

넙치 치어의 사료 내 myo-inositol 요구량

이봉주, 이경준*, 팜민안, 이상민¹
제주대학교 해양과학대학, ¹강릉대학교 해양생명공학부

Myo-inositol Requirement in Diets for Juvenile Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*)

Bong-Joo Lee, Kyeong-Jun Lee*, Minh Anh Pham and Sang-Min Lee¹

Faculty of Applied Marine Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

¹Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea

A long-term (26 weeks) feeding experiment was conducted to examine the essentiality and requirement of inositol in diets for olive flounder because no information is available in the species. Five casein-gelatin based semi-purified diets were formulated to contain four different levels of myo-inositol (0, 0+antibiotic, 400, 800, and 1600 mg/kg, designated as M0, M0+, M400, M800, and M1600, respectively). One (M0+) of the control diets contained tetracycline hydrochloride (0.4%, wt/wt) as an antibiotic to inhibit biosynthesis of inositol by micro-organism in intestine of fish. Olive flounder at the early juvenile stage (initial body weight 1.22 g) were randomly distributed into fifteen 35 L tanks (48 fish/tank) and fed with one of the experimental diets (3 replicates per diet). At the end of the feeding trial, the weight gain, feed intake, specific growth rate, and protein efficiency ratio of fish fed diets containing higher levels of myo-inositol (M800 & M1600) were significantly higher than those of fish fed the other diets ($P < 0.05$). Feed conversion ratio, survival, hematocrits, and hemoglobin of fish fed experimental diets were not significantly different among all the fish groups. Whole body compositions of fish were not different except for lipid content. The lipid content was significantly different between M0 and M400 diet groups. These results indicate that juvenile olive flounder requires dietary supplementation of myo-inositol in diets for normal growth and its optimum level seems to be approximately 800 mg myo-inositol/kg diet.

Keywords: Myo-inositol, Requirement, Olive flounder, Diets

서 론

Inositol은 자연계에 9개의 이성질체가 존재하며 그 가운데 myo-inositol로 불려지고 있는 *sis-1,2,3,5-trans-4,6-cyclohexanehexol*은 세포막의 구조적 구성성분으로서 유기체 내에 9개의 이성질체 중 가장 높은 생리적 활성을 갖는 수용성 비타민으로 알려져 있다(Cody, 1984). Myo-inositol은 식품이나 사료원 중 피틴산(phytic acid), 이노시톨 인지질(phosphatidylinositol) 및 유리상태(free myo-inositol)의 3가지로 존재하며, 인지질의 구성 성분으로서 인과 에테르결합 형태로 모든 유기체에 존재한다(Combs, 1992). 대부분의 연구들이 포유동물을 대상으로 수행되었으며 세포막의 구성 성분인 phosphatidylinositol의 생리적인 기능과 지단백질 합성 측면에서 다루어 졌다(Appel and Briggs, 1980). 최근에는 세포 내 칼슘의 조절과 2차 신경전달 기능에 초점을 맞춘 연구가

이루어 졌다(Irvine, 1992; Hughes and Michell, 1993; Colodny et al., 1998).

양식 어류에 있어서 사료 내 myo-inositol 연구는 미비할 뿐 아니라, 넙치를 대상으로 한 연구는 전무한 실정이다. 이전에 붉은조기, 뱀장어, 돌돔, 방어를 대상으로 한 이전의 연구결과, 실험사료에서 myo-inositol이 결핍되었을 때 다양한 결핍증상들을 보였는데 식욕부진, 무기력증, 성장지연, 지느러미 부식, 채색후화, 위(stomach)의 공복지연, 콜린 가수분해 효소와 특정 아미노 전이 효소의 활성 감소 등이 보고되었다(McLaren et al., 1947; Kitamura et al., 1967b; Yone et al., 1971; Arai et al., 1972; Ikeda et al., 1988; Hosokawa, 1989). 최근에는 몇몇 어종에서 사료 내 myo-inositol의 첨가가 필요 없는 것으로 보고된 바 있으며, 이유는 어체 내에서 새로 합성된 myo-inositol 양으로도 결핍증을 예방할 수 있다는 결과를 얻었기 때문이다(Burtle and Lovell, 1989; Waagbø et al., 1998; Deng et al., 2002; Peres et al., 2004). Myo-inositol 요구량은 이처럼 어종에 따라 큰 차이를 나타내고

*Corresponding author: kjlee@cheju.ac.kr

있으며 최근에 틸라피아를 대상으로 수행한 연구에서는 같은 어 종일 지라도 어류의 성장 단계에 따라 그 필요성이 다르다는 것을 보고하였다(Peres et al., 2004; Shiau and Su, 2005).

