

수산학석사 학위논문

조피볼락 및 넙치의 사료내 콜린
요구량에 관한 연구

지도교수 배 승 철

이 논문을 수산학석사 학위논문으로 제출함.



부경대학교 대학원

수산생물학과

최 화

崔華의 수산학석사 학위논문을 인준함

2003년 6월 26일

주 심 농 학 박사 김 창 훈



위 원 수 산 학 박사 남 윤 권



위 원 영 양 학 박사 배 승 철



목 차

| | |
|---------------------------------------|-----|
| Abstract | iii |
| 제 1 장 서 론 | 1 |
| 제 2 장 재료 및 방법 | 4 |
| 실험 1. 조피블락에 있어서 콜린 요구량 결정을 위한 실험..... | 4 |
| 1. 실험사료 | 4 |
| 2. 실험어 및 실험 디자인 | 4 |
| 3. 어체측정 | 5 |
| 4. 분석 및 통계처리 | 6 |
| 실험 2. 넙치에 있어서 콜린 요구량 결정을 위한 실험 | 12 |
| 1. 실험사료 | 12 |
| 2. 실험어 및 실험 디자인 | 12 |
| 3. 어체측정 | 13 |
| 4. 분석 및 통계처리 | 13 |
| 제 3 장 결 과 | 15 |
| 실험 1. 조피블락에 있어서 콜린 요구량 결정을 위한 실험 --- | 15 |
| 실험 2. 넙치에 있어서 콜린 요구량 결정을 위한 실험 | 24 |
| 제 4 장 논 의 | 33 |

제 5 장 요약 ----- 36

 실험 1. 조피블락에 있어서 콜린 요구량 결정을 위한 실험 --- 36

 실험 2. 넙치에 있어서 콜린 요구량 결정을 위한 실험 ----- 37

제 6 장 감사의 글 ----- 38

제 7 장 참고문헌 ----- 39

Optimum dietary choline requirements in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*)

Hua Cui

*Department of Fisheries Biology, Graduate School,
Pukyong National University*

ABSTRACT

The present study was conducted to evaluate dietary choline requirements in Korean rockfish and olive flounder in Korea.

Broken line analysis of weight gain indicated that the dietary choline requirements are 1132 ± 68 mg choline/kg diet for Korean rockfish and 761 ± 53 mg choline/kg diet for olive flounder.

Experiment 1. Effects of the different levels of dietary choline on growth and tissue choline changes in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*)

An 8-week feeding trial was conducted to evaluate the dietary

choline requirement in Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. Six diets were formulated to contain 0, 250, 500, 750, 1000 and 2000 mg choline/kg diets with 0.3% 2-amino-2methyl-1-propanol (inhibitor) and four others contain 0, 250, 500 and 750 mg choline/kg diets without inhibitor (C-I₀, C-I₂₅₀, C-I₅₀₀, C-I₇₅₀, C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀, C₀, C₂₅₀, C₅₀₀, C₇₅₀). Casein and gelatin were used as the main protein sources in the semipurified experimental diets. 5% defatted rockfish fish muscle was also included to improve the palatability of experimental diets.

After 8 weeks feeding, fish fed C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀, C₅₀₀ and C₇₅₀ diets showed significantly higher weight gain (WG) than the other dietary groups ($P < 0.05$). Specific growth rate showed a similar trend as WG. Feed efficiency of fish fed C-I₁₀₀₀ and C₇₅₀ diets showed significant higher value than that from fish fed C-I₀, C-I₂₅₀, C-I₅₀₀, C-I₇₅₀, C₀ and C₂₅₀ diets ($P < 0.05$). Fish fed choline deficiency diet (C-I₀) showed significantly lower survival than fish fed C-I₂₅₀, C-I₅₀₀, C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀, C₂₅₀, and C₇₅₀ diets ($P < 0.05$). Protein efficiency ratio of fish fed C-I₁₀₀₀, C₅₀₀ and C₇₅₀ diets were significantly higher than those from fish fed C-I₀, C-I₂₅₀, C-I₅₀₀, C-I₇₅₀, C₀ and C₂₅₀ diets ($P < 0.05$).

Broken line analysis of weight gain indicated that the dietary choline requirement of Korean rockfish is 1132 ± 68 mg choline chloride/kg diet for maximum growth.

Experiment 2. Effects of the different levels of dietary choline on growth and tissue choline changes in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*)

An 8-week feeding trial was conducted to evaluate the dietary choline requirement in olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Seven diets were formulated to contain 0, 250, 500, 750, 1000, 2000 and 3000mg choline/kg diets with 0.3% 2-amino-2methyl-1-propanol (inhibitor) (C-I₀, C-I₂₅₀, C-I₅₀₀, C-I₇₅₀, C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀, C-I₃₀₀₀). Casein and gelatin were used as the main protein sources in the semipurified experimental diets. 7% defatted flounder fish muscle was also included to improve the palatability of experimental diets.

After 8 weeks feeding, fish fed C-I₁₀₀₀ diets showed significantly higher weight gain (WG) than the other dietary groups ($P < 0.05$). Specific growth rate showed a similar trend as WG. Feed efficiency of fish fed C-I₇₅₀, C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀ and C-I₃₀₀₀ diets showed significant higher value than that from fish fed C-I₀, C-I₂₅₀ and C-I₅₀₀ diets ($P < 0.05$). Fish fed choline deficiency diet (C-I₀) showed significantly lower survival than fish fed C-I₂₅₀, C-I₅₀₀, C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀ and C-I₃₀₀₀ diets ($P < 0.05$). Protein efficiency ratio of fish fed C-I₇₅₀ diet were significantly higher than those from fish fed C-I₀, C-I₂₅₀, C-I₅₀₀ and C-I₂₀₀₀ diets ($P < 0.05$).

Broken line analysis of weight gain indicated that the dietary choline requirement of olive flounder is 761 ± 53 mg choline chloride/kg diet for maximum growth.

I. 서론

세계적으로 다른 육류에 비해 저지방 고단백인 수산물의 소비 수요는 계속 증가하고 있는 반면에 주요 수산식품(어류, 갑각류 및 연체동물; 어분 및 어유 생산용 어류 제외)의 세계 어업 생산고는 연간 6,000만 톤으로 2000년 이후에도 환경오염과 수산 자원의 남획 등으로 말미암아 증가할 가능성은 매우 희박하다(New, 1999). 이에 반해 전세계 양식생산량은 급속히 증가하여 앞으로도 계속 증가할 것으로 예상되며 그 중요성이 부각되고 있다. 이러한 상황에서 주요 수산식품의 일인당 소비를 현수준인 연간 13.5kg으로 잡아도 21세기초에는 인구증가에 따르는 소비의 급속한 양적 팽창이 요구된다. 이로하여 세계 어업 생산고보다 많은 양이 수산 양식업에서 생산 공급되어야 할 것으로 예상되어 양식산업의 중요성을 말해주고 있다. 현재 어류 양식 생산의 증가와는 달리 실용배합사료의 현 수준은 매우 초보적인 단계에 머물러 있다. 양식산업에 있어 우선 양식 가능한 중요 어종을 선택하여 종묘 생산 기술이 개발되면 질 좋은 배합사료에 대한 사육 관리가 뒷받침되어야 하는 사실은 잘 알려진 바이며, 특히 사료비가 양식 종의 생산 단가 중 어종별로 차이는 있지만 30~60%를 차지하는 것을 보아서도 어류영양에 대한 배합사료의 중요성을 알수 있다.

최근 세계적으로 단백질 자원이 부족하게 되어 동물성 단백질 사료는 물론 식물성 단백질 사료의 가격이 앙등하게 되자 콜린이 다량 함유된 어분과 같은 단백질 사료의 사용량이 크게 줄어들게 되었고 대두박을 비롯한 기타 곡류에도 어느 정도 함유되어 있지만 대두박속에 함유된 콜린의 생화학적 이용성이 60%정도로 매우 낮으며 다른 곡류

에 들어있는 콜린의 이용성은 대두박에 비했을 때 더욱 낮다. 또한 동물의 체내에서도 어느 정도 합성이 가능하지만 최대의 능력을 수행하는 데는 불충분하여 고에너지 사료로 변천함에 따라 콜린의 요구량은 더욱더 증가되어야 한다.

