

조피볼락 치어의 장기간 사육에 있어서 사료내 L-ascorbic acid 농도가 성장과 조직내 Vitamin C 농도에 미치는 영향

배승철 · 이경준
부경대학교 양식학과

Long-term Feeding Effects of Different Dietary L-ascorbic Acid Levels on Growth and Tissue Vitamin C Concentrations in Juvenile Korean Rockfish

Sung-Chul BAI and Kyeong-Jun LEE

Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

A long term feeding trial was conducted to study the effects of different dietary vitamin C levels on growth and its tissue distributions in juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. Prior to the start of feeding trial, fish were fed the basal diet supplementing no L-ascorbic acid for four weeks to minimize their body reserves of vitamin C. Then fish were divided into six groups with triplicates and given one of the laboratory semipurified diets supplementing either 0, 25, 50, 75, 150, or 1500 mg L-ascorbic acid (AA)/kg diet (C_0 , C_{25} , C_{50} , C_{75} , C_{150} , & C_{1500}).

Fish fed the C_0 diet had lower percent weight gain, feed conversion ratio, specific growth rate, and protein efficiency ratio than did fish fed the other diets ($P < 0.05$). After 28 weeks of feeding trial, tissue AA concentrations of fish fed C_0 diet were lower than those of fish fed C_{1500} diet ($P < 0.05$). A large amount of total tissue AA may be reserved in muscle, but the unit AA concentration seemed to be higher in brain than did the other tissues. The growth performances of fish fed C_{25} diet were not different compared to those of fish fed C_{50} - C_{1500} diets ($P > 0.05$), and diet analysis of vitamin C showed that the C_{25} diet had 65 mg AA/kg diet. Therefore, the present long-term study may suggest that the dietary vitamin C requirement is approximately 65 mg AA/kg diet in juvenile Korean rockfish.

Key words : L-ascorbic acid, semipurified diet, vitamin C requirement

서 론

비타민 C의 생화학적 기능과 중요성 (Halver et al., 1969; Wilson, 1973; Durve and Lovell, 1982; Sandel and Daniel, 1988; Dabrowski, 1990; Hardie et al., 1991; Blazer, 1992) 및 요구량은 여러 어종에서 이미 잘 알려져 있는데 (NRC, 1993), 연어류에서는 50 mg/kg (Halver et al., 1969; Lall et al., 1990), 무지개송어에서는 40~100 mg/kg (Halver et al., 1969; Hilton et al.,

1978), 차넬메기에서는 11~60 mg/kg (Lim and Lovell, 1978; El Naggat and Lovell, 1991), 틸라피아에서는 50 mg/kg (Stickney et al., 1984), 그리고 해산어인 방어에서는 122 mg/kg (Shimeno, 1991)으로 보고되고 있다.

우리 나라에서 넘치 다음으로 중요한 양식 어종인 조피볼락에 있어서는 비타민 C에 관한 연구가 전무하였으나, 최근에 Bai et al. (1996)이 조피볼락에 있어서의 비타민 C 요구량 설정을 위한 실험 모델을 제

시한바 있다. 특히, 조피볼락에서는 비타민들의 요구량이 설정되지 않았을 뿐만 아니라 그러한 미량 영양소 요구량 설정에 가장 적합한 실험 사료도 완전히 개발되지 않은 상태에 있다. 따라서 본 실험은 비타민 C 요구량 설정을 위한 실험 모델과 실험 사료 개발을 위한 연구 (Bai et al., 1996)의 연장 실험으로서, 여러 수준의 비타민 C 사료를 장기간 공급했을 때의 성장 효과와 그에 따른 조직내 비타민 C의 축적량 및 비타민 C 요구량을 추정하기 위한 기초 실험으로 실시되었다.

재료 및 방법

1. 실험 사료

실험 사료의 비타민 C 첨가 농도는 0 (C₀), 25 (C₂₅), 50 (C₅₀), 75 (C₇₅), 150 (C₁₅₀), 1500 (C₁₅₀₀) mg L-ascorbic acid/kg diet의 6가지 수준으로 제조하였으며, 사료 제조 후 -35°C에 6개월간 냉동 보관한 다음 vitamin C 농도를 분석해 본 결과, 비타민 C의 활성도가 70%

이상 남아있는 것으로 판명되었다. 실험 사료의 제조 방법은 Bai et al. (1996)에 자세히 설명되어 있다.