넙치는 우리나라를 비롯하여 중국, 일본에서 가장 중요하게 양식되고 있는 해산어 가운데 하나이며 지난 10년간 우리나라에서 가장 많이 생산되고 있는 양식어종이다. 그러나 넙치에 있어서의 myo-inositol 요구량은 아직까지 밝혀진 바가 없다. 따라서, 본 연구는 넙치치어에 있어서 사료 내 myo-inositol의 적정 요구량과 결핍 시 어류에 미치는 생리적 영향을 조사하고자 수행 되었다.

재료 및 방법

실험사료

반정제 사료원을 기초로 한 5개의 실험사료는 52%의 조단 백질과 18.3 MJ/kg diet의 총 에너지합량을 갖도록 동일하게 조성되었으며, (AOAC, 1995) 방법으로 일반성분 분석결과 조단 백질, 조지방, 조회분이 각각 52.2%, 10.3%, 3.8%로 분석되었다. 기초사료 조성표는 Table 1에 나타내었다. 총 5개의 실험사료는 myo-inositol의 함량을 각각 0, 0, 400, 800, 1600 mg/kg diet 농도로 기초사료에 첨가하였고(M0, M0+, M400, M800, M1600), myo-inositol이 첨가되는 양 만큼 cellulose를 감소시켜 총 백분율을 맞추었다. 실험사료 중 M0+ 사료에는 항생제인 tetracycline hydrochloride (SIGMA, USA)를 기초사료에 0.4% 수준으로 첨가하였고(Mai et al., 2001), 넙치에서 myo-inositol이 장내 미생물들에 의하여 자체 합성되는 양만으로도 충분한

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

Ingredients	%
Casein (vitamin free)	38
Gelatin	9
Fish meal (defatted) ¹	10
Dextrin	15
Starch	10
Squid liver oil	11
CMC	0.5
Vitamin Mix. ²	3
Mineral Mix. ³	3
Cellulose	0.5

¹Fat and all the vitamins of fish meal were extracted by 70% aqueous ethanol solution (water : ethanol=3 : 7) for 48 h.

²Vitamin premix (g/kg of mixture): retinyl acetate, 0.667; cholecalciferol, 0.033; menadione, 0.133; thiamine hydrochloride, 2.667; (-)-riboflavin, 2.933; d-pantothenic acid hemicalcium, 9.667 pyridoxine hydrochloride, 2.667; cyanocobalamin, 0.007; niacinamide, 20.000; folic acid, 0.320; d-biotin, 0.133; ascorbic acid, 30.000; α -tocopherol, 6.667.

³Mineral mixture (g/kg of mixture): MgSO₄·7H₂O, 80.0; NaH₂PO₄·2H₂O, 370.0; KCl, 130.0; Ferric citrate, 40.0; ZnSO₄·7H₂O, 20.0; Ca-lactate, 356.5; CuCl, 0.2; AlCl₃·6H₂O, 0.15; KI, 0.15; Na₂Se₂O₃, 0.01; MnSO₄·H₂O, 2.0; CoCl₂·6H₂O, 1.0 (Lee et al., 2003).

지를 알아보기 위해 비교 대조실험구로서 사용하였다.

실험사료는 주요 단백질원으로서 casein과 gelatin을 사용하였고, 실험사료가 먹이섭식 유인성을 갖도록 하기 위하여 기초 사료에 탈지어분을 첨가하였다. 탈지어분의 제조과정은 백색어분을 70% 에틸알콜(ethanol/water, 7/3, v/v)로 2번에 걸쳐 총 48 h 동안 탈지 및 탈 수용성비타민화 시킴으로써 어분 내에 있는 myo-inositol을 제거 하였다. 탈지된 어분은 상온에서 선풍기로 건조시킨 후 사료원으로 이용하였으며, 실험사료 제조 과정은 다음과 같다. 우선 사료원들을 잘 섞은 다음 사료원 총량의 30~40%에 해당하는 증류수를 첨가하여 사료혼합기(NVM-14-2P, KOREA)로 혼합, 반죽시켰다. 혼합 반죽물은 소형초파기(SMC-12, KOREA)를 이용하여 직경 3 mm 크기로 뽑아내었다. 그런 다음, -40°C 동결냉동건조기에서 건조시켜, 적당한 크기의 사료로 분쇄한 다음, 사료 공급 전까지 -20°C 냉동고에 보관하였다.

