day in 100% seawater
- ▲ — ▲ acclimated for 5 day in 100% seawater
- — ■ acclimated for 15 day in 100% seawater

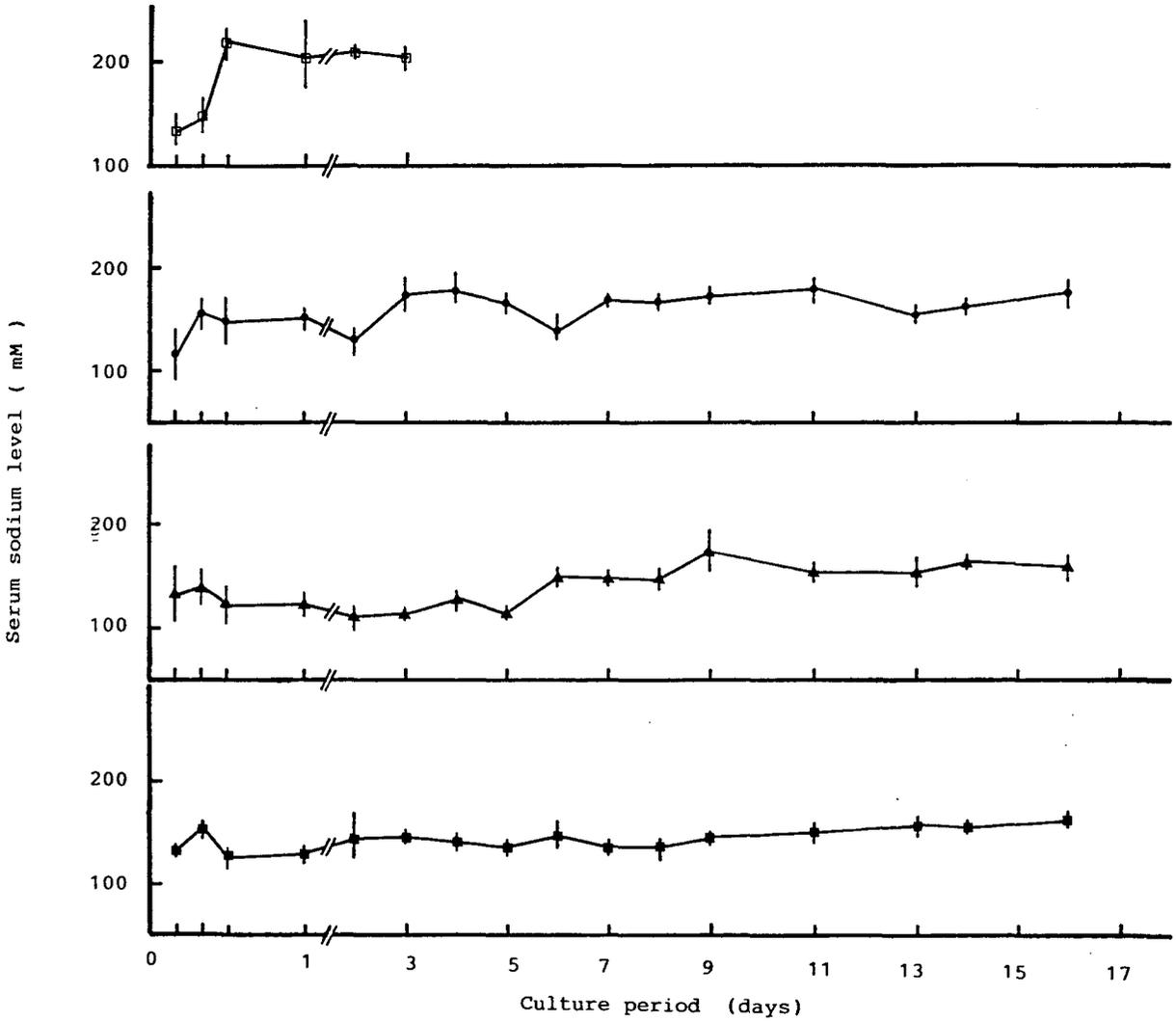


Fig. 5. Changes in sodium content in serum of tilapia from freshwater to seawater.