2. 실험어 및 실험 디자인

실험어는 평균 12.6 g의 조피볼락 (*Sebastes shlegeli*) 치어를 사용하였으며, 40ℓ 수조에 25마리씩으로 수조당 평균 무게는 316.3±0.58 g (평균무게 ± sem)이며, 각 실험 사료구당 3반복으로 무작위 배치하였다. 실험 시작 8주 후에는 20마리씩으로 재배치하여 Bai et al. (1996)의 조피볼락에 있어서의 비타민 C 요구량 설정을 위한 실험 사료와 실험모델 개발에 관한 실험 후의 지속적인 장기간의 실험으로 설계되었다. 예비사육은 4주간 실시하였는데, 어체내에 축적되어 있을 것으로 생각되어지는 비타민 C를 최대한 줄이기 위해 이 기간 동안에는 비타민 C가 가장 적게 함유되어 있는 C₀ 사료를 공급하였다. 일일 사료 공급량은 최고 어체중의 2% (건물 기준) 한도에서 반복으로 실험 시작 8주까지는 1일 2회 (9:00, 16:00 h) 공급하였으며, 그 이후부터 실험 종료시까지 1일 1회 (16:00) 공급하였다. 주사육 실험 기간은 28주간이었으며, 4주

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

Ingredient	%
Casein, vitamin free ¹	30.0
Gelatin ¹	10.0
White fish meal (defatted) ²	10.0
Dextrin ¹	27.0
L-Arginine ³	0.5
L-lysine · HCl ²	0.5
DL-methionine ²	0.5
Pollack oil	5.0
Corn oil ⁴	5.0
Carboxymethylcellulose	2.0
α-Cellulose	2.5
Vitamin premix ⁵	3.0
Mineral premix ⁶	4.0

¹ United States Biochemical, Cleveland, Ohio 44122

² Kum Sung Feed Co., Pusan, Korea

³ Yunsei Chemical Co. Japan

⁴ Corn oil 4.9% + DHA, EPA 0.1% (25% DHA + EPA mixture)

⁵ Contains (as g/100g premix): dl-calcium pantothenate, 0.5; choline bitartrate, 10; inositol, 0.5; menadione, 0.02; niacin, 0.5; pyridoxine · HCl, 0.05; riboflavin, 0.1; thiamine mononitrate, 0.05; dl-α-tocopheryl acetate, 0.2; retinyl acetate, 0.02; biotin, 0.005; folic acid, 0.018; B₁₂, 0.0002

⁶ H-440 premix NO. 5 (mineral)(NAS, 1973)

조피볼락 치어의 장기간 사육에 있어서 사료내 L-ascorbic acid 농도가 성장과 조직내 Vitamin C 농도에 미치는 영향

마다 성장을 조사하기 위해 tricaine (MS-222) 100 ppm에 실험어를 마취시켜 각 수조의 실험어 전체 무게를 측정하였다.

3. 분석 및 통계처리

사료 및 어체의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법 (N×6.25), 조회분은 직접회화법으로 (AOAC, 1995) 그리고 조지방은 Folch et al. (1957) 방법으로 각각 분석되었다. 혈액 분석은 28주간의 주사육 실험 종료시에 수조별로 4마리씩 임의로 추출하여 Bai et al. (1996)의 방법과 동일하게 분석하였다. 실험 사료내의 비타민 C 분석 (Table 2)은 사료 제조 후 -35°C에 6개월간 보관한 다음, 그리고 각 조직내의 비타민 C 분석은 실험 종료시에 각 반복구별로 5마리씩 무작위로 선별하여 -35°C에 2개월간 보관된 후에 분석되었다. 실험 사료 및 실험 어류의 각 조직

내 비타민 C 분석은 Bai and Gatlin (1992)이 사용한 방법과 동일하게 하였으며, 조직내 분석은 근육, 간, 아가미, 뇌의 4가지 조직에서 실시되었다 (Table 5). 사료내 비타민 C 농도는 dry matter basis로, 그리고 조직내의 비타민 C 농도는 wet sample을 기준으로 계산되었다.