실험어류 및 사료공급

본 실험에 사용된 넙치 치어는 제주도내 종묘배양장(창해수산, 제주도)에서 제주대학교 소속 해양과환경연구소로 수송되어, 3일 동안 실험환경에 적응할 수 있도록 시판 배합사료를 공급 하였다. 적응기간 후 넙치치어(초기 평균무게: 1.22±0.04 g)는 총 15개의 35 L 원형 플라스틱수조에 각 수조당 48 마리씩 무작위 배치 되었으며, 사료공급실험은 실험사료구당 3 반복구를 두었다. 사육 수는 여과해수를 사용하여 2 L/min의 유수량이 공급되도록 조절 되었고, 모든 실험수조에 용존산소 유지와 원활한 사육수 순환을 위하여 에어스톤을 설치하여 유수식으로 사육 실험하였다. 수온은 실험기간 동안 13°C에서 29°C 범위로 계절변화에 따라 자연변동 하였다. 실험사료는 하루 두 번에 걸쳐서 오전 09:00 h와 오후 16:00 h 경에 공급되었고 사료공급 20분 후에 사이폰을 이용하여 각 수조내의 어류 배설물 청소와 사육수 환수를 하였다. 사료공급량은 최초 어체중의 4%로 공급하였으며, 사육수온이 계절변화에 의해 하강함에 따라 사료공급량을 어체중의 1%까지 점차 감소시키면서 제한급이를 하였다. 어류의 성장률 측정을 위하여 매 2주마다 전체 어류의 무게를 측정하였고, 사료공급실험은 총 26주간 수행되었다.

어체측정 및 혈액분석

26주간의 사료공급 실험 후, 각 수조에서 어류의 최종 평균 무게를 측정하여 증체율(weight gain), 사료섭취율(feed intake), 사료전환효율(feed conversion ratio), 일간성장률(specific growth rate), 단백질전환효율(protein efficiency ratio)을 계산하였다. 어체 무게를 측정된 실험어는 분석을 위해서 대뇌부를 가격하여 즉시 시킨 후, 즉시 -70°C 초저온 냉동고에 보관하였다. 냉동 보관된 실험어는 전어체의 일반성분 분석과 간에서의 총 지방 함량 분석을 위해 사용되었다. 전어체의 일반성분 분석을 위하

여 각 실험구별로 9마리씩(3fish/tank). 그리고 간에서의 총 지방함량을 분석하기 위하여 각 실험구별로 6마리(2 fish/tank)씩을 무작위 선별하여 분석에 이용하였다. 혈액에서는 hematocrit과 hemoglobin을 분석하였으며, 성장실험 종료시 실험구별로 9마리(3fish/tank)씩 어류를 무작위 선별하여 tricaine methanesulfonate (MS-222, 100 ppm) 용액으로 마취 시킨 후, 미부동맥에서 채혈한 혈액샘플을 분석에 이용하였다.

통계분석

실험사료의 배치는 완전임의배치법(completely randomized design)으로 하였고, 성장 및 분석결과는 SPSS (Version 12.0) 프로그램을 이용하여 One-way ANOVA로 통계 분석되었다. 데이터 값의 유의 차는 Duncan's multiple test (P<0.05)로 비교되었다. 데이터는 평균값 ± 표준편차(mean ± std)로 나타내었다. 백분율 데이터는 arcsine 변형 값으로 계산하여 통계 분석되었다.

결 과

26주간의 사육실험 결과, 사료 내 myo-inositol 첨가에 의한 어류의 성장 결과들에서 유의적인 차이가 나타났다(P<0.05). 사료전환효율(feed conversion ratio)은 모든 실험구에서 유의적인 차이가 없었으나 성장률(weight gain, %), 사료섭취율(feed intake), 일간성장률(specific growth rate), 단백질전환효율(protein efficiency ratio)에서는 사료 내 myo-inositol 첨가 농도가 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다(Table 2). 실험구별 어체 평균무게를 비교한 결과에서는 6주째에 myo-inositol 첨가구와 두 대조구 사이에서 유의적인 성장차이가 처음으로 관찰되었으며(P<0.05), 20주까지 이런 경향을 보이다가 수은이 내려가기 시작하는 22주째부터는 myo-inositol 첨가구와 두 대조구 사이에서의 성장차이가 일관성 있게 나타나기 시작하였다(Table 3). 실험기간 동안의 생존율(survival)은 70~84%로 차이를 보이고 있으나 실험구 사이에서 유의 차는 나타나지 않았다

