

습사료에 비타민 C와 E 첨가가 넙치 치어의 성장과 체성분에 미치는 영향

정관식 · 지승철[†] · 안창범* · 신태선* · 유진형
여수대학교 수산생명과학부, *식품공영양학부

Effects of Supplementary Vitamin C and E to Moist Pellet Diet on Growth and Body Composition of Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Gwan Sik JEONG, Seung Cheol Ji[†], Chang Bum AHN*,
Tae Sun SHIN* and Jin Hyong YOO
Division of Aqua Life Science, *Division of Food Technology and Nutrition,
Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

This study was conducted to investigate the supplementary effects of vitamin C and E to moist pellet on growth and body composition in juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). Four groups of diet made : moist pellet (MP) diet group was used as the control group where the ratio of raw feed and commercial compound meal is 5:5 (CP 30%, CL 17%), vitamin C added group (VC), vitamin E added group (VE) and vitamin C and E added group (VCE). The supplementary amount of vitamin C and E corresponded to 1000 mg/kg (dry wt.) and 220 mg/kg (dry wt.), respectively. Vitamin C was destroyed 50% and vitamin E was destroyed 20% for manufacturing process. After 8 weeks feeding trial, weight gain was 121.9% in MP group, while it ranged from 180.5 to 184.9% in the VC, VE and VCE group. Feed efficiency was 71.6% in MP group, whereas it ranged from 78.7 to 80.6% in the VC, VE and VCE group, weight gain and feed efficiency of fish fed vitamin supplemented diets were significantly higher than control group and no significant difference among the vitamin added groups was observed ($p>0.05$). There were no significant differences in moisture, crude protein, crude lipid, crude ash, condition factor (CF), hepatosomatic index (HSI), and visceraweight index (VWI) of body composition. Hemoglobin (Hb) was 3.79% in MP group, whereas 4.99% in VC group, 4.55% in VE group and 5.07% in VCE group; Hb was significantly higher in the vitamin added groups than the control group ($p<0.05$). Vitamin C retention in liver was 18.1, 20.7, 46.6, 54.0 mg/kg in MP, VE, VC and VCE groups, respectively. Vitamin E retention in liver was 25.9, 53.8, 88.2, 124.5 mg/kg in MP, VC, VE and VCE groups, respectively. These results indicate that supplementation of vitamin C and E to moist pellet diet significantly improved growth and feed efficiency of olive flounder, and the mixed addition of vitamin C (1,000 mg/kg dry wt.) and vitamin E (220 mg/kg dry wt.) did not lead to the synergy effect.

Key words: Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*, Moist pellet diet, Vitamin C, Vitamin E

서론

비타민은 생물에 있어서 성장, 발육 및 대사기능에 비교적 적은 양으로 중요한 역할을 하는 미량 유기화합물로서 생체에 필수영양소로 작용한다. 비타민은 육상 포유동물뿐만 아니라 어류에서도 중요한 생리기능을 지니고 있으나, 대부분의 어종에서 체내 합성이 이루어지지 않기 때문에 (Kitamura et al., 1965; Wilson, 1973) 양식어류의 정상적인 성장을 위해서는 사료 제조 시 비타민 혼합물 (Vitamin premix) 형태로 별도 배합하여 첨가해야 한다 (Halver, 1972, Lee and Kim, 1996).

비타민 C는 수용성으로 콜라겐 형성에 중요한 영양소이며 (Sandel and Daniel, 1988), 비타민 E와 함께 지방의 산화 억제 (Heikkila and Manzino, 1987), 어류의 면역체계 관

여 (Blazer and Wolke, 1984), 어류의 환경 스트레스에 반응하여 분비되는 cortisol 호르몬의 증가 억제 등의 역할이 보고되었다 (Ainsworth and Bowser, 1985; Robertson et al., 1987).

비타민 E는 생체막, 지단백질, 지방 특히 불포화지방산의 산화를 억제한다고 알려져 있으며, 이와 같은 항산화 기능 때문에 식품이나 사료 등의 변질을 강력하게 억제하는 안정제로 이용되기도 한다 (Jo and Chun, 1990; Nishina, 1991). 특히, 비타민 C는 수용성으로 열, 빛, 수분 등에 매우 불안정하여 손실 비율이 크므로 사료 제조 또는 장기 저장시 첨가량이 충분히 고려되어야 한다 (Steffens, 1989; Skelbaek et al., 1990).