통계처리는 Computer Program Statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul, MN, USA)로 ANOVA test를 실시하여 최소유의차검정 (LSD : Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성 (P<0.05)을 검정하였다.

결 과

28주간의 누적 성장 패턴은 Table 3과 Fig. 1에 나

Table 2. Proximate analysis and vitamin C concentrations of the experimental diets (dry matter basis)¹

	Diets					
	C ₀	C ₂₅	C ₅₀	C ₇₅	C ₁₅₀	C ₁₅₀₀ ²
Moisture (%)	30.1	29.4	30.0	32.2	32.7	30.9
Crude protein (%)	49.4	50.9	51.4	50.9	50.0	49.7
Crude lipid (%)	9.2	8.6	7.8	9.2	10.2	9.6
Ash (%)	7.2	6.3	5.7	8.2	7.6	6.9
Vitamin C (mg/kg)	39.7	64.5	88.4	98.7	144.6	1542.1

¹ Values are means of duplicate samples

² C₀, C₂₅, C₅₀, C₇₅, C₁₅₀ and C₁₅₀₀ : 0, 25, 50, 75, 150 and 1500 mg L-ascorbic acid supplementation per kg diet

Table 3. Percent weight gain in Korean rockfish (*Sebastes schulegei*) fed six different levels of vitamin C during the 28 weeks of experimental period*

Periods	Diets						Pooled SEM ²
	C ₀	C ₂₅	C ₅₀	C ₇₅	C ₁₅₀	C ₁₅₀₀	
4 weeks	36.1 ^b	43.3 ^a	42.7 ^a	42.4 ^a	45.0 ^a	42.3 ^a	0.87
8 weeks	70.3 ^b	82.6 ^{ab}	81.9 ^{ab}	77.5 ^{ab}	84.4 ^a	87.1 ^a	1.74
12 weeks	93.2 ^c	104.8 ^{bc}	124.8 ^a	115.0 ^{ab}	124.6 ^a	119.6 ^{ab}	3.33
14 weeks	152.5 ^c	164.8 ^{bc}	191.8 ^a	173.9 ^{abc}	186.3 ^{ab}	187.5 ^a	4.08
20 weeks	220.9 ^b	244.9 ^{ab}	275.6 ^a	248.6 ^{ab}	263.7 ^a	266.6 ^a	5.77
24 weeks	227.4 ^b	284.5 ^a	285.3 ^a	261.5 ^a	270.4 ^a	276.7 ^a	5.75
28 weeks	261.8 ^b	343.1 ^a	337.1 ^a	322.0 ^a	322.0 ^a	319.6 ^a	7.31

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

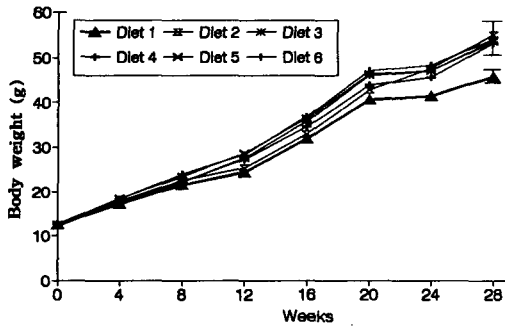


Fig. 1. The effect of six different levels of dietary vitamin C on cumulative average body weight gain during 28 weeks. Values are means of triplicate groups. Diet 1=C₀, diet 2=C₂₅, diet 3=C₅₀, diet 4=C₇₅, diet 5=C₁₅₀, diet 6=C₁₅₀₀.