비타민은 필수미량 유기화합물로서 생물이 살아가기 위해서는 반드시 필요한 영양소이다. 비타민은 주로 효소작용 및 조효소로 되어 단백질, 지방, 탄수화물 및 무기물대사에 관여한다. 어류의 비타민 요구량은 특정 비타민이 결핍된, 성분이 알려진 사료에 그 비타민의 함량을 달리하여 측정하게 된다. 일부 어류에 대한 요구량이 보고되었지만 종간 또는 종내에서도 요구량에 큰 차이를 나타낸다. 측정기준은 증체, 간 등 조직내 축적량을 이용하였는데 증체보다는 조직 함량에 기준을 둘 때 훨씬 요구량을 높게 측정하였음을 알 수 있다. 이외에도 어종, 체중, 성장률, 사료섭취량 및 섭취속도, 사료의 형태 및 성상, 사료의 조성 등에 따라 차이를 보일 수 있다. 콜린은 중요한 비타민의 일종으로서 그 기능을 수행한다. 콜린은 인지질 *lecithin*과 여러 복합지방의 중요한 구성요소로서 불안정한 메틸그룹의 공급원이며 아세틸콜린의 전구물질로서 지방대사에 관여한다. 또한 *phosphatidylcholine*은 생물세포막의 구성성분으로 지방의 운송을 촉진한다. 사료내 충분한 메틸기를 공급할 수 있는 메티오닌을 공급하였을 때 많은 동물들은 간에서 콜린 합성이 가능해진다. 하지만 어린 치어에 있어서 성장에 필요한 콜린의 생합성은 부족하여 사료내 콜린 첨가가 필수적이다(Wilson and Poe, 1988). 또한 세포조직의 형성 및 유지를 위한 필수물질인 콜린은 *lecithin*으로서 지방수송을 촉진하고 간 자체의 지방산 이용을 증진하므로써 지방의 비정상적인 축적을 방지하므로 콜린은 간에서의 지방

대사작용에 필수적인 역할을 한다. 이러한 기능 때문에 콜린을 항지방인자라고도 한다. 본 실험에서 콜린 합성 저해제로 2-amino-2-methyl-1-propanol을 사용하여 콜린 합성중의 메틸화를 억제하였다. 2-amino-2-methyl-1-propanol은 사료내 콜린 이용을 저해하며 사료에 첨가시 DL-메치오닌 요구량을 4-5배 증가 시켜야 한다는 보고가 있다. 이로하여 2-amino-2-methyl-1-propanol은 메치오닌에서 콜린 합성을 저해함을 알수있다. 그러나 해산어류의 콜린 요구량에 관한 연구는 많이 이루어지지 않았다. 그러므로, 본 연구는 국내 주요해산어종인 넙치와 조피볼락에 있어서 콜린 합성 저해제인 2-amino-2-methyl-1-propanol을 첨가하였을 때 콜린 요구량을 규명하는데 그 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

실험 1: 조피볼락에 있어서 콜린 요구량 결정을 위한 실험

1. 실험사료

실험에 사용된 기초사료의 조성표는 table 1에 나타내었다. 기초사료는 단백질원으로 카제인과 젤라틴을 사용하였으며, 탄수화물원으로는 덱스트린을, 지질원으로는 오징어간유를 첨가하였다. 기초사료의 콜린 농도는 0, 250, 500, 750, 1000, 2000 (C-I₀, C-I₂₅₀, C-I₅₀₀, C-I₇₅₀, C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀) mg cholinechloride/kg diet으로 억제물질인 2-amino-2-methyl-1-propanol을 첨가하였고 4개 실험사료는 콜린 농도를 0, 250, 500, 750 (C₀, C₂₅₀, C₅₀₀, C₇₅₀) mg choline-cl/kg diet으로 억제물질인 2-amino-2-methyl-1-propanol을 첨가하지 않았다. 실험사료별로 콜린의 첨가량에 따른 함량 차이는 cellulose로 조절하였다. 그리고 사료 섭취율을 높이기 위해 지질을 추출해 낸 탈지근육분을 5%씩 첨가하여 펠릿(직경:2mm)으로 성형하였다. 근육분의 탈지방법은 Kosutarak et al., (1995)의 방법에 따라 시료와 에탄올의 비례를 (1:2, w/v)로 하여 75-80°C에서 4회 이상 근육분에 포함된 지질을 제거하였으며, 이를 건조기에 넣어 80°C이하로 온도를 조절하여 건조시켰다. 사료 제조후 -80°C에 냉동 보관하였다.

2. 실험어 및 실험 디자인

실험어는 조피볼락(*Sebastes shlegeli*) 치어를 사용하였으며, 160 L

원형 수조에 25마리씩(평균무게: $7.27 \pm 0.04\text{g/마리}$) 수용하여 각 실험사료구당 3 반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 실험 기간동안 2L/min 으로 조절하였으며 각 수조당 에어 스톤을 설치하여 산소를 보충하였다. 실험기간동안 평균 수온은 $19 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 전 실험기간동안 자연수온에 의존하였다. 예비사육 기간은 4주간 실시하였으며, 예비사육 기간중 3주간은 상업사료를 공급하였고 나머지 1주간은 콜린이 결핍한 실험사료를 공급하였다. 일일 사료 공급량은 어체중의 2~4%(건물 기준) 기준으로 1일 2회(9:00, 16:00h) 공급하였다. 실험기간은 2002년 9월 27일부터 11월 23일까지 8주간 사육 실험 하였다.

3. 어체 측정

어체 측정은 2주 간격으로 실시하였으며, 성장률을 조사하기 위하여 24시간 절식시킨 후 MS 222 (100 ppm)에 실험어를 마취시켜 스트레스를 최소화하면서 각 수조의 실험어 전체 무게를 측정하였다. 실험 종료 후, 성장률(percent weight gain, %), 일간성장률(specific growth rate, %/day), 단백질전환효율(protein efficiency ratio), 사료 효율(feed efficiency, %), 간중량지수(hepatosomatic index), 비만도(condition factor) 및 생존율(survival rate, %)을 조사하였다. 간중량지수를 측정하기 위해 각 수조별로 3마리씩 간 무게를 측정하였다. 상기 측정항목들의 계산식은 다음과 같다.

$$\text{Wt. gain (\%)} = (\text{final wt.} - \text{initial wt.}) \times 100 / \text{initial wt.}$$

$$\text{Feed efficiency (\%)} = (\text{wet weight gain} / \text{dry feed intake}) \times 100$$

Specific growth rate (%/day) = $(\log_e \text{ final wt.} - \log_e \text{ initial wt.}) / \text{days}$

Protein efficiency ratio = $(\text{wet weight gain} / \text{protein intake})$

Hepatosomatic index = $(\text{liver weight} / \text{body weight}) \times 100$

Condition factor = $[\text{fish wt. (g)} / \text{fish length (cm)}^3] \times 100$

4. 분석 및 통계처리

1) 일반성분 분석

일반성분은 실험사료와 각 수조별로 5마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 분석하였으며, AOAC (1995)방법에 따라 수분은 상압가열건조법 (115℃, 4시간), 조단백은 Kjeldahl 질소 정량법 (N×6.25), 조회분은 직접회화법으로 각각 분석하였다. 조지방은 샘플을 24시간 동결 건조한 후, Soxtec system 1046 (Tacator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다.

2) 혈액 및 혈청성분 분석

실험종료 후, 성장률 조사와 함께 혈액성분 분석을 위하여 실험어를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식시켰다. 실험어를 각 수조당 3마리씩 무작위로 추출하여 일회용 주사기를 이용하여 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채혈한 후, micro-hematocrit 방법 (Brown, 1980)에 의해 그리고 hemoglobin의 측정에는 Drabkin 용액을 사용하여 cyan-methemoglobin 방법(Sigma Chemical, St. Louis MO; total hemoglobin procedure No. 525)으로 측정하였다. 혈청성분의 분석을 위하여 채혈한 혈액을 3,000rpm에서 15분간 원심분리하여 냉장보관하

여 분석하였다.

3) 콜린분석

콜린 분석은 Wells and Remy 방법에 따라 측정하였다. 간내 콜린 함량 분석을 위해 0.5-1.0g의 간을 폴로 취하여 50ml의 1% sodium acetate(PH 4.6)에 넣어 80°C에서 1시간 균질화하고 원심분리하여 lipid-bound choline과 free choline으로 분리한다. 침전물을 25ml PH가 4.6인 acetate buffer로 씻어주고 원심분리한다. 침전물을 chloroform/MeOH (2/1, v/v)lipid solvents로 씻어주어 잔여물을 버리고 용액을 취하여 2N의 Ba(OH)₂로 가수분해하여 lipid-bound choline이 분해된다. free choline은 0.5-1.0g의 간을 취해 50ml의 1% sodium acetate(PH 4.6)에 넣어 80°C에서 1시간 균질화하고 원심분리하여 얻은 상층액과 25ml acetate buffer로 씻어주고 원심분리하여 얻은 상층액과 모아 2Vol.의 acetone을 넣어 0°C에서 원심분리한다. 원심분리하여 얻은 상층액은 free choline이고 침전물은 25ml의 acetate buffer로 씻어 원심분리한 침전물과 함께 lipid-bound choline를 분석하는데 사용되었다(fig1). 콜린 농도를 측정하기 위해 0, 1mM, 2mM, 4mM, 6mM의 PH>7.0인 콜린 용액(PH는 2N의 NaOH 용액으로 조절)을 10ml씩 취하여 2.5 ml의 2%의 Amomnium reineckate (acetone에 용해)를 넣고 그 용액에 5ml의 증류수를 넣고 또 2.5ml의 2%의 reineckate salt를 넣어 충분히 혼합시켜준다. 혼합액을 원심분리하여 상층액은 버리고 침전만 취하여 5ml의 acetone에 넣어서 녹인다. 526nm 파장에서 spectrophotometer로 측정하여 standard curve 만든다(Fig. 2).