국내의 주요 양식대상종 조피볼락은 국내에서 완전배합 사료 개발이 이루어졌으며 (Lee et al., 1993, 1995, 1996), 비타민 첨가효과와 요구량에 대한 연구도 수행되었다 (Bai

[†] Corresponding author: jsc0414@hanmail.net

et al., 1996; Bai and Lee, 1996; Lee and Kim, 1996). 국내 해산어 양식에 있어서 주요 사료 공급 형태는 생사료와 분말배합사료를 일정 비율로 혼합한 습사료 (MP, moist pellet)에 의존하고 있다. MP사료는 수분 함량이 높고 어유에는 고도불포화지방산 (HUFA, highly unsaturated fatty acid)이 많아 쉽게 산화를 일으켜 양식어류에 피해를 줄 수 있으므로 비타민 C와 E의 첨가가 필요하다. 넙치의 경우는 국내에서의 사료개발에 관한 연구가 미흡한 편이며, 미타민 첨가 효과도 많은 연구가 이루어지지 못했다. 또한, 양식현장에서는 거의 대부분 생사료와 MP사료 공급체계를 갖추고 있으며, 고가의 각종 영양제와 미타민제를 첨가하여 사용하고 있다.

현재까지의 미타민 첨가효과와 요구량에 관한 연구들은 SMP (single moist pellet), DP (dry pellet), EP (extruded pellet) 등의 정제사료나 반정제사료를 대상으로 수행되어 왔으며 (Dabrowski et al., 1988; Satoh et al., 1987; Bai et al., 1996), 양어 현장에서 주로 사용하고 있는 MP사료에 대한 적용은 미흡하였다. 또한, 미타민 C와 E의 혼합 첨가에 따른 효과도 충분히 검토되지 못했다. 습사료는 다량의 수분을 함유하고 있으며, 생사료와 분말배합사료를 MP제조기를 이용한 제조과정에서 미타민의 손실이 예상되므로 이에 대한 검토를 통해 적정 첨가량을 결정해야 할 것이다.

본 연구는 양식 현장에서 주로 사용하고 있는 MP사료에 대하여 제조과정에서의 미타민 C와 E의 손실 정도를 조사하고, 넙치 사육 실험을 통해 성장과 체성분에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

실험어 및 사육환경

실험에 이용된 넙치 (*Paralichthys olivaceus*) 치어는 개인 양어장의 것을 구입하여 활어차로 운반 후 2 톤 FRP 수조에 수용하여 MP사료 (생사료:분말사료 = 5:5)로 4주간 예비사육 후 크기가 고른 것을 선별하여 실험어로 사용하였다. 실험어의 평균 체중은 31.4 g이었으며, 150 L 사육수 용량에 각각 30 마리씩 2반복으로 무작위 수용하였다. 사육기간 중 수온은 19.5-23.5°C, pH는 7.34-8.56, DO는 7.8-8.2 ppm 범위였다. 사료 공급은 1일 2회 (8:30, 17:30h) 공급하였으며, 유수식 (5 L/min)으로 8주간 사육실험을 실시하였다.

실험사료

실험에 사용된 실험사료의 조성은 Table 1에 나타내었다. 실험사료는 대조구로써 생사료와 분말사료를 5:5로 혼합한 MP구 (MP), 미타민 C를 첨가한 VC구 (VC), 미타민 E를 첨가한 VE구 (VE), 미타민 C와 E를 혼합 첨가한 VCE구 (VCE)로 4개의 실험구를 설치하였다.

MP사료 제조에 있어 생사료로 고등어를 사용하였으며, 어유는 오징어간유로 첨가량은 6%로 고정하였으며, 분말

배합사료는 넙치용 조단백질 45% 사료를 사용하였다. 첨가제로 사용된 미타민 C는 L-ascorbic acid (식물성경화유코팅, 순도 90%)를, 미타민 E는 순도 50%에 부영제로 glucose가 함유된 DL- α -tocopherol acetate를 사용하였다. 미타민 C와 E의 첨가량은 해산어류인 방어의 첨가량 (Shimeno, 1991)과 MP사료내의 40% 가량의 수분함량 및 본 실험에 사용된 미타민 C와 E의 순도를 고려하여 건조사료 1 kg 미타민 C는 1000 mg/kg 건조사료, 미타민 E는 220 mg/kg 건조사료가 되도록 첨가하였다.

사료제조는 분말배합사료에 미타민과 어유를 첨가하여 고루 섞은 후, 초퍼기로 분쇄된 냉동 고등어와 고루 혼합하여 moist pellet 제조기로 압출 성형하였다. 사료는 -25°C 냉동고에 냉동 보관하면서 공급하였으며, 실험어가 성장함에 따라 크기를 조절하였다.

분석 및 통계처리

실험어 측정은 실험 개시시와 종료시인 8주 후에 MS-222 100 ppm으로 마취한 후 실험어 전체 무게를 측정하였다. 실험종료 후 전장, 체중, 간중량, 내장중량 등을 측정하였으며, 전어체 일반성분 분석을 위하여 각 실험구당 5마리씩 무작위로 추출하여 분석 전까지 냉동보관 (-45°C) 하였다. 또한, 조직내 미타민 C와 E 분석을 위해 실험구당 각 5마리씩 근육과 간을 추출하여 분석 전까지 냉동보관 (-45°C) 하였다.