타내었다. 사료내 비타민 C 수준에 따른 기간별 누적 성장율은 4주째에 비타민 C 함량이 가장 적은 C₀ 실험구에서 다른 실험구들에 비해 유의적으로 낮게 나타났다 (P<0.05). 12주째에는 C₀와 C₂₅ 실험구가 C₅₀과 C₁₅₀ 실험구에 비해 유의적으로 낮은 경향을 보였지만 (P<0.05), 24주째 부터는 C₀ 실험구에서만 다른 모든 실험구들에 비해 유의적으로 낮아지면서 (P<0.05) 실험종료 28주까지 이러한 성장패턴이 계속 유지되었다. 28주까지의 전체 성장 효과는 Table 4에 나타내었

다. 사료 전환효율 (FCR), 일일성장율 (SGR) 그리고 단백질전환효율 (PER)에서 증체율의 결과와 같이 C₀ 실험구에서만 다른 실험구들에 비해 유의적으로 낮게 나타났다 (P<0.05). 간중량지수는 C₇₅ 실험구에서만 C₀ 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났고, 나머지 실험구들간에는 유의적인 차이가 없었다 (P<0.05). Hematocrit과 hemoglobin에서는 모든 실험구별로 유의적인 차이가 없었다 (P<0.05).

어류 조직내의 vitamin C 축적 결과는 Table 5에 나타내었다. 근육과 뇌의 비타민 C 축적량은 C₀ 실험구가 C₁₅₀과 C₁₅₀₀ 실험구들에 비해 유의적으로 낮았다 (P<0.05). 간내의 축적량은 C₁₅₀₀의 고농도 실험구에서만 다른 실험구에 비해 유의적으로 높았고 (P<0.05), 나머지 실험구들간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다 (P>0.05). 아가미에서도 C₁₅₀₀ 실험구에서 가장 높았고 (P<0.05), 다음으로 C₂₅ 실험구에서 나머지 실험구들에 비해 유의적으로 높았으며 (P<0.05), 나머지 실험구들간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다 (P>0.05).

전어체 분석결과 (Table 6), 회분에서 C₀ 실험구가 C₂₅와 C₅₀ 실험구들에 비해 유의적으로 낮게 나타났다 (P>0.05). 그러나 단백질, 지방, 수분에서는 모든 실험구별로 유의적인 차이를 보이지 않았다 (P<0.05).

Table 4. Percent weight gain, feed conversion ratio (FCR), protein efficiency ratio (PER), specific growth rate (SGR), hematocrit, hemoglobin, and hepatosomatic index (HSI) in Korean rockfish (*Sebastes schulegelfi*) fed six different levels of vitamin C for 28 weeks¹

	Diets						Pooled SEM ²
	C ₀	C ₂₅	C ₅₀	C ₇₅	C ₁₅₀	C ₁₅₀₀	
Weight gain (%)	262 ^b	343 ^a	337 ^a	322 ^a	322 ^a	320 ^a	7.31
FCR	70.15 ^b	81.72 ^a	76.14 ^{ab}	79.56 ^a	79.47 ^a	82.30 ^a	1.26
SGR ³ SGR (%) ³	0.65 ^b	0.75 ^a	0.68 ^a	0.71 ^a	0.72 ^a	0.72 ^a	0.01
PER ⁴	1.28 ^b	1.56 ^a	1.51 ^a	1.53 ^a	1.54 ^a	1.63 ^a	0.03
HSI ⁵	3.41 ^{bc}	3.67 ^{abc}	3.38 ^c	4.03 ^a	3.51 ^{abc}	3.92 ^{ab}	0.06
Hematocrit (%)	54.2	54.3	56.7	54.3	56.5	56.7	0.58
Hemoglobin (g/dl)	10.8	10.2	11.4	10.9	10.3	11.0	0.31

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

² Pooled standard error of mean

³ Specific Growth Rate: (ln final wt.-ln initial wt.)×100/days

⁴ Protein Efficiency Ratio: wet weight gain(g)/protein intake(g)

⁵ Hepatosomatic index: liver weight×100/body weight

조피볼락 치어의 장기간 사육에 있어서 사료내 L-ascorbic acid 농도가 성장과 조직내 Vitamin C 농도에 미치는 영향

Table 5. Four different tissue concentrations of vitamin C (mg AA/kg tissue) in Korean rockfish (*Sebastes schulegei*) fed six different levels of vitamin C for 28 weeks¹