Table 2. Growth performance of juvenile olive flounder fed five experimental diets with four different levels of myo-inositol for 26 weeks¹

Diets ²	M0	M0+	M400	M800	M1600
WG (%) ³	2031±108 ^a	2127±151 ^{ab}	2417±170 ^{bc}	3017±315 ^d	2734±149 ^{cd}
FI (DM, g/fish) ⁴	27.5±0.8 ^a	30.0±2.2 ^a	32.9±0.8 ^b	37.3±2.2 ^c	33.5±0.9 ^b
FCR ⁵	1.11±0.09	1.15±0.00	1.12±0.10	1.02±0.10	1.01±0.08
SGR (%) ⁶	0.95±0.02 ^a	0.96±0.02 ^{ab}	1.00±0.02 ^{bc}	1.07±0.03 ^d	1.04±0.02 ^{cd}
PER (%) ⁷	1.66±0.13 ^{ab}	1.59±0.00 ^a	1.64±0.14 ^{ab}	1.87±0.18 ^b	1.84±0.15 ^{ab}
Survival (%)	84.0±7.3	80.5±16.8	77.1±9.5	70.9±7.5	82.7±4.3

¹Values are presented as mean ± std. Value in the same row having different superscript letters are significantly different (P < 0.05).

²M0 is free myo-inositol diet and M0+ is free myo-inositol diet with supplemented antibiotic.

³Weight gain (%): 100 × (final mean body weight-initial mean body weight) / initial mean body weight.

⁴Feed intake (dry matter, g / fish): total feed fed (g) / fish.

⁵Feed conversion ratio: total dry feed fed (g) / wet weighted gain (g).

⁶Specific growth rate (%): 100 × (log_e final mean body weight-log_e initial mean body weight)/days.

⁷Protein efficiency ratio (%): wet weight gain (g) / total protein given (g).

Table 3. Mean body weight of juvenile olive flounder fed five experimental diets with four different levels of myo-inositol for 26 weeks

Diets ²	M0	M0+	M400	M800	M1600
Initial	1.22±0.04	1.22±0.04	1.22±0.04	1.22±0.04	1.22±0.04
2 weeks	1.51±0.02 ^a	1.60±0.05 ^{bc}	1.53±0.04 ^{ab}	1.57±0.04 ^{abc}	1.62±0.05 ^c
4 weeks	2.22±0.07 ^{ab}	2.28±0.05 ^b	2.20±0.13 ^{ab}	2.13±0.01 ^a	2.19±0.04 ^{ab}
6 weeks	2.71±0.03 ^a	2.82±0.01 ^b	2.99±0.04 ^c	3.03±0.03 ^c	3.02±0.01 ^c
8 weeks	4.09±0.06 ^a	4.12±0.13 ^{ab}	4.45±0.13 ^{abc}	4.61±0.43 ^c	4.51±0.05 ^{bc}
10 weeks	5.80±0.16 ^a	5.91±0.23 ^a	6.16±0.14 ^{ab}	6.91±0.67 ^b	6.53±0.53 ^{ab}
12 weeks	7.95±0.52 ^a	8.27±0.40 ^a	9.42±0.54 ^{ab}	10.05±1.19 ^b	9.27±1.02 ^{ab}
14 weeks	11.32±0.94 ^a	12.52±1.74 ^{ab}	13.33±0.06 ^{ab}	14.32±0.92 ^b	13.69±1.29 ^b
16 weeks	14.28±1.28 ^a	15.85±1.10 ^{ab}	17.47±0.32 ^{bc}	19.28±0.87 ^c	17.55±1.19 ^{bc}
18 weeks	17.27±1.56 ^a	19.64±1.73 ^{ab}	22.47±1.37 ^{bc}	24.36±1.94 ^c	21.63±1.17 ^{bc}
20 weeks	19.47±2.00 ^a	22.39±1.44 ^{ab}	25.40±2.61 ^{bc}	29.14±3.18 ^c	25.97±1.11 ^{bc}
22 weeks	23.01±0.25 ^a	24.20±1.73 ^a	28.02±2.31 ^b	32.46±3.17 ^c	30.25±1.35 ^{bc}
24 weeks	25.66±1.08 ^a	26.56±1.70 ^a	30.05±2.24 ^{ab}	37.30±4.16 ^c	33.44±1.93 ^{bc}
26 weeks	26.00±1.32 ^a	27.17±1.84 ^{ab}	30.71±2.07 ^{bc}	38.03±3.84 ^d	34.57±1.81 ^{cd}

¹Values are presented as mean ± std. Value in the same row having different superscript letters are significantly different (P < 0.05).