- — □ acclimated for 1 day in 100% seawater
- — ● acclimated for 3 day in 100% seawater
- ▲ — ▲ acclimated for 5 day in 100% seawater
- — ■ acclimated for 15 day in 100% seawater

있다 (宇野, 1989). 본 실험에서 나타난 결과로는 담수에서 직접 100% 해수(34%)로 이동한 개체에서는 수치 8시간후부터 상승하여 12시간후에 초기치 120 - 130mm에서 200 - 230mm까지 증가하여 회복단계에 들어가지 못하고 3일후 전부 폐사하였다. 그러나 순치기간이 3일, 5일, 10일에 걸쳐 100% 해수에 순치된 실험구에서는 각각 동일하게 8시간후 다소 혈청 Na농도가 증가한후 1일 이후부터 거의 정상으로 회복되는 것을 볼 수 있었으며, 3일, 5일, 10일의 실험구에서 혈청 Na농도의 변화양상은 순치기간이 길어짐에 따라 혈청 Na농도의 변화폭이 적어지는 것을 볼 수 있었다. 이와 같은 현상은 chum salmon, rainbow trout(宇野, 1989)에서의 결과와 일치하고 있어 일반적 회유성 어류에서 나타나는 해수순치중의 혈청 Na농도에서의 해수 적응능력을 틸라피아 가 갖고 있다는 사실을 시사하고 있다. 한편 해수에서 사육한 amaga salmon과 rainbow trout를 담수에 순치시킬 경우 이와 반대로 순치 12시간후에 급격히 혈청 Na농도가 낮아지다가 1일 이후부터 다시 정상 상태를 유지한다고 보고하였다. 그러므로 어종간의 차이는 있을지 모르나, 틸라피아에서도 예비적인 단계로 점진적인 해수순치 사육을 실시할 경우 어종 자체가 갖고있는 해수적응성을 촉진시켜 충분히 적응가능한 것으로 사료된다.

한편 혈청중 K농도의 변화를 Fig. 6.에 나타내었다. 혈청 K농도는 담수에서 직접해수로 이동한 실험구에서는 혈청 Na농도와 마찬가지로 해수순치 12시간후부터 정상상태인 3.1 - 3.7mM에서 약 3배에 달하는 9.0 - 9.9mM의 농도 증가를 보인후 정상상태로 회복되지 못하고 3일후 전부 폐사하였다. 그러나 혈청 K농도는 Na와는 달리 3일, 5일, 15일간의 순치실험구에서 4일째까지는 거의 안정된 정상농도를 유지 하다가 5일째부터 각 실험구 모두 일제히 K농도가 상승하여 3일 순치구는 14.8 - 17.1 mM까지 그리고 5일과 15일 순치구가 7.8 - 8.8mM까지 상승한후 다시 감소하여 정상 상태를 유지하였다. 이와같이 5일째의 급격한 K농도의 상승원인은 아직까지는 밝혀져있지 않은 단계이나 금후에 확인되어야할 과제로 제시되었다.