	Diets						Pooled SEM ²
	C ₀	C ₂₅	C ₅₀	C ₇₅	C ₁₅₀	C ₁₅₀₀	
Muscle	8.0 ^c	10.3 ^{bc}	9.7 ^c	9.4 ^c	12.6 ^b	27.5 ^a	1.59
Liver	43.3 ^b	26.6 ^b	43.1 ^b	35.3 ^b	50.7 ^b	180.2 ^a	13.16
Gill	30.1 ^c	56.3 ^b	36.4 ^c	23.1 ^c	28.9 ^c	128.1 ^a	8.78
Brain	37.8 ^d	57.1 ^{cd}	42.9 ^d	102.4 ^{ab}	86.3 ^{bc}	136.2 ^a	9.22

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

² Pooled standard error of mean

Table 6. Whole body composition data after 28 weeks (dry matter basis)¹

Periods	Diets						Pooled SEM ²
	C ₀	C ₂₅	C ₅₀	C ₇₅	C ₁₅₀	C ₁₅₀₀	
Protein	54.4	54.9	55.8	55.7	55.0	56.7	0.43
Lipid	30.5	31.0	29.7	30.3	30.2	29.2	0.32
Moisture	69.7	71.0	70.9	70.4	70.1	70.5	0.20
Ash	12.2 ^b	14.8 ^a	14.9 ^a	13.1 ^{ab}	13.7 ^{ab}	13.9 ^{ab}	0.33

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

² Pooled standard error of mean

고 찰

여러 수준의 비타민 C 첨가 사료 공급에 따른 28 주간의 실험 결과는 C₀ 실험구가 증체율, 사료전환효율, 일일성장율, 단백질전환효율에서 다른 실험구들에 비하여 유의적으로 낮게 나타났다. 그리고 25 mg AA/kg diet 실험구 (C₂₅)에서는 Table 3과 Fig. 1에서 보는바와 같이 20주 이후부터는 (약 40~50 g 크기) 1500 mg AA/kg diet 실험구 (C₁₅₀₀)에 비해 성장에 있어서 유의적인 차이가 없었다. 따라서 조피볼락 치어의 최대성장을 위한 사료내 비타민 C 요구량은 C₂₅ 실험구에 함유된 (Table 2) 65 mg AA/kg diet 정도인 것으로 추정할 수 있겠다. 이러한 수준은 Hardie et al. (1991)의 대서양연어 실험에서 비타민 C가 50 mg/kg 이상 첨가된 실험구간에서 성장 차이가 없었다고 보고한 것과 유사한 결과이다.

본실험에서 병리적 결핍 증상 (척추만곡, 안구돌출 등)이 나타나지 않은 것은 실험 시작시의 평균 어체 무게가 12 g 이상인 큰 치어를 사용하였고, 무엇보다

도 비타민 함량이 가장 적은 C₀ 사료구의 비타민 C 함량이 사료의 기호성을 높이기 위해 첨가한 사료내 어분때문에 약 40 mg AA/kg diet의 농도로 병리적 결핍증상을 유도하기에는 다소 높은 농도로 제조되었기 때문이라 생각된다. 또한 본 실험의 성장 결과는 현재까지 진행되어온 조피볼락 사육 실험들과 비교해서 다소 성장이 부진하였다고 할 수 있는데, 이는 본 실험에서 부득이하게 만들수 밖에 없었던 반정제사료를 사용하였기 때문이라 여겨진다.

어체 조직내의 AA농도는 그 어류의 비타민 C 영양 상태를 나타내는 지표로 많이 이용되어 왔는데, 어류에서는 지금까지 간 (liver)과 전신 (anterior kidney)의 AA농도가 주로 사용되었다. Halver et al. (1975)은 어체 조직내 비타민 C의 농도 중 전신의 AA농도를 중요시 하였고, Thompson et al. (1993)은 대서양연어에서 간과 신장의 AA농도를 사용하였다. 그러나 Lim and Lovell (1978)은 차넬메기에서 전신의 AA농도는 사료내 비타민 C 농도의 차이를 반영하지 못하고, 또한 그 양이 적고 전신을 분리해 내기 힘든점을 고려

하여 간의 AA농도를 비타민 C의 영양 상태를 표시하는 중요한 지표로 사용하였으며, 많은 연구자들(Hilton et al., 1977b; Murai et al., 1978; Skelbaek et al., 1990; Hardie et al., 1991)에 의해 간의 AA농도가 사료내 비타민 C 첨가농도와 서로 상관 관계가 높다고 보고되었다.