²M0 is free myo-inositol diet and M0+ is free myo-inositol diet with supplemented antibiotic.

Table 4. Whole body composition, liver lipid, and blood parameters of juvenile olive flounder fed five experimental diets with four different levels of myo-inositol for 26 weeks¹

Diets ²	M0	M0+	M400	M800	M1600
Protein, % DM	66.32±3.31	65.41±1.62	69.78±2.33	68.95±3.61	68.27±1.82
Lipid, % DM	15.72±1.07 ^a	14.21±2.34 ^{ab}	10.49±1.46 ^b	12.41±2.83 ^{ab}	13.85±2.06 ^{ab}
Ash, % DM	14.13±1.35	15.93±2.25	16.28±2.30	14.55±0.30	13.94±0.87
Liver lipid, % DM	11.98±2.8	11.51±2.1	9.02±1.0	8.93±5.1	9.25±2.6
Hematocrits (Ht %)	14.0±0.88	17.3±2.08	18.0±7.94	15.44±0.51	17.0±2.00
Hemoglobin (Hb g/dL)	2.39±0.56	2.30±0.23	2.18±0.13	2.37±0.37	2.56±0.08

¹Values are presented as mean ± std. Value in the same row having different superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

²M0 is free myo-inositol diet and M0+ is free myo-inositol diet with supplemented antibiotic.

($P > 0.05$). 성장률, 사료섭취율, 일간성장률 및 단백질전환효율의 경향으로 살펴보면 사료 내 myo-inositol을 800 mg/kg diet 수준으로 첨가하였을 때가 그 이하의 농도로 첨가 되었을 때 보다 유의적으로 높은 성장관련 결과들을 보였다.

실험어류 간에서 총 지방함량을 분석한 결과(Table 4) 모든 실험구에서 유의적인 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 전어체 일 반성분 분석결과(Table 4)에서도 조단백질, 조회분, 수분 함량에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 조지방 농도에서 M400 실험구가 M0 실험구보다 유의적으로 낮게 나타났다($P < 0.05$).

혈액분석 결과(Table 4), hematocrit과 hemoglobin 함량은 실험구별로 유의적인 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 넙치의 inositol 신생합성 능력 평가를 위한 M0+ 실험사료대조구(항생제 첨가구)는 M0 실험사료대조구(무항생제 첨가구)와 비교하였을 때 성장률, 혈액분석, 그리고 간 지방 농도 결과값들에서 유의적인 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).

고 찰

본 실험의 성장결과에서는 사료 내 myo-inositol 첨가농도가 증가함에 따라 유의적인 성장차이를 보였으며, 사료 섭취율 결과에서도 myo-inositol 첨가 실험구가 대조구 보다 높은 값을 보였다($P < 0.05$). 본 연구에서 이런 사료 섭취율 차이가 성장률, 일간성장률, 단백질전환효율 등의 성장결과에 유의한 차이를 만든 것으로 생각된다. 사료 섭취율을 기초로 한 broken-line regression model (Robbins, 1986)에서는 myo-inositol 적정 첨가 함량이 641 mg/kg로 나타났다.

반 정제사료를 사용한 26주 동안의 사육실험 결과, 넙치 초기치어에 있어서 최적의 myo-inositol 농도는 사료 내 800 mg/kg diet로 첨가했을 때 가장 높은 성장률을 보였다. Myo-inositol 요구량에 관한 이전의 연구결과 tilapia (Shiau and Su, 2005), yellowtail (NRC, 1993), Pacific salmon (Halver, 1972), common carp (Aoe and Masuda, 1967), 및 rainbow trout (McLaren et al., 1947)에서 그 요구량이 각각 404~408, 423, 300~400, 440, 250~500 mg/kg diet 로 보고되었으며, 본 연구에서의 요구량은 이전에 보고된 것 보다 약 2배 정도 높은 함량이었다. Broken-line regression model