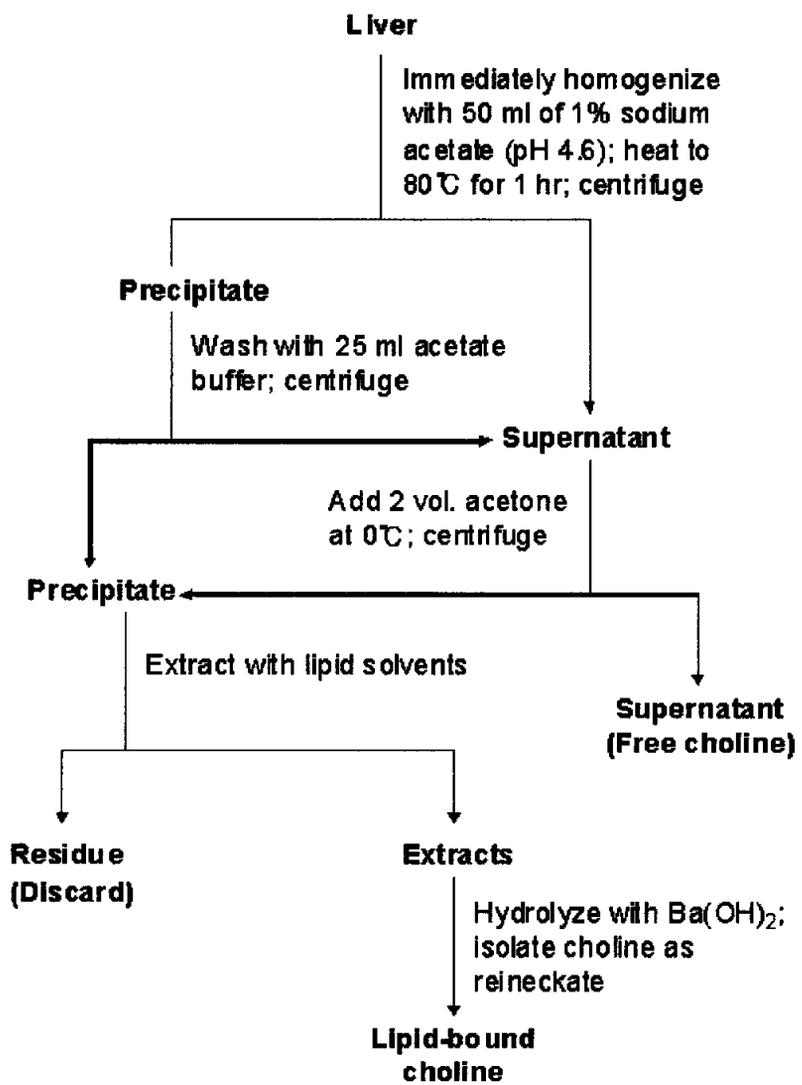


Fig. 1. Preparation of sample for choline determination

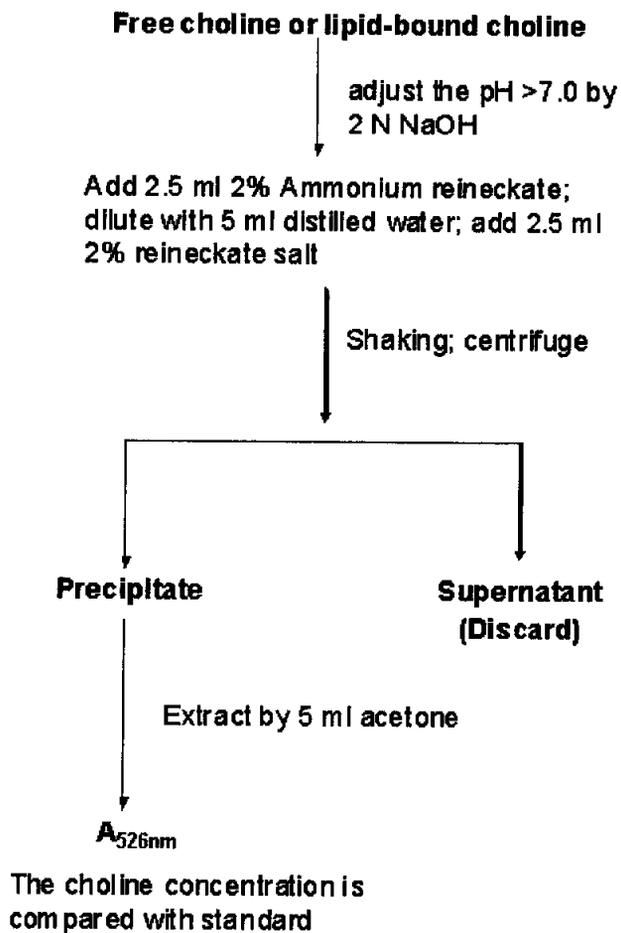


Fig. 2. Analysis chart of choline determination

4) 통계처리

통계처리는 Computer Program Statistix 3.1(Analytical Software, St. Paul MN. USA)로 분산분석(ANOVA test)을 실시하여 최소유의 차검정(LSD : Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성 ($P < 0.05$)을 검정하였다. 그리고 성장률을 지표로 broken-line model (Robbins, 1986)을 이용하여 측정하였다(SAS Procedure NLIN, 1985).

Table 1. Composition of the basal diet (dry matter basis)

| Ingredient | % |
|---|------|
| Casein, vitamin free ¹ | 35.0 |
| Gelatin ¹ | 6.0 |
| Rock fish muscle(defatted) ² | 5.0 |
| Dextrin ¹ | 32.1 |
| Squid liver oil ¹ | 11.0 |
| Vitamin premix(choline free) ³ | 3.0 |
| Mineral premix ⁴ | 3.0 |
| Attractant | 0.6 |
| Inhibitor ⁵ | 0.3 |
| Cellulose ¹ | 2.0 |
| Total | 100 |

¹ United States Biochemical, Cleveland, Ohio 44122

² Kum Sung Feed Co., Ltd., Pusan, Korea

³ Contains (as g/100g premix) : dl-calcium pantothenate, 0.5; inositol, 0.5; menadione, 0.02; niacin, 0.5; pyridoxine-HCl, 0.05; fiboflavin, 0.1; thiamine mononitrate, 0.05; L-ascorbic acid, 0.05; retinyl acetate, 0.02; biotin, 0.005; folic acid, 0.018; B12, 0.0002; cholecalciferol, 0.008; alph-cellulose, 98.18.

⁴ Contains (as mg/kg diet) : Al, 1.2; Ca, 5000; Cl, 100; Cu, 5.1; Co, 9.9; Na, 1280; Mg, 520; P, 5000; K, 4300; Zn, 27; Fe, 40.2; I, 4.6; Se, 0.2; Mn, 9.1.

⁵ 2-amino-2-methyl-1-propanol

실험 2 : 넙치에 있어서 콜린 요구량 결정을 위한 실험

1. 실험사료

실험에 사용된 기초사료의 조성표는 table 2에 나타내었다. 실험사료는 단백질원으로 카제인과 젤라틴을 사용하였으며, 탄수화물원으로는 덱스트린을, 지질원으로는 오징어간유를 첨가하였다. 실험사료의 콜린 농도는 0, 250, 500, 750, 1000, 2000, 3000 (C-I₀, C-I₂₅₀, C-I₅₀₀, C-I₇₅₀, C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀, C-I₃₀₀₀) mg cholinechloride/kg diet으로 억제물질인 2-amino-2-methyl-1-propanol을 첨가하였다. 실험사료별로 콜린의 첨가량에 따른 함량 차이는 cellulose로 조절하였다. 그리고 사료섭취율을 높이기 위해 지질을 추출해 낸 탈지근육분을 5%씩 첨가하여 펠렛(직경:2mm)으로 성형하였다. 근육분의 탈지방법은 Kosutarak et al., (1995)의 방법에 따라 시료와 에탄올의 비례를 (1:2, w/v)로 하여 75-80℃에서 4회 이상 근육분에 포함된 지질을 제거하였으며, 이를 건조기에 넣어 80℃이하로 온도를 조절하여 건조시켰다. 사료 제조후 -80℃에 냉동 보관하였다.

2. 실험어 및 실험 디자인

실험어는 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 치어를 사용하였으며, 60 L 장방형 수조에 25마리씩(평균무게: 5.9±0.03g/마리) 수용하여 각 실험사료구당 3 반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 실험 기간동안 2L/min 으로 조절하였으며 각 수조당 에어스톤을 설치하여 산소를 보충하였다. 실험기간동안 평균 수온은 15±1℃로 전 실험기간동안 자연수온에 의존하였다. 예비사육 기간은 4주

간 실시하였으며, 예비사육 기간중 3주간은 상업사료를 공급하였고 나머지 1주간은 콜린이 결핍한 실험사료를 공급하였다. 일일 사료 공급량은 어체중의 2~4%(건물 기준) 기준으로 1일 2회(9:00, 16:00h) 공급하였다. 실험기간은 2002년 9월 31일부터 11월 31일까지 8주간 사육실험 하였다.

3. 어체 측정

실험 1과 동일한 방법으로 실시하였다.

4. 분석 및 통계처리

1) 일반성분 분석

실험 1과 동일한 방법으로 실시하였다.

2) 혈액 및 혈청성분 분석

실험 1과 동일한 방법으로 실시하였다.

3) 콜린 분석

실험 1과 동일한 방법으로 실시하였다.

4) 통계처리

실험 1과 동일한 방법으로 실시하였다.

Table 2. Composition of the basal diet (dry matter basis)

| Ingredient | % |
|---|------|
| Casein, vitamin free ¹ | 35.0 |
| Gelatin ¹ | 6.0 |
| flounder fish muscle(defatted) ² | 7.0 |
| Dextrin ¹ | 32.1 |
| Squid liver oil ¹ | 11.0 |
| Vitamin premix(choline free) ³ | 3.0 |
| Mineral premix ⁴ | 3.0 |
| Attractant | 0.6 |
| Inhibitor ⁵ | 0.3 |
| Cellulose ¹ | 2.0 |
| Total | 100 |

¹ United States Biochemical, Cleveland, Ohio 44122

² Kum Sung Feed Co., Ltd., Pusan, Korea

³ Contains (as g/100g premix) : dl-calcium pantothenate, 0.5; inositol, 0.5; menadione, 0.02; niacin, 0.5; pyridoxine-HCl, 0.05; fiboflavin, 0.1; thiamine mononitrate, 0.05; L-ascorbic acid, 0.05; retinyl acetate, 0.02; biotin, 0.005; folic acid, 0.018; B12, 0.0002; cholecalciferol, 0.008; alph-cellulose, 98.18.