본 실험에서는 28주간의 사육 실험 후에 근육, 간, 아가미, 그리고 뇌의 네가지 조직에서 AA농도를 분석하였는데 $C_0 \sim C_{150}$ 실험구들 사이에서는 뚜렷한 어떤 경향을 찾을 수가 없었지만, 고농도 첨가구인 C_{1500} 실험구가 네가지 조직에서 모두 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$). Table 5의 비타민 C 분석 결과는 사료내 비타민 C 함량을 달리한 사료를 28주간 공급했을때의 조피볼락 조직내에 축적되게 되는 비타민 C의 대략적인 농도 수치를 보여줄 수 있는 기초 자료가 될 수 있을 것이라 생각한다. 또한 조직내 비타민의 농도는 뇌, 아가미 그리고 간에서 근육에 비하여 높게 측정되었으나, 체중에 차지하는 비율로 계산한 어체 조직내의 비타민 C 총량은 근육에 가장 많을 것으로 생각된다. 그러나 단위 무게당 축적 농도가 가장 높은 조직은 결과에서 보듯이 뇌이며, 이는 어류의 뇌에서 비타민 C가 어체내의 중요한 생화학적 반응에 많이 사용될 수 있는 가능성을 시사하고 있는데, 이러한 사실은 이전의 초기 실험(Bai et al., 1996)과 틸라피아(Jauncey et al., 1985; Al-Amoudi et al., 1992)의 결과와 일치하고 있다.

정제 사료를 16주 동안 공급한 차넬메기의 실험(Bai and Gatlin, 1992)에서 비타민 C를 첨가하지 않은 실험구와 1500 mg/kg diet 농도로 첨가한 실험구에서의 간과 근육내의 비타민 C 함량은 거의 본 실험과 같은 결과를(조피볼락의 조직에서 약간 낮음) 보이고 있다. 그러므로 요구량 설정 실험에 있어서도 근육내 비타민 C의 농도는 중요한 측정치로서 사용될 수 있으리라 생각된다. 비타민 C의 일반적인 역할 외에 단기간일지는 모르지만 근육내에 축적이 되어진다는 사실은 흥미로운 사실이다. 일반적으로 수용성 비타민은 체내축적이 안된다는 가설이 일반적으로 받아들여지고 있지만 몇가지 예외는 이미 오래전에 보고된 바 있다. 예를 들면, 필수아미노산 중에 tryptophan은 비타민 B 그룹 중의 하나인 niacin의 전구물질로써 쓰여질 수 있으며(Rosen et al., 1946), 쥐에

있어서는 근육의 phosphorylase가 비타민 B₆의 저장체로서 역할을 할 수 있다고 오래전에 제안되었다(Black et al., 1978).

비타민 C는 열, 공기 그리고 빛에 매우 불안정하기 때문에 사료 제조시에 약 30~40% 가량 파괴가 일어나며, 6주간의 실은 보관시에는 약 90% 가량 손실이 있다는 보고도 있었지만(Steffens, 1989; Skelbaek et al., 1990), 일반적으로 실온에서의 비타민 C 소실 반감기는 약 6~10주 정도라고 알려져 있다(Lovell and Lim, 1978; Hilton et al., 1977a). 또한 Hilton et al. (1977a)은 펠릿 제조 방법의 차이가 비타민 C의 안정성에 큰 영향을 미친다고 보고하기도 하였다. 본 실험에서는 사료제조 후 6개월간 -35°C 에 냉동보관한 다음 비타민 C를 측정된 결과, 약 30% 미만의 손실이 있었음을 알 수 있었다. 이것은 양어 배합사료에 비타민 C를 첨가할 경우, 반드시 제조시의 손실과 보관시의 손실을 감안한 것으로 계산되어 첨가되어야 함을 보여준다.

따라서 본 실험의 성장 결과로 미루어 보아, 평균 약 12 g 정도의 조피볼락 치어 육성을 위한 비타민 C 최소 요구량은 대략적으로 약 65 mg AA/kg diet 정도 일 것으로 판단되며, 실용 사료의 제작에 있어서는 어류의 크기, 사육기간, 사료 제조 과정과 보관시의 손실 그리고 사료 공급시 물속에 누출되는 점 등의 여러 조건을 감안해야 한다고 생각된다.