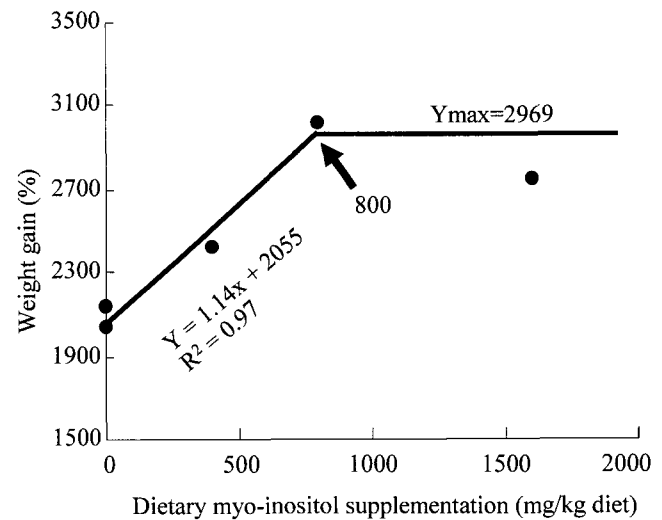


Fig. 1. Broken-line regression analysis of weight gain (%) to the dietary myo-inositol levels. Each point represents the means of three groups of fish. Dietary requirements of myo-inositol for weight gain is 800 mg myo-inositol/kg diet.

(Robbins, 1986)을 사용한 최적 첨가함량 규명에서도 800 mg/kg로 나타났으며(Fig. 1), 초기 넙치치어에서는 사료 내 myo-inositol 함량이 800 mg/kg 정도가 가장 적절한 첨가함량으로 판단된다. 이전에 보고된 두 연구에서는 성장단계에 따른 inositol의 요구량 차이를 밝힌 결과가 있다. Hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*, initial, 0.5 g/fish)를 대상으로 한 실험에서는 사료 내 myo-inositol 함량에 따라 유의적으로 성장률에 영향을 미쳤으나, Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, initial, 5.8 g/fish)를 대상으로 한 연구에서는 사료 내 myo-inositol 함량과 성장률 사이에 상관성이 없었다. 비록 두 연구가 같은 종을 대상으로 실험하지 않았으며 실험환경도 같지 않지만, 같은 속(genus)에 있는 tilapia를 이용하였고 각각 다른 성장기의 실험어류에서 myo-inositol 필요성이 다르게 나타나는 것으로 봤을 때, myo-inositol 요구량은 같은 종에서도 성장단계에 따라 다르게 나타날 수 있는 것으로 보인다(Peres et al., 2004; Shiau and Su, 2005).

Myo-inositol은 이전부터 지방대사에 깊은 관여를 하는 것으

로 보고되고 있다. Hybrid tilapia (Shiau and Su, 2005)를 대상으로 한 실험에서는 myo-inositol이 결핍된 실험구에서 유의적으로 높은 간 지방 함량을 나타내었으며, Grass shrimp (Shiau and Su, 2004)를 이용한 실험에서는 myo-inositol이 첨가되지 않은 실험구에서 shrimp 중장선 지방함량이 높게 검출되었다. 이와 같은 지방축적 결과는 수생동물에서뿐만 아니라 육상동물에서도 보고되었는데, 설치류를 대상으로 한 실험에서는 myo-inositol 결핍 시 실험 동물의 소장에서 지방 축적이 나타났으며, triglyceride, diglyceride, cholesterol 농도가 유의적으로 높게 나타났다(Chu and Hegsted, 1980). 본 연구에서는 myo-inositol 결핍사료를 섭취한 실험어류에서 성장지연과 같은 결핍증상이 관찰되었을 뿐, 실험어의 간 지방농도 결과에서는 아무런 차이를 밝힐 수 없었다. 그러나 전어체 조지방 분석결과에서는 myo-inositol이 결핍된 실험구에서 지방이 축적되는 경향을 보임으로서 이전의 연구결과들과 비슷한 경향을 보였다(Table 4).