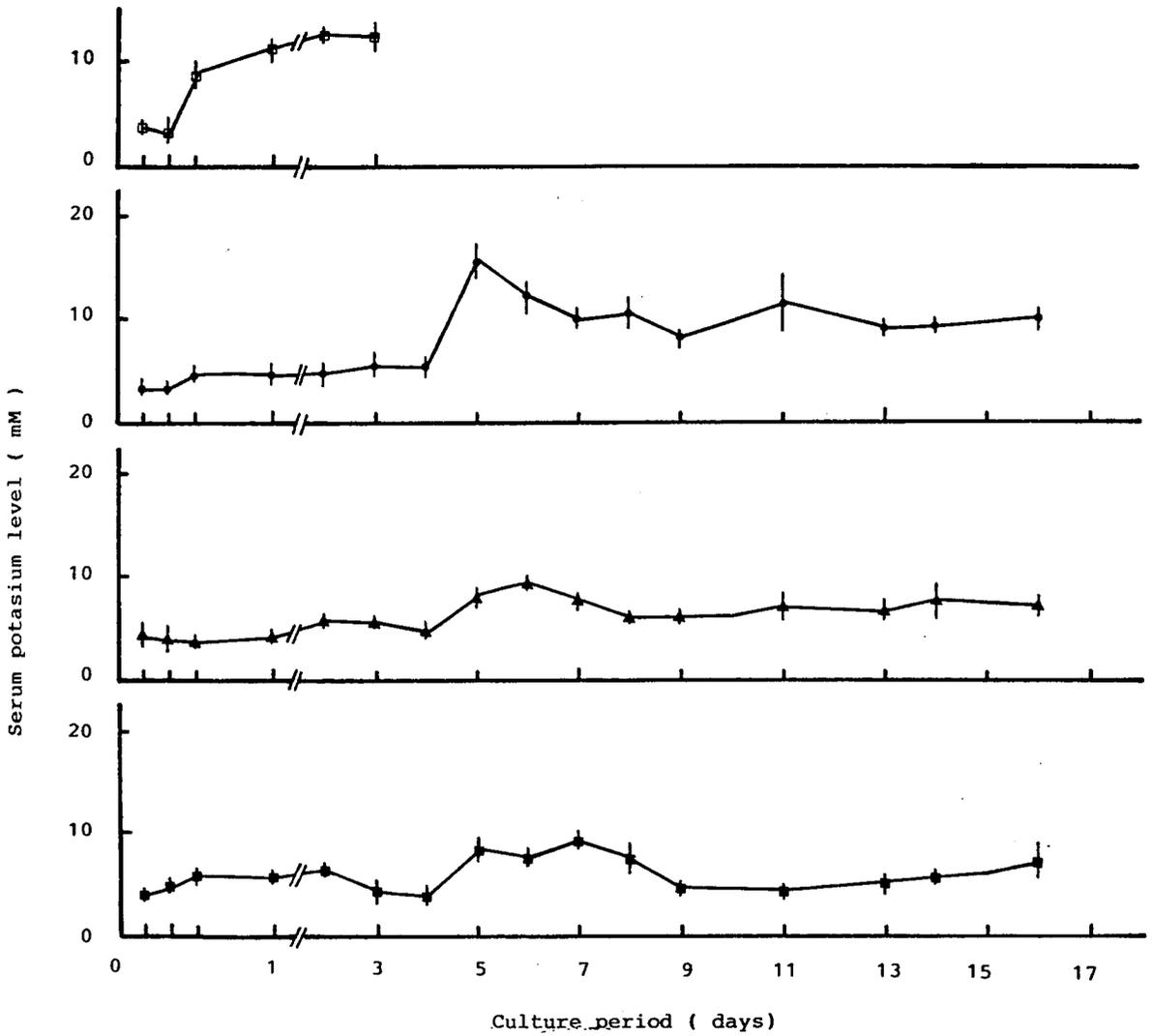


Fig. 6. Changes in potassium content in serum of tilapia from freshwater to seawater.

- — □ acclimated for 1 day in 100% seawater
- — ● acclimated for 3 day in 100% seawater
- ▲ — ▲ acclimated for 5 day in 100% seawater
- — ■ acclimated for 15 day in 100% seawater

K 는 Na 와 함께 생체막에서의 Na^+/K^+ pump 작용에 의한 수동수송전달계(active transport system)에 의하여 이동하는 것이 대표적인 현상이다. 예를 들어 적혈구에서 1분자의 ATP가 막의 세포질 측에서 가수분해하여 3개의 Na^+ 가 밖으로 그리고 2개의 K^+ 가 내측으로 전달되는 현상을 말하는데 조직에 따라서 Na /K 비율이 1/1 또는 3/1인 경우도 있다. 이와같은 현상에 작용하는 Na^+/K^+ -ATPase의 활성 및 이에대한 mechanism을 규명함으로써 해수 순치과정에서 일어나는 해수적응 현상을 파악하기 위하여 앞으로 검토되어야할 분야라고 생각된다.