⁴ Contains (as mg/kg diet) : Al, 1.2; Ca, 5000; Cl, 100; Cu, 5.1; Co, 9.9; Na, 1280; Mg, 520; P, 5000; K, 4300; Zn, 27; Fe, 40.2; I, 4.6; Se, 0.2; Mn, 9.1.

⁵ 2-amino-2-methyl-1-propanol

Ⅲ. 결 과

실험 1: 조피블락의 콜린 요구량 결정을 위한 실험

8주간의 실험결과는 table 3, 4, 5와 Fig. 3, 4, 5에 나타내었다. 성장률(%)에 있어서 C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀, C₅₀₀ 와 C₇₅₀ 공급구는 C-I₀, C-I₂₅₀, C-I₅₀₀, C-I₇₅₀, C₀ 와 C₂₅₀ 공급구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$) C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀, C₅₀₀ 와 C₇₅₀ 공급구 사이에는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 사료전환효율(%), 일간성장율(%/day), 단백질전환효율(%)에 있어서 C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀, C₅₀₀ 와 C₇₅₀ 공급구는 C-I₀, C-I₂₅₀, C-I₅₀₀, C-I₇₅₀, C₀ 와 C₂₅₀ 공급구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$) C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀, C₅₀₀ 와 C₇₅₀ 공급구 사이에는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 생존율에 있어서 C-I₀ 공급구가 다른 실험구에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며($P < 0.05$) 다른 실험구 사이에는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

전어체 분석결과 단백질에 있어서 C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀, C₅₀₀, C₇₅₀ 실험구는 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$) 지방에 있어서 C-I₇₅₀, C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀, C₂₅₀, C₅₀₀ 와 C₇₅₀ 실험구가 다른 실험구에 비해서 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$). 회분과 수분에 있어서는 C-I₀ 구는 다른 실험구에 비해서 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$).

혈장분석결과 혈장 지방함량에 있어서 C₀, C₂₅₀, C₅₀₀ 와 C₇₅₀ 실험구가 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$) 콜레

스테롤(Cholesterol)에 있어서 C₇₅₀ 실험구가 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났고(P < 0.05) 혈장내 트리글리세라이드(Triglyceride)에 있어서는 C₂₅₀, C₅₀₀ 와 C₇₅₀ 실험구가 다른실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며(P < 0.05) 혈장내 콜레스테롤 에스테르(Cholesterol estel)에 있어서 C-I₇₅₀ 와 C-I₁₀₀₀ 실험구는 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났다(P < 0.05).

Table 3. Growth performance of Korean rockfish fed the experimental diets for 8 weeks¹

| Diets | WG(%) ² | FE(%) ³ | SGR(%) ⁴ | PER(%) ⁵ | HSI(%) ⁶ | CF(%) ⁷ | Survival |
|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|------------------|
| C-I ₀ | 73 ^e | 0.38 ^f | 1.05 ^e | 0.80 ^e | 2.46 | 1.44 | 91 ^b |
| C-I ₂₅₀ | 101 ^d | 0.48 ^e | 1.35 ^d | 1.01 ^d | 2.76 | 1.48 | 100 ^a |
| C-I ₅₀₀ | 124 ^c | 0.54 ^{de} | 1.55 ^c | 1.14 ^c | 3.01 | 1.52 | 100 ^a |
| C-I ₇₅₀ | 138 ^{bc} | 0.56 ^{cd} | 1.67 ^{bc} | 1.18 ^{bc} | 3.10 | 1.53 | 97 ^{ab} |
| C-I ₁₀₀₀ | 168 ^a | 0.63 ^a | 1.90 ^a | 1.33 ^a | 3.59 | 1.58 | 100 ^a |
| C-I ₂₀₀₀ | 178 ^a | 0.61 ^{abc} | 1.97 ^a | 1.29 ^{ab} | 3.46 | 1.56 | 100 ^a |
| C ₀ | 130 ^c | 0.53 ^{de} | 1.60 ^c | 1.13 ^c | 3.30 | 1.48 | 97 ^{ab} |
| C ₂₅₀ | 151 ^b | 0.57 ^{bcd} | 1.77 ^b | 1.21 ^{bc} | 3.65 | 1.51 | 100 ^a |
| C ₅₀₀ | 171 ^a | 0.62 ^{ab} | 1.92 ^a | 1.32 ^a | 3.77 | 1.54 | 97 ^{ab} |
| C ₇₅₀ | 180 ^a | 0.64 ^a | 1.98 ^a | 1.35 ^a | 3.77 | 1.57 | 100 ^a |

¹ Values are means from triplicate groups of fish where the means in each column with a different superscript are significantly different (P<0.05)

² Weight gain % : (final weight - initial weight) × 100 / initial weight.

³ Specific growth rate (%/day) = (log_e final wt. - log_e initial wt.) / days

⁴ Feed efficiency % : increase in biomass of fish × 100 / feed intake.

⁵ Protein efficiency ratio % : (wet weight gain / protein intake) × 100

⁶ Hepatosomatic index : (liver weight / body weight) × 100.

⁷ Condition factor : [fish wt. (g) / fish length (cm)³] × 100.

Table 4. Proximate composition (%) of the whole body of Korean rockfish fed the experimental diets for 8 weeks¹

| Diets | Moisture | Crude protein | Crude lipid | Ash | liver lipid | muscle choline |
|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| C-I ₀ | 73.7 ^a | 15.7 ^e | 5.7 ^d | 6.5 ^a | 34.4 ^f | 156 ^h |
| C-I ₂₅₀ | 71.6 ^{bc} | 16.5 ^d | 6.0 ^c | 6.2 ^b | 39.0 ^e | 346 ^g |
| C-I ₅₀₀ | 71.5 ^{bcd} | 17.1 ^c | 6.1 ^{bc} | 6.1 ^b | 41.2 ^e | 732 ^f |
| C-I ₇₅₀ | 70.7 ^{cde} | 17.4 ^c | 6.4 ^a | 5.9 ^c | 47.3 ^d | 1321 ^d |
| C-I ₁₀₀₀ | 69.5 ^{fg} | 18.2 ^a | 6.5 ^a | 5.6 ^d | 50.8 ^c | 1888 ^c |
| C-I ₂₀₀₀ | 68.7 ^g | 18.3 ^a | 6.5 ^a | 5.5 ^d | 50.6 ^c | 2305 ^b |
| C ₀ | 72.5 ^a | 17.2 ^c | 6.2 ^b | 5.5 ^{de} | 50.0 ^c | 919 ^e |
| C ₂₅₀ | 70.6 ^{de} | 17.7 ^b | 6.4 ^a | 5.4 ^{de} | 53.9 ^b | 1416 ^d |
| C ₅₀₀ | 70.3 ^{ef} | 18.4 ^a | 6.5 ^a | 5.2 ^f | 56.3 ^{ab} | 1855 ^c |
| C ₇₅₀ | 69.2 ^g | 18.5 ^a | 6.6 ^a | 5.2 ^f | 57.5 ^a | 2614 ^a |

¹ Values are means from triplicate groups of fish where the means in each column with a different superscript are significantly different (P<0.05)

Table 5. Concentrations of cholesterol esters (CE), triglycerides (TG), cholesterol (CHOL) and total lipid in plasma of juvenile korean rockfish fed the experimental diets for 8 weeks¹

| Diets | CE ² | TG ³ | CHOL ⁴ | T.L ⁵ |
|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| mg/kg | mg/dL | | | |
| C-I ₀ | 31.5 ^{cd} | 96 ^g | 100 ^d | 428 ^d |
| C-I ₂₅₀ | 35.0 ^{bcd} | 114 ^f | 109 ^{cd} | 476 ^d |
| C-I ₅₀₀ | 38.0 ^{ab} | 121 ^f | 117 ^{bc} | 494 ^{cd} |
| C-I ₇₅₀ | 41.0 ^a | 134 ^e | 122 ^{bc} | 502 ^{cd} |
| C-I ₁₀₀₀ | 41.7 ^a | 150 ^d | 129 ^{ab} | 587 ^b |
| C-I ₂₀₀₀ | 30.5 ^c | 171 ^c | 107 ^{cd} | 567 ^{bc} |
| C ₀ | 32.3 ^{bcd} | 211 ^b | 118 ^{bc} | 645 ^{ab} |
| C ₂₅₀ | 34.0 ^{bcd} | 247 ^a | 127 ^{ab} | 698 ^a |
| C ₅₀₀ | 36.7 ^{abc} | 256 ^a | 129 ^{ab} | 714 ^a |
| C ₇₅₀ | 37.3 ^{ab} | 250 ^a | 141 ^a | 719 ^a |

¹ Values are means from triplicate groups of fish where the means in each column with a different superscript are significantly different (P<0.05)