Sunshine bass를 대상으로 한 myo-inositol 요구량 실험에서는 myo-inositol이 어체 성장과 간 inositol 함량에 영향을 주지 않았으며, 장내 미생물에 의해 합성된 inositol은 이 어종에서 중요한 inositol원이 아닌 것으로 보고되었다(Deng et al., 2002). 본 연구에서 초기 넙치치어의 장내 미생물에 의한 myo-inositol 신생합성 능력 평가를 위하여 M0와 M0+ 실험구를 비교한 결과, 이전 결과(Deng et al., 2002)와 비슷하게, 모든 실험결과 값에서 차이가 없었다. 장내 미생물에 의한 inositol의 신생합성은 넙치치어에서 중요한 inositol원이 아닌 것으로 판단된다. Mai et al. (2001)의 연구에 의하면 전복 조직 내에 inositol 합성과 관련된 효소인 L-myo-inositol-1-phosphate synthetase와 L-myo-inositol-1-phosphatase, 사료 내 myo-inositol 농도가 증가함에 따라 반비례적으로 감소된다고 하였으며 이것은 외부 사료원내의 myo-inositol 농도와 합성 효소 사이에서 feedback regulation system을 갖고 있기 때문이라고 하였다. 따라서 넙치에서는 inositol 합성관련 효소가 발생 초기단계 및 자·치어기 때 관여하지 않거나 장내 미생물에 의한 myo-inositol 신생합성 농도가 넙치치어의 요구량을 만족시킬 수 없는 것으로 추정된다.

결론적으로, 발생 초기단계 및 자·치어기 넙치는 정상적인 성장을 위해 필요한 myo-inositol을 자체적으로 신생 합성할 수 없으며, 외부 사료 원으로부터 공급 받아야 될 것으로 판단된다. 초기 넙치치어의 myo-inositol 요구량은 반 정제사료를 기준으로 약 800 mg/kg diet의 함량이 정상적인 성장을 고려하였을 때 가장 적절한 값으로 판단된다.

요 약

본 연구는 넙치 치어에 있어서 수용성 비타민인 myo-inositol의 사료 내 적정 요구량을 평가하고, 결핍 시 어류에 미치는 생리적 영향을 조사하고자 수행 되었다. 실험에 사용된 어류는 평균무게가 1.22 g인 넙치 초기치어를 사용하였으며, 총 15개

의 35 L 원형수조에 각 수조당 48 마리씩(3반복구) 무작위 배치하였다. 반 정제 사료원을 기초로한 총 5개의 실험사료는 52%의 조단백질과 18.3 MJ/kg diet의 에너지함량을 갖도록 조성되었고 myo-inositol 함량을 각각 0, 0, 400, 800, 1600 mg/kg diet으로 기초사료에 첨가하였다(M0, M0+, M400, M800, M1600). 실험사료 중 M0+ 사료는 항생제인 tetracycline hydrochloride 및 (SIGMA, USA)를 실험사료에 0.4%로 첨가함으로써, myo-inositol이 넙치의 장내 미생물들에 의하여 합성되는지를 알아보기 위해 설계되었다. 26주간의 사료공급 실험결과, 사료 내 myo-inositol 첨가에 의한 어류의 성장률 결과들에서 유의적인 차이가 나타났으며, myo-inositol 결핍사료를 섭취한 실험어류에서 성장지연과 같은 결핍증상을 보였다. Hematocrit과 Hemoglobin을 측정된 혈액분석과 간 지방함량 분석에서는 실험구 사이에서 차이가 나타나지 않았으나, 전어체 지방분석 결과에서는 단지 M0와 M400 사이에서 유의적인 차이를 나타내었다. 초기 넙치치어의 myo-inositol 요구량은 성장률을 기초로 한 broken-line regression model (Robbins, 1986)에서 반 정제사료를 기초로 하였을 때 800 mg/kg로 결정되었다.

감사의 글

이 논문은 해양수산부 수산특정연구개발사업의 연구비 지원과 2006년도 제주대학교 학술연구지원사업에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- Aoe, H. and I. Masuda, 1967. Water-soluble vitamin requirements of carp. 2. Requirements for p-aminobenzoic acid and inositol. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 33, 674-680.
- AOAC, 1995. Official methods of analysis. 16th edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, 1298 pp.
- Appel, J. A. and G. M. Briggs, 1980. Inositols. (in) R. S. Goodhart and M. E. Shils (eds.), Modern Nutrition in Health and Disease. Lea & Febiger, USA, pp. 286-291.
- Arai, S., T. Nose and Y. Hashimoto, 1972. Qualitative requirements of young eels, *Anguilla japonica*, for water-soluble vitamins and their deficiency symptoms. Bull. Freshw. Res. Lab., Tokyo 22, 69-83.
- Burtle, G. J. and R. T. Lovell, 1989. Lack of Response of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) to Dietary Myo-inositol. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 46, 218-222.
- Chu, S.-H. W. and D. M. Hegsted, 1980. Myo-inositol Deficiency in Gerbils: Comparative Study of the Intestinal Lipodystrophy in *Meriones unguiculatus* and *Meriones libycus*. J. Nutr., 110, 1209-1216.
- Cody, M. M., 1984. Substances Without Vitamin Status. (in) L. J. Machlin (ed.), HANDBOOK OF VITAMINS. Marcel Dekker, New York, 574 pp.
- Colodny, L., D. Pharm and R. L. Hoffman, 1998. Inositol: clinical applications for exogenous use. Altern. Med. Rev., 3, 423-447.