참 고 문 헌

- 金 仁培. 1983. 無濾過循環水탱크利用 *Tilapia*의 高密度飼育實驗. 韓水誌 16:59- 67.
- 小原哲二郎.鈴木陸雄.岩尾 之. 1982. 食品分析 ンドブッケー. 建綿社. pp. 275- 277.
- 日本藥學會編. 1980. 衛生試驗法註解, pp.62-63. 金原出版, 東京.
- 日本厚生省編. 1960. 食品衛生檢査指針 I. 揮發性鹽基窒素, pp. 30-32.
- 宇野將義. 1989. 藪種のサケ科における秋期海水適應と春期淡水適應能. 日水誌 55: 191-196.
- 王 崎偉. 竹内俊郎. 渡邊 武. 1985. ティラピア *Tilapia nilotica*の成長に及ぼす飼料中 タンパク質含量の影響. 日水誌. 51:133-140.
- 池田精徳. 1980. 魚介類の微量成分. 恒星社厚生閣. 東京.
- 雍 文岳. 竹内俊郎. 渡邊 武. 1989. ティラピア *Oreochromis niloticus*用飼料の可食化 エネルギー含量と適正エネルギー・タンパク質との關係. 日水誌. 55:869-873.
- AOAC. 1985. Official method of analysis of the association of official analytical chemists, 14th ed. pp. 164-165. Washington D. C.
- Balarim, J.D. 1981. Kenya cement factory develops intensive tilapia farming system. Aquaculture magazine 7: 46-47.
- Chervinski, J. and A. Yashouv. 1971. Preliminary experiments on the growth of *Tilapia aurea* Steindachner (Pisces, Cichlidae) in seawater ponds. Bamidgeh 23: 125-129.
- EPA. 1978. Methods for measuring the acute toxicity of effluents to aquatic organisms. EPA-600/14-78-012.

- Kang, S.J. 1986. Acclimatization and tolerance of tilapia(oreochromis niloticus) to various saline conditions. Bull. Tongyeong Fish. Jr. Coll., 21: 33-36.
- Keys, A.B. and Willmer, E.N. 1932. "Chloride secreting cells" in the gills of fish with special reference to the common eel. J. Physiol. 76: 368-378.
- Fishelson, L. and D. Popper, 1968. Experiments on rearing fish in salt water near the Dead Sea. Israel. FAO Fish. Rep. 44: 244-245.
- Foskett, J.K., Logsdon, C.D., Turner, T., Machen, T.E., and Bern, H.A. 1981. Differentiation of the chloride extrusion mechanisms during sea water adaptation of the teleost fish, the cichlid Sarotherodon mossambicus. J. Exp. Biol. 93: 209-224.
- Jirasek, J. Spurny, P. Pravda, D., and Machova, Z. 1983. The effect of stress factors on some Hematological parameters in carp fry. Zivocisna vyroba., 28: 859-866.
- Loya, L. and L. Fishelson. 1969. Ecology of fish breeding in blackishwater ponds near the Dead Sea(Israel). J. Fish. Biol. 1: 261-278.
- Lotan, R. 1960. Adaptability of Tilapia nilotica to various saline conditions. Bmidgeh 12: 96-100.
- Marshall, W.S. and Nishioka, R. S. 1980. Relation of mitochondria-rich chloride cells to active chloride transport in the skin of a marine teleost. J. Exp. Zool. 214: 147-156.
- Morikawa, S. Miki, S., and Tashiro, F. 1981. Changes in hematological properties and viable cell number of bacteria in amage salmon artificially infected with Aeromonas salmonicida. Fish. Pathol.,

Tokyo. 16: 43-49.