² CE : cholesterol esters

³ TG : triglycerides

⁴ CHOL : cholesterol

⁵ T.L : Total Lipid

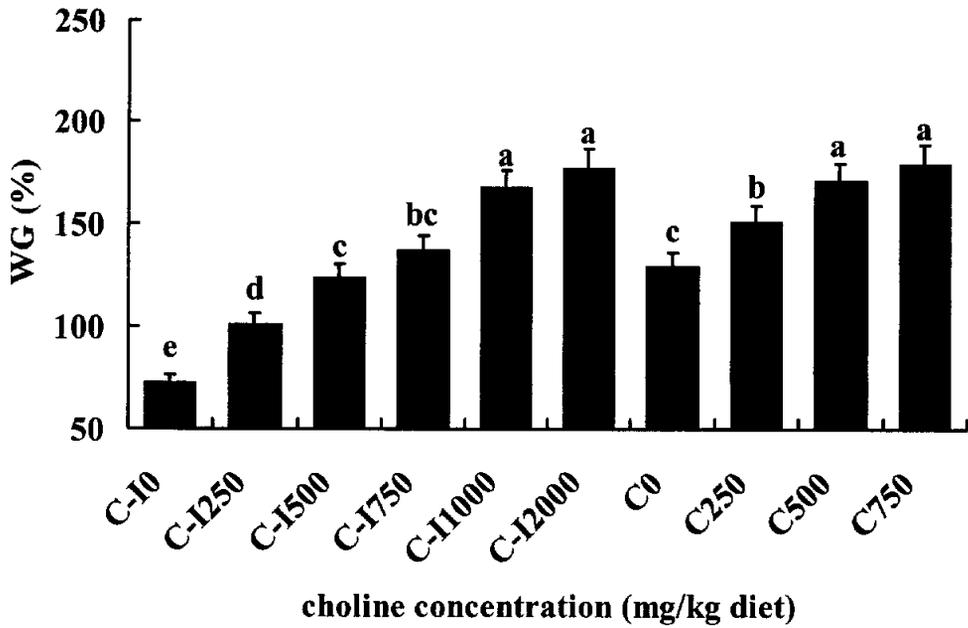


Fig. 3. Weight gain (WG, %) of Korean rockfish fed six different levels of dietary choline with inhibitor and four others without inhibitor for 8 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript are significantly different ($P < 0.05$).

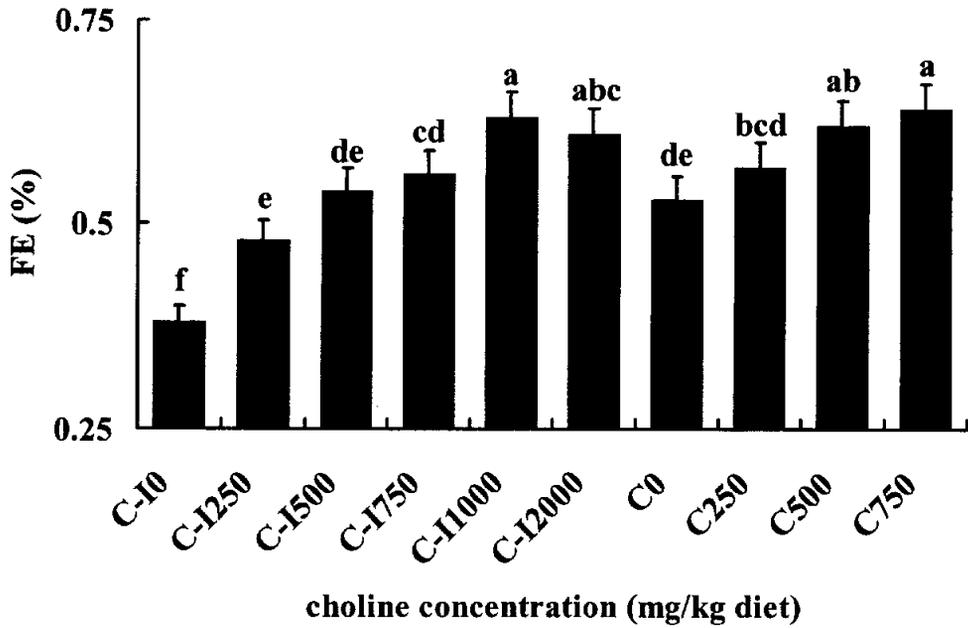


Fig. 4. Feed efficiency (FE, %) of Korean rockfish fed six different levels of dietary choline with inhibitor and four others without inhibitor for 8 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript are significantly different ($P < 0.05$).

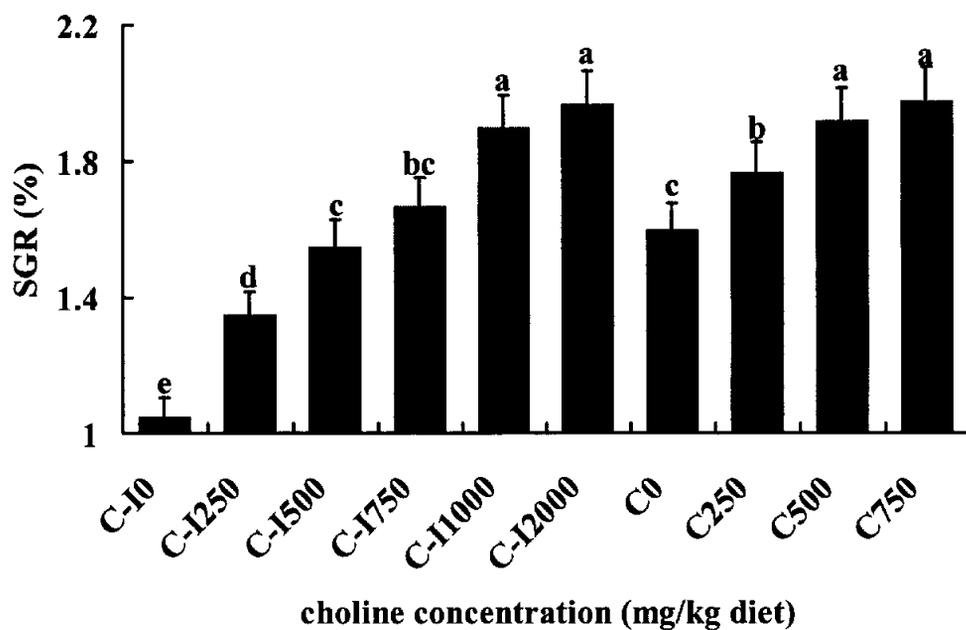


Fig. 5. Specific growth rate(SGR, %) of Korean rockfish fed six different levels of dietary choline with inhibitor and four others without inhibitor for 8 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript are significantly different ($P < 0.05$).

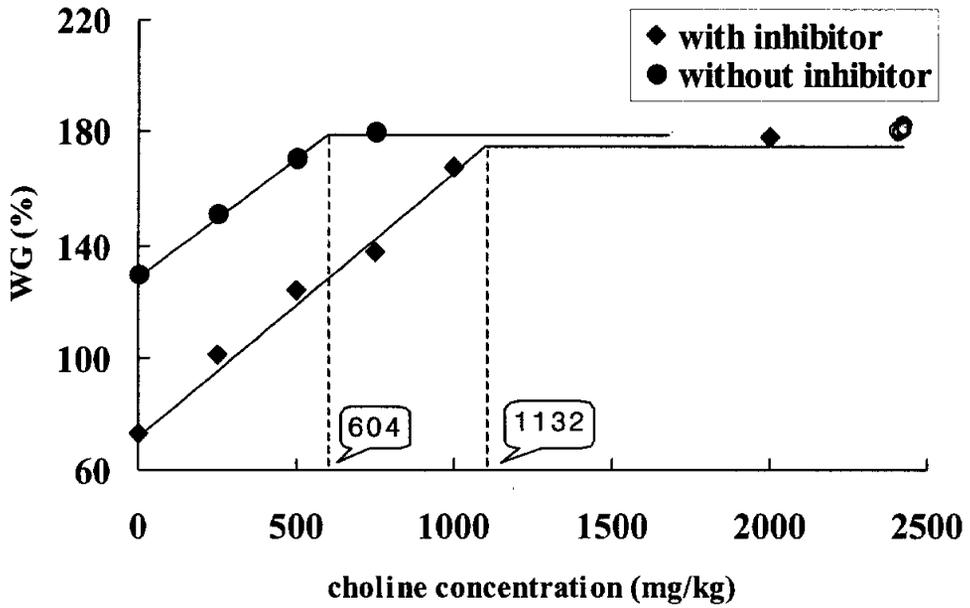


Fig. 6. Broken line analysis of weight gain (%) in Korean rockfish fed different levels of dietary choline for 8 weeks.

실험 2: 넙치의 콜린 요구량 결정을 위한 실험

8주간의 실험결과는 table 6, 7, 8와 Fig. 6, 7, 8에 나타내었다. 중중율(%)에 있어서 C-I₁₀₀₀ 공급구는 다른 공급구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$), C-I₇₅₀, C-I₁₀₀₀ 와 C-I₂₀₀₀ 공급구 사이에는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 사료전환효율(%)에 있어서 C-I₇₅₀, C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀ 와 C-I₃₀₀₀ 공급구는 다른 실험구에 비해서 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$), 일간성장율(%/day)에 있어서 C-I₇₅₀, C-I₁₀₀₀ 와 C-I₂₀₀₀ 공급구는 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$). 단백질전환효율(%)에 있어서도 C-I₇₅₀, C-I₁₀₀₀ 와 C-I₃₀₀₀ 공급구는 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$), C-I₇₅₀, C-I₁₀₀₀ 와 C-I₃₀₀₀ 공급구 사이에는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 생존율에 있어서 C-I₀ 와 C-I₂₅₀ 공급구가 다른 실험구에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며($P < 0.05$).