요 약

본 실험은 조피볼락에서의 비타민 C 함량을 달리한 6가지 반정제사료를 28주간 공급했을때의 성장 효과와 그에 따른 네가지 조직에서의 비타민 C 축적량 및 비타민 C 요구량을 조사하기 위해 실시되었다. 4주간의 예비 사육 기간에는 어체내에 축적되어 있을 비타민 C 함량을 최소화하기 위해 비타민 C를 첨가하지 않은 C_0 사료를 공급하였다. 실험어는 실험 시작 평균 체중이 12.6 g인 조피볼락 치어를 사용하였으며, 6개 실험구로 나누어 3반복으로 하였으며, 6가지 실험 사료의 비타민 C 첨가 농도는 다음과 같다; 0, 25, 50, 75, 150 and 1500 mg L-ascorbic acid (AA)/kg diet (C_0 , C_{25} , C_{50} , C_{75} , C_{150} , and C_{1500}).

조피볼락 치어의 장기간 사육에 있어서 사료내 L-ascorbic acid 농도가 성장과 조직내 Vitamin C 농도에 미치는 영향

총 28주간의 사육 실험 결과, 증체율, 사료전환효율, 일일성장율, 단백질전환효율은 C₀ 실험구가 다른 모든 실험구들에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며 다른 실험구들 간에는 유의적인 차이가 없었다 (P<0.05). 28주간 사육 실험 후의 조직내 비타민 C 분석결과, 네가지 조직 중 총 비타민 C 함량이 가장 높은 조직은 근육이며, 단위 무게당 비타민 C 함량이 가장 높은 조직은 뇌임을 알 수 있었다. 사료내 비타민 C 분석결과, C₂₅ 사료구의 비타민 C 농도는 64.5 mg AA/kg diet로 나타났다. 따라서 성장기 조피볼락에 있어서 사료내 비타민 C 요구량은 약 65 mg AA/kg diet 정도 일 것으로 추정된다.

참 고 문 헌

- Al-Amoudi, M.M., A.M.N. El-Nakkadi and B.M. El-Nouman. 1992. Evaluation of optimum dietary requirement of vitamin C for the growth of *Oreochromis spilurus* fingerlings in water from the Red Sea. *Aquaculture*, 105, 165~173.
- Association of Official Analytical Chemists. 1995. *Official Methods of Analysis*, 16th edition. AOAC International, Arlington, VA.
- Bai, S.C. and D.M. Gatlin III. 1992. Dietary rutin has limited synergistic effects on vitamin C nutrition of fingerling channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Fish Physiol. Biochem.*, 10, 183~188.
- Bai, S.C., K.J. Lee and H.K. Jang. 1996. Development of an experimental model for vitamin C requirement study in Korean rockfish, *Sebastes schlegelii*. *J. Aqua.*, 9 (2), 169~178 (in Korean with English abstract).
- Black, A.L., B.M. Guirard and E.E. Snell. 1978. The behavior of muscle phosphorylase as a reservoir for vitamin B-6 in the rat. *J. Nutr.*, 108, 670~677.
- Blazer, V.S. 1992. Nutrition and disease resistance in fish. *Annu. Rev. Fish Dis.*, 2, 309~323.
- Dabrowski, K. 1990. Gulonolactone oxidase is missing in teleost fish. The direct spectrophotometric assay. *Chem. Hoppe-Seyler*, 371, 207~214.
- Durve, V. S. and R.T. Lovell. 1982. Vitamin C and disease resistance in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39, 948~951.
- El Naggar, G. O. and R. T. Lovell. 1991. L-Ascorbyl-2-monophosphate has equal antiscorbutic activity as L-ascorbic acid but L-ascorbyl-2-sulfate is inferior to L-ascorbic acid for channel catfish. *J. Nutr.*, 121, 1622~1626.
- Folch, J., M. Lees and G.H. Sloane-Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, 497~509.
- Halver, J.E., L.M. Ashley and R.R. Smith. 1969. Ascorbic acid requirements of coho salmon and rainbow trout. *Trans Am. Fish. Soc.*, 90, 762~771.
- Halver, J. E., R.R. Smith, B.M. Tolbert and E.M. Baker. 1975. Utilization of ascorbic acid in fish. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 258, 81~102.
- Hardie, L.J., T.C. Fletcher and C.J. Secombes. 1991. The effect of dietary vitamin C on the immune response of the Atlantic salmon. *Aquaculture*, 95, 201~214.
- Hilton, J.W., C.Y. Cho and S.J. Slinger. 1977a. Factors affecting the stability of supplemental ascorbic acid in practical trout diets. *J. Fish. Res. Board Can.*, 34, 683~687.
- Hilton, J.E., C.Y. Cho and S.J. Slinger. 1977b. Evaluation of ascorbic acid status of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Fish. Res. Board Can.*, 35, 431~436.
- Hilton, J. W., C.Y. Cho and S. J. Slinger. 1978. Effect of graded levels of supplemental ascorbic acid in practical diets fed to rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Fish. Res. Board Can.*, 35, 431~436.
- Jauncey, K., A. Soliman and R.J. Roberts. 1985. Ascorbic acid requirements in relation to wound healing in the cultural tilapia, *Oreochromis niloticus* (Trewavas). *Aquacult. Fish. Manage.*, 16 (12), 139~149.