Steinitz, H. 1954. The distribution and evolution of the freshwater fishes of Palestine. Istanbul Univ. Fen Fak. Mecm. Hidrobiol. B. 1(4): 225.

Yamamoto, K.I., Itazawa, Y., and Kobayashi, H. 1981. Relationship between gas content and hematocrit value in yellowtail blood. J. Fac. Arg. Kyushu Univ. 26: 31-37.

PLATE

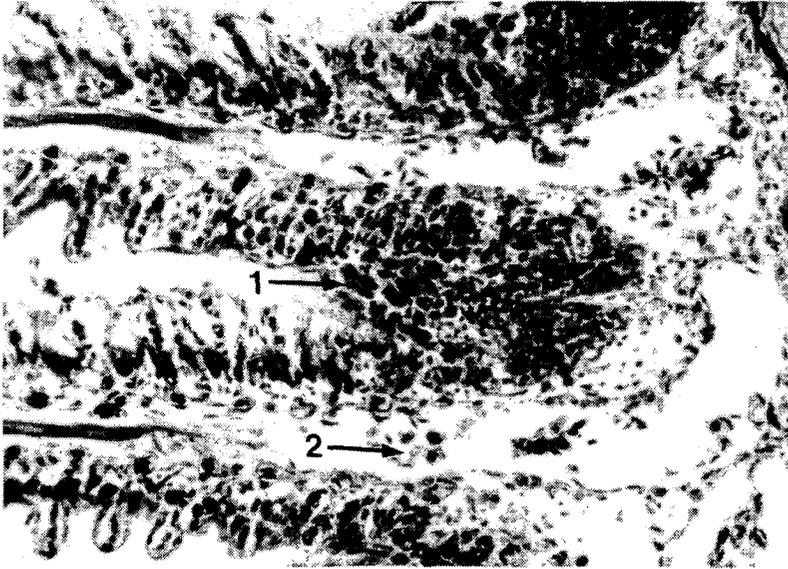


Plate 1. Gill lamella of tilapia in cultured seawater. X 250.
1. Chloride cell. 2. Erythrocyte

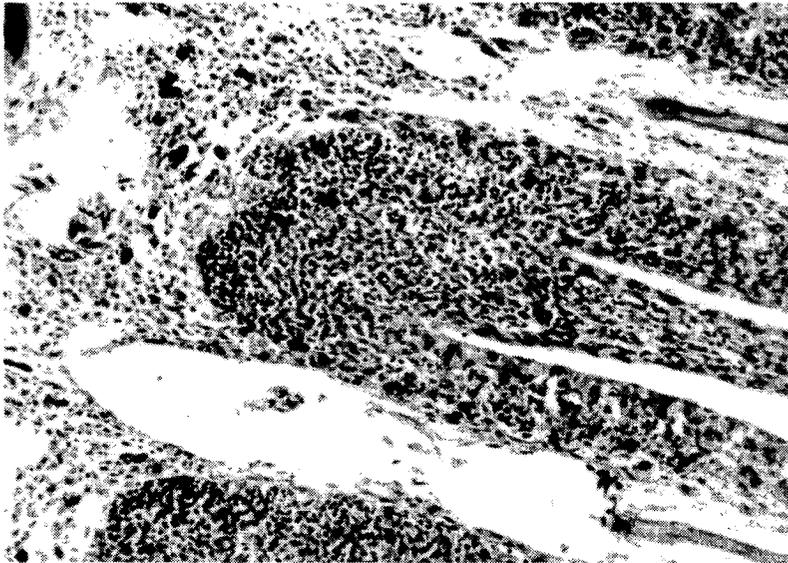


Plate 2. Gill lamella of tilapia in cultured freshwater.