전어체 분석결과 단백질함량에 있어서 C-I₇₅₀, C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀ 와 C-I₃₀₀₀ 실험구는 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$), 지방함량에 있어서 C-I₇₅₀, C-I₁₀₀₀ 와 C-I₃₀₀₀ 실험구가 다른 실험구에 비해서 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$). 회분함량과 수분함량에 있어서는 C-I₀ 구는 다른 실험구에 비해서 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$).

혈장분석결과 혈장내 지방함량에 있어서 C-I₂₀₀₀ 실험구가 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$) 혈장내 콜레스테롤(Cholesterol)에 있어서 C-I₅₀₀, C-I₇₅₀, C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀ 와 C-I₃₀₀₀ 실험구는 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났고($P < 0.05$) 혈장내 트

리글리세라이드(Triglyceride)에 있어서는 C-I₁₀₀₀ 실험구가 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$) 혈장내 콜레스테롤 에스테르(Cholesterol ester)에 있어서 C-I₁₀₀₀ 실험구가 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$).

Table 6. Growth performance of olive flounder fed the experimental diets for 8 weeks¹

| Diets | WG(%) ² | FE(%) ³ | SGR(%) ⁴ | PER(%) ⁵ | HSI(%) ⁶ | CF(%) ⁷ | Survival |
|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| C-I ₀ | 113.9 ^e | 0.40 ^c | 1.46 ^c | 1.84 ^d | 1.97 | 1.00 | 84.0 ^c |
| C-I ₂₅₀ | 157.6 ^d | 0.49 ^b | 1.82 ^d | 2.14 ^c | 2.12 | 1.07 | 92.0 ^b |
| C-I ₅₀₀ | 197.8 ^c | 0.54 ^b | 2.10 ^c | 2.40 ^c | 2.37 | 1.10 | 96.0 ^{ab} |
| C-I ₇₅₀ | 235.0 ^{ab} | 0.64 ^a | 2.32 ^{ab} | 3.11 ^a | 2.48 | 1.16 | 98.7 ^a |
| C-I ₁₀₀₀ | 249.3 ^a | 0.65 ^a | 2.41 ^a | 2.97 ^{ab} | 2.55 | 1.21 | 94.7 ^{ab} |
| C-I ₂₀₀₀ | 239.5 ^{ab} | 0.61 ^a | 2.35 ^{ab} | 2.76 ^b | 2.52 | 1.21 | 93.3 ^{ab} |
| C-I ₃₀₀₀ | 226.3 ^b | 0.61 ^a | 2.27 ^b | 2.86 ^{ab} | 2.49 | 1.18 | 97.3 ^{ab} |

¹ Values are means from triplicate groups of fish where the means in each column with a different superscript are significantly different (P<0.05)

² Weight gain % : (final weight - initial weight) × 100 / initial weight.

³ Specific growth rate (%/day) = (log_e final wt. - log_e initial wt.) / days

⁴ Feed efficiency % : increase in biomass of fish × 100 / feed intake.

⁵ Protein efficiency ratio % : (wet weight gain / protein intake) × 100

⁶ Hepatosomatic index : (liver weight / body weight) × 100.

⁷ Condition factor : [fish wt. (g) / fish length (cm)³] × 100.

Table 7. Proximate composition (%) of the whole body of olive flounder fed the experimental diets for 8 weeks¹

| Diets | Moisture | Crude protein | Crude lipid | Ash | liver lipid |
|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| C-I ₀ | 77.0 ^a | 15.3 ^c | 2.40 ^d | 4.88 ^a | 23.4 ^c |
| C-I ₂₅₀ | 76.7 ^a | 15.8 ^b | 2.64 ^d | 4.55 ^b | 29.0 ^b |
| C-I ₅₀₀ | 76.0 ^{ab} | 16.3 ^b | 2.98 ^c | 4.32 ^{bc} | 30.8 ^b |
| C-I ₇₅₀ | 75.6 ^b | 17.0 ^a | 3.36 ^{ab} | 4.18 ^d | 28.7 ^b |
| C-I ₁₀₀₀ | 75.2 ^b | 17.2 ^a | 3.60 ^a | 4.06 ^d | 33.9 ^b |
| C-I ₂₀₀₀ | 75.2 ^b | 16.9 ^a | 3.26 ^{bc} | 4.27 ^{cd} | 37.9 ^a |
| C-I ₃₀₀₀ | 75.2 ^b | 16.9 ^a | 3.33 ^{ab} | 4.26 ^{cd} | 41.7 ^a |

¹ Values are means from triplicate groups of fish where the means in each column with a different superscript are significantly different (P<0.05)

Table 8. Concentrations of cholesterol esters (CE), triglycerides (TG), cholesterol (CHOL) and total lipid in plasma of juvenile olive flounder fed the experimental diets for 8 weeks¹

| Diets | CE ² | TG ³ | CHOL ⁴ | T.L ⁵ |
|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| mg/kg | | mg/dL | | |
| C-I ₀ | 12.3 ^e | 357 ^e | 89 ^c | 343 ^f |
| C-I ₂₅₀ | 19.0 ^{de} | 438 ^d | 118 ^b | 644 ^e |
| C-I ₅₀₀ | 22.0 ^d | 557 ^c | 144 ^a | 694 ^d |
| C-I ₇₅₀ | 43.7 ^c | 579 ^c | 151 ^a | 712 ^d |
| C-I ₁₀₀₀ | 63.3 ^a | 720 ^a | 165 ^a | 854 ^c |
| C-I ₂₀₀₀ | 59.7 ^{ab} | 675 ^{ab} | 149 ^a | 1268 ^a |
| C-I ₃₀₀₀ | 52.0 ^{bc} | 626 ^{bc} | 147 ^a | 1116 ^b |

¹ Values are means from triplicate groups of fish where the means in each column with a different superscript are significantly different (P<0.05)

² CE : cholesterol esters

³ TG : triglycerides

⁴ CHOL : cholesterol

⁵ T.L : Total Lipid

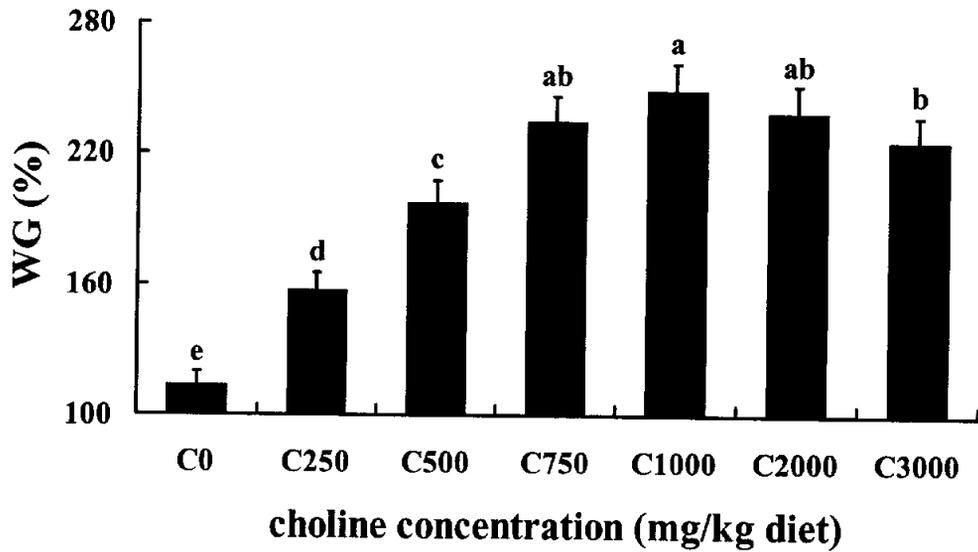


Fig. 6. Weight gain (WG, %) of olive flounder fed seven different levels of dietary choline with inhibitor for 8 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript are significantly different ($P < 0.05$).

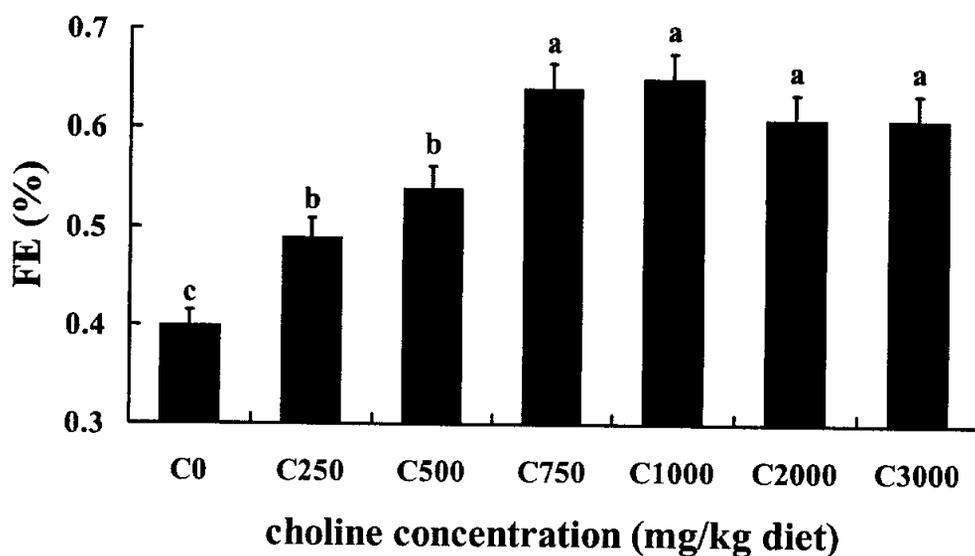


Fig. 7. Feed efficiency (FE, %) of olive flounder fed seven different levels of dietary choline with inhibitor for 8 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript are significantly different ($P < 0.05$).