- Lall, S.P., G. Oliver, D.E.M. Weerakoon and J.A. Hines. 1990. The effect of vitamin C deficiency and excess on immune response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). pp. 427~441 in Proceedings of the Fish Nutrition Meeting, Toba, Japan, M. Takeda and T. Watanabe, eds. Tokyo, Japan Translation Center.
- Lim, C. and R. T. Lovell. 1978. Pathology of the vitamin C deficiency syndrome in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). J. Nutr., 108, 1137~1146.
- Lovell, R. T. and C. Lim. 1978. Vitamin C in pond diets for channel catfish. Trans. Am. Fish. Soc., 107, 321~325.
- Murai, T., J.W. Andrews and J.C. Bauernfeind. 1978. Use of L-ascorbic acid, ethocel coated ascorbic acid and ascorbate 2-sulphate in diets for channel catfish (*Ictalurus punctatus*). J. Nutr., 108, 1761~1766.
- NAS (National Academy of Sciences). 1973. Nutrient requirements of trout, salmon and catfish. NAS, Washington, D. C. 50 pp.
- NRC (National Research Council) 1993. Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes. National Academy Press, Washington, DC, 102 pp.
- Rosen, F., J.W. Huff and W.A. Perlzweig. 1946. The effects of tryptophan on the synthesis of nicotinic acid in the rat. J. Biol. Chem., 163, 343~344.
- Sandel, L.J. and J.C. Daniel. 1988. Effect of ascorbic acid on collagen in RNA levels in short term chondrocyte cultures. Connect. Tissue Res., 17, 11~22.
- Shimeno, S. 1991. Yellowtail, *Seriola quinqueradiata*. In: Handbook of nutrient Requirements of Finfish. pp. 181~191. R.P. Wilson, ed. Boca Raton, Fla, CRC Press.
- Skelbaek, T., N.G. Andersen, M. Winning and S. Westergaard. 1990. Stability in Fish Feed and Bioavailability to Rainbow Trout of two Ascorbic Acid Forms. Aquaculture, 84, 335~343.
- Steffens, W. 1989. Principles of Fish Nutrition. Ellis Horwood, Chichester, 384 pp.
- Stickney, R.R., R.B. McGeachin, D.H. Lewis, J. Marks, R. Riggs, F. Sis, E.H. Robinson and W. Wurts. 1984. Response of *Tilapia aurea* to dietary vitamin C. J. World Maricult. Soc., 15, 179~185.
- Thompson, I., A. White, T.C. Fletcher, D.F. Houlihan and C.J. Secombes. 1993. The effect of stress on the immune response of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed diets containing different amounts of vitamin C. Aquaculture, 114, 1~18.
- Wilson, R.P. 1973. Absence of ascorbic acid synthesis in channel catfish, *Ictalurus punctatus* and blue catfish, *Ictalurus frucatus*. Comp. Biochem. Physiol., 46B, 636~638.

1996년 4월 17일 접수

1996년 9월 3일 수리