실험사료 및 전어체의 일반 성분분석은 AOAC (1990)의 방법에 따라 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소질량법 (N×6.25), 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 직접회화법으로 분석하였다. 미타민 C는 hydrazine 비색법으로 정량하였다. 즉, 시료 일정량에 5% 인산용액을 넣어 균질기로 마쇄 후 원심분리 시켜 상층액만을 5% 인산용액으로 100 mL로 정용하였다. 이 중 2 mL을 취하여 0.2% 인도페놀용액 1방울 첨가 후 티오우레아인산 용액과 DNP 용액을 각각 2 mL 및 1 mL씩 순차적으로 첨가한 다음 37°C에서 3시간 동안 반응시켰다. 이를 식혀 85% 황산 5 mL을 가하여 흡광도를 측정하고 표준품으로 작성된 검량선을 이용해 정량하였다. 미타민 E 분석은 test tube에 시료를 일정량 정량하여 0.1 g ascorbic acid과 ethanol 5 mL 첨가 후 마쇄시킨 다음 증류수 2 mL과 hexane 5 mL을 첨가하였다. 이것을 하루 방치한 후 test tube를 교반한 다음 원심분리시켜 (1000 rpm, 5분, 3반복) 상층액을 취하였다. 상층액은 질소 가스로 hexane을 휘발시킨 다음 hexane 1 mL로 다시 정용하여 HPLC (μ BondapakTM C18 3.9×300 mm column)로 분석하였다.

모든 결과의 통계처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성을 SPSS (SPSS Inc., 1997) program을 사용하여 검정하였다.

Table 1. Composition of experimental diets for olive flounder, *P. olivaceus*

	Experimental groups			
	MP	VC	VE	VCE
Commercial compound meal (g/100 g diet) ¹	50	50	50	50
Frozen mackerel (g/100 g diet) ²	50	50	50	50
Squid liver oil (g/100 g) ³	6	6	6	6
Vitamin C (mg/kg diet) ⁴	-	1,000	-	1,000
Vitamin E (mg/kg diet) ⁵	-	-	220	220
Nutrient composition (based on wet matter)				
Moisture (%)	30.1	30.1	28.5	28.3
Crude protein (%)	31.2	31.2	32.5	32.1
Crude lipid (%)	17.1	16.1	16.0	17.1
Crude ash (%)	8.2	8.4	8.6	8.6
Vitamin C (mg/kg) ⁶	tr	798.5	tr	800.8
Vitamin E (mg/kg) ⁶	37.8	35.3	150.7	145.7

¹Provided by Purina Korea Feeds Company.²*Trachurus japonicus*.³Ehwa-oil company.⁴Provided by Dae Sung Micro Biological Labs (Purity: 90%, L-ascorbic acid).⁵Provided by Dae Sung Micro Biological Labs (Purity: 50%, DL- α -tocopherol acetate).⁶Dry matter.

결 과

사료성분

실험사료의 구성에 따른 일반성분 및 비타민 함량을 Table 1에 나타내었다. 수분함량은 28.3-30.1%, 조단백질 함량은 31.2-32.5%, 조지방 함량은 16.0-17.3%, 조회분 함량은 8.2-8.6% 범위로 조절되었다. 비타민 C는 VC구가 798.5 mg/kg, VCE구가 800.8 mg/kg이었고, MP구 및 VE구에는 비타민 C가 검출되지 않았다. 비타민 E는 VE구가 150.7 mg/kg, VCE구가 145.7 mg/kg이었으며, MP 및 VC구는 각 37.8, 35.3 mg/kg이었다. 한편, MP사료 제조의 원료로 이용되는 고등어와 분말배합사료에 함유되어 있는 비타민 C와 E의 함량을 Table 2에 나타내었다. 냉동 고등어에는 비타민 C와 E가 각 7.2, 8.9 mg/kg 함유되어 있었으며, 배합사료에는 10.2, 30.7 mg/kg 함유되어 있었다.

성장 효과

넙치 치어에 대한 8주간의 사육실험 결과를 Table 3에 나타내었다. 어체중은 MP구가 76.0 g인 것에 비해 비타민

첨가구는 88.4-91.6 g으로 유의적으로 높은 성장을 보였으며 ($p < 0.05$), 비타민 첨가구간에는 유의적인 차이가 없었다. 성장율은 MP구 121.9%에 비해 비타민 첨가구들은 180.5-184.9% 범위로 대조구보다 비타민 첨가구들이 유의적으로 높은 성장률을 나타냈다 ($p < 0.05$). 사료효율에서도 MP구의 71.6%에 비해 비타민 첨가구들이 78.7-80.6%로 유의적으로 높았으며 ($p < 0.05$), 단백질 전환효율 (PER)도 MP구의 2.29에 비해 비타민 첨가구가 2.50-2.59로 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$). 일간사료섭식율 (DFI)은 2.42-2.55%로 전체 실험구 간에 유의적 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$).