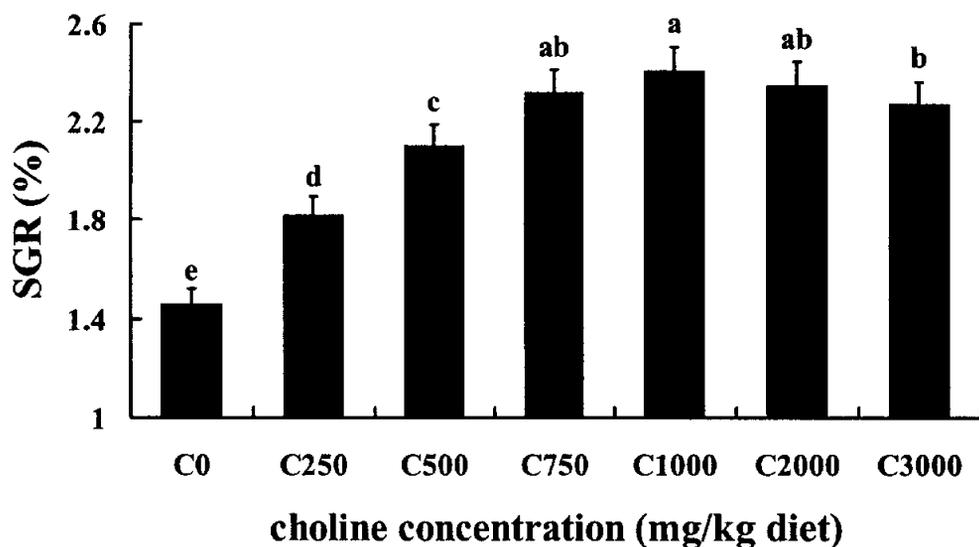


Fig. 8. Specific growth rate(SGR, %) of olive flounder fed seven different levels of dietary choline with inhibitor for 8 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript are significantly different ($P < 0.05$).

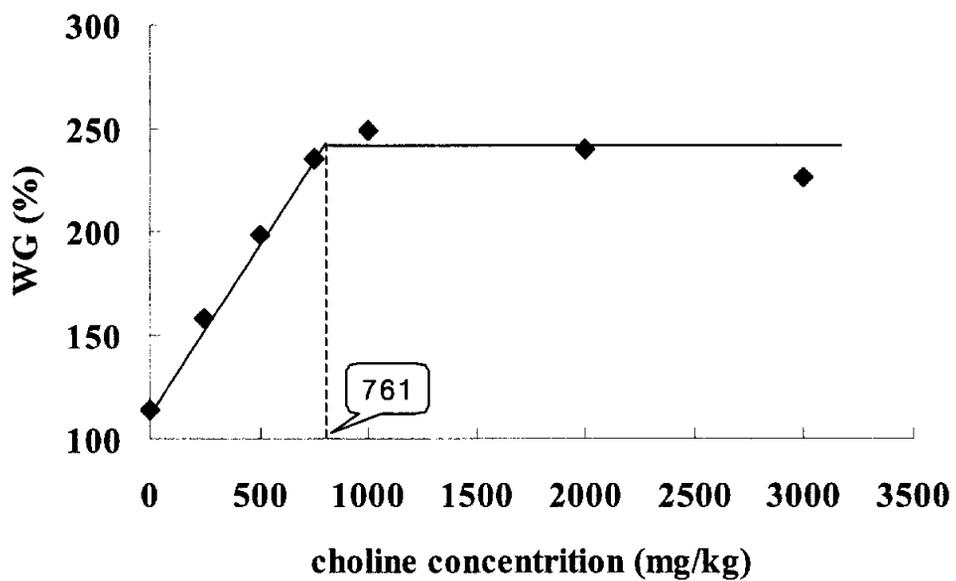


Fig. 9. Broken line analysis of weight gain (%) in olive flounder fed different levels of dietary choline for 8 weeks.

IV. 논 의

치어기 넙치 및 조피볼락에 있어서 카제인 정제사료를 먹었을 때 사료내 콜린 첨가가 필요하다. 이는 치어기 잡종 틸라피아에(Shiyen and Penshan 1999) 있어서 카제인 기초사료를 먹었을 때 사료내 콜린 첨가가 필요하다는 보고와 일치하였으며 쥐에 있어서 콜린 결핍사료를 공급하였을 때 혈장내 토탈 지방함량을 낮았다. 이는 아마도 콜린 함유 인지질의 합성 변화로 인한 것이다(Lombardi 1971). 본 연구에서 넙치 및 조피볼락에서 비슷한 경향을 나타내었다. 콜린 농도는 혈장중에 있는 콜레스테롤, 인지질 및 트리글리세라이드에 영향을 주었으며 요구량에 도달하기 전에는 증가하다가 요구량에 도달하면 감소하는 추세를 보였으며 인지질은 막의 형성과 간내 지단백질의 합성에 있어서 중요한 역할을 한다. 콜린이 결핍한 사료를 공급하였을 때 혈장내 인지질의 농도는 감소하여 세포막 형성이 저해 받아 성장률은 떨어진다. 차넬메기 사료에 콜린을 요구량 이상으로 공급하였을 때 간내 지질농도는 낮게 나타났으며 (Wilson and Poe 1988), laketrout(Ketola 1976)와 잡종 줄무늬 농어 (Griffin et al. 1994)에서 같은 결과를 나타냈다. 그러나 홍민어에서는 간내지질함량이 높게 나타났으며(Craig and Gatlin 1996), 무지개송어에서는 간내지질 농도와 사료내 콜린농도 사이에 상호관계가 없다는 보고가 있다(Rumsey 1991). 또한 사료내 콜린 증가는 넙치와 조피볼락의 전어체 조성에 민감하다. 콜린 첨가 수준이 증가함에 따라 지방 함량의 증가 및 회분함량의 감소가 관찰되었으며 단백질함량도 증가하는 추세를 보였다. 단백질함량의 증가는 yellow perch(Twibell and Brown), 대서양연어 (Poston 1990) 와 무지개송어(Poston 1991c)에서 보고된바와는 반대된다.

지금까지 여러 어종에서 콜린 요구량에 관한 연구가 이루어졌다. 초기 무게가 5.0g의 lake trout에 있어서 콜린 요구량은 1000 mg/kg diet (Ketola 1976), 5.6g의 차넬메기에 있어서 콜린 요구량은 400 mg/kg diet (Wilson and Poe 1988), 34.1g의 white 철갑상어에 있어서 콜린 요구량은 1700 - 3200 mg/kg diet (Hung 1989), 10.5g의 줄무늬 농어에 있어서 콜린 요구량은 500 mg/kg diet (Griffin et al. 1994), 5.5g의 홍민어에 있어서 콜린 요구량은 590 mg/kg diet (Graig and Gatlin 1996), 4.0g의 무지개송어에 있어서 콜린 요구량은 4000 mg/kg diet (Rumsey 1991), 0.62g의 잡종 틸라피아에 있어서 콜린 요구량은 900 - 1000 mg/kg diet (Shiyen and Penshan 1999), 16g의 yellow perch에 있어서 콜린 요구량은 598 - 634 mg/kg diet (Twibell and Brown 1999). 이와 같이 초기무게와 어종이 다름에 따라 콜린 요구량도 변화한다. 치어는 성어보다 콜린 변화에 민감하다. 동일 어종이라도 초기무게가 다름에 따라 요구량도 변화한다.

척추동물에 있어서 베타인은 콜린의 산화물이다. 그러나 콜린의 생합성은 베타인으로부터 합성 할수 있다는 증거는 없다. 틸라피아에 있어서 베타인은 콜린을 100% 대체가능하며 송어에서는 50% 대체가능하다 (Rumsey 1991)는 보고가 있다. 베타인은 효소작용을 거쳐 메치오닌으로 합성하여 필요한 콜린 요구량에 기부한다. 또한 메치오닌이 요구량을 만족할 때 성장에 대한 최대 콜린 요구량을 나타냈다. 황화아미노산 함량이 요구량을 초과하지 않을 때 사료에 콜린첨가 필요하다. 아미노산과의 상호관계에 대해서도 많은 연구가 진행되었다. 어린 고양이에 있어서 메치오닌을 초과 첨가시 콜린에 대한 요구가 감소하였다(Anderson et. al. 1979). 영계에 있어서 메치오닌은 적은 량의 콜린 요구량을 대체할수 있

으며(Baker et al. 1982) 콜린을 적은량으로 초과 첨가시에는 닭의 메치오닌 요구량을 줄일수 있다(Baker et al. 1982). 본 연구에서 사용된 2-amino-2-methyl-1-propanol은 콜린합성중 메틸화를 억제한다(Rumsey 1991). 억제물을 첨가하지 않았을 때 콜린의 생합성은 관찰되었으며 콜린이 요구량에 미치지 전까지는 콜린이 증가함에 따라 증체율, 사료효율은 증가하였으며 요구량에 도달하면 일정하게 나타났다.

앞으로 더 많은 해산어류에서 콜린 요구량 연구가 이루어지고 조피볼락과 넙치에서 더 많은 비타민 요구량 실험이 이루어 졌으면 하는 바람입니다.