- Combs, G. F., 1992. Quasi-Vitamins. (in) G. F. Combs (ed.), The Vitamins: fundamental aspects in nutrition and health. Academic Press, United Kingdom, pp. 411–419.
- Deng, D.-F., G.-I. Hemre and R. P. Wilson, 2002. Juvenile sunshine bass (*Morone chrysops* ♀ × *Morone saxatilis* ♂) do not require dietary myo-inositol. *Aquaculture*, 213, 382–393.
- Halver, J. E., 1972. The vitamins. (in) J. E. Halver (ed.), Fish Nutrition. Academic Press, New York, pp. 29–103.
- Hosokawa, H., 1989. The vitamin requirements of fingerling yellowtail, *Seriola quinqueradiata*. Ph. D. thesis, Kochi University, Kochi, Japan.
- Hughes, P. J. and R. H. Michell, 1993. Novel inositol containing phospholipids and phosphates: their synthesis and possible new roles in cellular signaling. *Curr. Opin. Neurobiol.*, 3, 383–400.
- Ikeda, S., Y. Ishibashi, O. Murata, T. Nasu and T. Harada, 1988. Qualitative requirements of the Japanese parrot fish for water-soluble vitamins. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 54, 2029–2035.
- Irvine, R. F., 1992. Abstract. Inositol Lipids in cell signaling. *Curr. Biol.*, 2, 228.
- Kitamura, S., T. Suwa, S. Ohara and K. Nakagawa, 1967. Studies on vitamin requirements of rainbow trout. 2. The deficiency symptoms of fourteen kinds of vitamin. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 33, 1120–1125.
- Lee, S.-M., J. H. Lee and K.-D. Kim, 2003. Effect of dietary essential fatty acids on growth, body composition and blood chemistry of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). *Aquaculture*, 225, 269–281.
- Mai, K., G. Wu and W. Zhu, 2001. Abalone, *Haliotis discus hannai* Ino, Can Synthesize Myo-inositol De Novo to Meet Physiological Needs. *J. Nutr.*, 131, 2898–2903.
- McLaren, B. A., E. Keller, D. J. O'Donnell and C. A. Elvehjem, 1947. The nutrition of rainbow trout. 1. Studies of vitamin requirements. *Arch. Biochem. Biophys.*, 15, 169–178.
- NRC (National Research Council), 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Acad. Press, Washington DC, 25 pp.
- Peres, H., C. Lim and P. H. Klesius, 2004. Growth, chemical composition and resistance to *Streptococcus iniae* challenge of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed graded levels of dietary inositol. *Aquaculture*, 235, 423–432.
- Robbins, K. R., 1986. A method, SAS program, and example for fitting the broken line to growth data. University of Tennessee Agricultural Experiment Station Research, Report, University of Tennessee, Knoxville, TN.
- Shiau, S.-Y. and S.-L. Su, 2004. Dietary inositol requirement for juvenile grass shrimp, *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 241, 1–8.
- Shiau, S.-Y. and S.-L. Su, 2005. Juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*) requires dietary myo-inositol for maximal growth. *Aquaculture*, 243, 273–277.
- Waagbø, R., K. Sandnes and O. Lie, 1998. Effects of inositol supplementation on growth, chemical composition and blood chemistry in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., fry. *Aquacult. Nutr.*, 4, 53–59.
- Yone, Y., M. Furuichi and K. Shitanda, 1971. Vitamin requirements of the red sea bream. 1. Relationship between inositol requirements and glucose levels in diet. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 37, 149–155.

원고접수 : 2006년 3월 23일

수정본 수리 : 2006년 5월 8일