V. 요약

이 논문은 치어기 넙치, 조피볼락에 있어서 영양학적이고 생화학적 인 평가를 통해 사료내 적정 콜린 요구량을 규명하고자 실시하였다. 따라서, 상기 결과를 토대로 사료내 콜린 요구량에 도달하기 전까지는 사료내 콜린 함량이 증가함에 따라 증체율도 증가하는 추세를 보였으며 요구량에 도달하면 일정하게 나타났다. 따라서, 상기 결과를 토대로 broken-line 분석법에 의한 조피볼락의 콜린 요구량은 1132 ± 68 mg choline chloride/kg diet, 넙치의 콜린 요구량은 761 ± 53 mg choline chloride/kg diet으로 평가되었다.

실험 1: 조피볼락의 콜린 요구량 결정을 위한 실험

이 연구는 치어기 조피볼락에 있어서 사료내 콜린 요구량을 결정하고자 실시하였다. 실험어류는 평균무게가 7.27 ± 0.04 g인 넙치 치어를 사용하였으며, 10개 실험구로 나누어 3 반복으로 콜린 농도를 달리한 정제실험사료를 공급하였다. 4주간의 예비사육(상업사료공급)과 8주간의 주사육 실험을 실시하였으며, 실험사료의 콜린 농도는 0, 250, 500, 750, 1000, 2000 mg choline-cl/kg diet으로 억제물질인 inhibitor을 첨가하였고 4개 실험사료는 콜린 농도를 0, 250, 500, 750 mg choline-cl/kg diet으로 억제물질인 inhibitor을 첨가하지 않았다(C-I₀, C-I₂₅₀, C-I₅₀₀, C-I₇₅₀, C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀, C₀, C₂₅₀, C₅₀₀, C₇₅₀).

증체율에 있어서 C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀, C₅₀₀, C₇₅₀을 공급한 실험구는 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며 ($P < 0.05$), C-I₁₀₀₀, C-I₂₀₀₀, C₅₀₀ 와 C₇₅₀을 공급한 실험구 사이에는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 사료효율에 있어서 C-I₁₀₀₀ 와 C₇₅₀을 공급한 실험구는 다

른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05$).

상기 결과를 토대로, broken line analysis에 의해 증체율을 지표로 추정된 조피볼락의 최대 성장을 위한 사료내 choline 요구량은 1132 ± 68 mg choline chloride/kg diet으로 나타났다.

실험 2: 넙치의 콜린 요구량 결정을 위한 실험

이 연구는 치어기 넙치에 있어서 사료내 콜린 요구량을 결정하고자 실시하였다. 실험어류는 평균무게가 5.9 ± 0.03 g인 넙치 치어를 사용하였으며, 7개 실험구로 나누어 3 반복으로 콜린 첨가 농도를 달리한 7개의 정제실험사료를 공급하였다. 4주간의 예비사육(상업사료공급)과 8 주간의 주사육 실험을 실시하였으며, 7가지 실험사료의 콜린 농도는 다음과 같다. 0, 250, 500, 750, 1000, 2000 와 3000 mg choline chloride/kg diet (C_0 , C_{250} , C_{500} , C_{750} , C_{1000} , C_{2000} 와 C_{3000}).

증체율에 있어서 C_{1000} 을 공급한 실험구는 C_0 , C_{250} , C_{500} 와 C_{3000} 을 공급한 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며 ($P<0.05$), C_{750} , C_{2000} 을 공급한 실험구에 비해서는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 사료효율에 있어서 C_{750} , C_{1000} , C_{2000} 와 C_{3000} 을 공급한 실험구는 C_0 , C_{250} , C_{500} 을 공급한 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며 ($P<0.05$), C_{750} , C_{1000} , C_{2000} 와 C_{3000} 을 공급한 실험구 사이에는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$).

상기 결과를 토대로, broken line analysis에 의해 증체율을 지표로 추정된 넙치 최대 성장을 위한 사료내 choline 요구량은 761 ± 53 mg choline chloride/kg diet으로 나타났다.

VI. 감사의 글

부족한 저에게 학문의 길로 이끌어 주신 배승철 교수님에게 먼저 깊은 감사를 드리고 논문 심사를 맡아 주신 김창훈 교수님과 남윤권 교수님께도 감사 드립니다. 그리고 저에게 양식지식을 전해 주신 허성범 교수님, 손철현 교수님, 조재윤 교수님, 장영진 교수님, 김동수 교수님께 감사드립니다.

외국생활을 하면서 어려움 없이 지낼수 있도록 배려해 주신 배승철 교수님과 실험실 일원들에게 진심으로 감사드리고 지금까지 저의 논문에 많은 도움을 주었던 왕소길 언니에게 마음속 깊이 감사드리며 그 외 김강웅, 최세민, 박건준, 임성률, 김준형, 배준영, 유광열, 김영철 선후배님들의 도움에 정말 감사 드립니다. 그리고 저를 새로운 학문의 길로 갈수 있도록 해주신 장만송 선생님과 임춘단 언니에게도 감사의 마음을 전합니다.

저를 끊임없이 지켜봐 주신 오빠와 두 언니에게 감사드리며 무엇보다도 묵묵히 저의 뒷바라지를 해주신 사랑하는 부모님께 두손 모아 감사 드립니다. 고향에서 변함없이 저를 기다려준 남편 이용씨에게도 감사의 마음 전합니다.

VII. 참고 문헌

- Anderson, P.A., Baker, D.H., Sherry, P.A. & Corbin, J.E. 1979. Choline-methionine interrelationship in feline nutrition. *J. Anim. Sci.* 49, 522-527.
- Andrew, J.W., Murai, T., 1975. Studies on vitamin C requirement of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutr.* 105, 557-561.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1995. P. Cunniff (Editor), Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, VA.
- Baker, D.H., Halpin, K.M., Czarnecki, G.L. & Parsons, C.M. 1982. The choline-methionine interrelationship for growth of the chick. *Poult. Sci.* 62, 133-137.
- Brown, B.A. 1980. Routine hematology procedures. In: *Hematology Principles and Procedures*. 71-112. Lea and Febiger, Philadelphia.
- Craig, S.R. Gatlin, D., 1996. Dietary choline requirement of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*). *J. Nutr.* 126, 1696-1700.
- Craig, S.R. Gatlin, D., 1997. Growth and body composition of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed diets containing lecithin and supplemental choline. *Aquaculture* 151, 259-267.
- Griffin, M.E., Wilson, K.A., White, M. R. & Brown, P. B. 1994. Dietary choline requirement of juvenile hybrid striped bass. *J. Nutr.* 124, 1685-1689.

- Hove, E.L., Copeland, C.H. and Salmon, W.D., 1954. Choline deficiency in the rabbit. *J. Nutr.*, 53, 377-389.
- Hung, S.S.O. 1989. Choline requirement of hatchery-produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Aquaculture* 78, 183-194.
- Ketola, H.G. 1976. Choline metabolism and nutritional requirement of lake trout (*Salvelinus namaycush*). *J. Anim. Sci.* 43, 474-477.
- Kosutarak, P., Kanazawa, A., Teshima, S., Koshio, S., 1995. Interactions of L-ascorbyl-2-phosphate-Mg and n-3 highly unsaturated fatty acids on Japanese flounder juveniles. *Fisheries Sci.* 61, 860-866.
- Kroening, G.H. & Pond, W.G. 1967. Methionine, choline and threonine interrelationships for growth and lipotropic action in the baby pig and rat. *J. Anim. Sci.* 26, 352-357.
- Lombardi, B. 1971. Effects of choline deficiency on rat hepatocytes. *Fed. Proc.* 30, 139-142.
- Poston, H.A. 1990. Effect of body size on growth, survival and chemical composition of Atlantic salmon fed soy lecithin and choline. *Prog. Fish-Cult.* 52, 226-230.
- Poston, H.A. 1991. Choline requirement of swim-up rainbowtrout fry. *Prog Fish-Cult.* 53, 220-223.
- National Research Council. 1993. *Nutrient Requirements of Fish*. National Academy Press, Washington, DC.
- R. Twibell and P.B. Brown, 2000. Dietary choline requirement of juvenile yellow perch (*Perca flavescens*). *J. Nutr.* 130, 95-99.
- Robbins, K.R. 1986. A method, SAS program, and Example for Fitting

- the Broken Line to Growth Data. University of Tennessee, Knoxville, TN.
- Rumsey, G.L. 1991 Choline-betaine requirements of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 95, 107-116
- Shiau, S.Y., Lo, P.S., 1999. Dietary choline requirements of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. Nutrient requirements.
- Wells, I.C. and Remy, C.N., 1961. Inhibition of the novo choline biosynthesis by 2-amino-2-methyl-1-propanol. *Arch. Biochem. Biophys.*, 95, 389-399.
- Wilson, R.P. & Poe, W.E. 1988. Choline nutrition of fingerling channel catfish. *Aquaculture* 68, 65-71.
- Woodward, B., 1994. Dietary vitamin requirements of cultured young fish, with emphasis on quantitative estimates for salmonids. *Aquaculture* 124, 133-168.
- Zeitoun, I.H., Ullrey, D.E. & Magee, W.T. 1976. Quantifying nutrient requirements of fish. *J. Fish. Res. Board Can.* 33, 167-172
- Zhang, Z., Wilson, R.P., 1999. Reevaluation of the choline requirement of fingerling channel catfish (*Ictalurus punctatus*) and determination of the availability of choline in common feed ingredients. *Aquaculture* 180, 89-98.