어체성분 및 내장지수

전어체 성분 및 내장지수 결과를 Table 4에 나타내었다. 수분함량은 70.8-72.7%, 조단백질은 16.1-16.7%, 조지방은 5.92-6.72%, 조회분은 3.5-3.8%의 범위로서 전어체의 일반 성분은 실험구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$).

비만도 (CF)는 0.95-1.02이었으며, 간중량지수 (HSI)는 1.89-2.11%의 범위로서 실험구간에 유의적인 차이가 없었다 ($p > 0.05$). 내장중량지수 (VSI)도 유의적인 차이를 보이지 않았으나 ($p > 0.05$), MP구가 5.37%에 비해 첨가구가 각각 4.93, 4.53, 4.83%로써 다소 낮은 경향을 보였다. 헤마토크리트 (Ht)는 26.4-27.8%로 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 ($p > 0.05$), 헤모글로빈 (Hb)의 양은 MP구가 3.79%에

Table 2. Content of vitamin C and E in dietary protein sources (mg/kg, dry matter) for olive flounder, *P. olivaceus*

	Frozen Mackerel	Commercial compound meal (CP 45%)
Vitamin C	7.2 \pm 2.3	10.2 \pm 2.5
Vitamin E	8.9 \pm 1.8	30.7 \pm 6.3

Table 3. Performance of olive flounder, *P. olivaceus* fed the experimental diets for 8 weeks feeding trial*

	Experimental groups			
	MP	VC	VE	VCE
Initial mean body wt. (g/fish)	31.4±0.52	31.5±0.71	31.8±1.10	31.4±0.97
Final mean body wt. (g/fish)	76.0±5.85 ^a	88.4±5.45 ^b	89.7±1.80 ^b	91.6±6.10 ^b
G (%) ¹	141.9±18.70 ^a	180.5±17.25 ^b	182.2±5.65 ^b	184.9±18.85 ^b
FE (%) ²	71.6±9.45 ^a	80.6±7.75 ^b	79.4±2.45 ^b	78.7±8.05 ^b
DFI (%) ³	2.42±0.10 ^a	2.47±0.13 ^a	2.43±0.13 ^a	2.55±0.12 ^a
PER ⁴	2.29±0.12 ^a	2.55±0.15 ^b	2.59±0.13 ^b	2.50±0.09 ^b

¹Weight gain: (final body wt. - initial body wt.) / (initial body wt.) × 100.

²Feed efficiency: (fish weight gain × 100) / total feed intake.

³Daily feed intake: (feed intake × 100) / [(initial body wt. + final body wt.) / 2] × days fed.

⁴Protein efficiency ratio: body wt. gain / protein intake.

*Values (mean ± SE of two replicate group) with a different superscript within the same row are significantly different (p < 0.05).

Table 4. Chemical composition (%) of whole body and hepatosomatic index (HSI), visceraweight index (VWI), condition factor (CF), hematocrit (Ht) and hemoglobin (Hb) of flounder, *P. olivaceus* fed the experimental diets for 8 weeks*

	Experimental groups			
	MP	VC	VE	VCE
Moisture	71.84±0.29	71.65±0.51	72.68±0.27	70.76±0.16
Crude protein	16.48±0.38	16.12±0.27	16.13±0.45	16.73±0.29
Crude lipid	6.35±0.36	5.92±0.61	6.24±0.42	6.72±0.54
Crude ash	3.57±0.16	3.79±0.14	3.50±0.14	3.78±0.11
Index				
HSI (%) ¹	2.08±0.49 ^a	2.11±0.14 ^a	1.89±0.12 ^a	2.05±0.15 ^a
VWI (%) ²	5.37±0.67 ^a	4.93±0.16 ^a	4.53±0.14 ^a	4.83±0.22 ^a
CF ³	1.00±0.04 ^a	1.02±0.03 ^a	0.95±0.04 ^a	1.00±0.04 ^a
Ht (%)	27.8±1.11 ^a	27.2±2.73 ^a	26.4±0.93 ^a	27.0±2.57 ^a
Hb (g/dl)	3.79±0.35 ^a	4.99±0.40 ^{bc}	4.55±0.19 ^b	5.07±0.44 ^c

¹Hepatosomatic index (%) : liver wt. × 100 / body wt.

²Visceraweight index (%) : (viscera wt. + liver wt.) × 100 / body wt.

³Condition factor: (body wt. / total length³) × 100.

*Values (mean ± SE) with different superscript within the same are significantly different (p < 0.05).

Table 5. Content of vitamin C and E (mg/kg) in liver and muscle of olive flounder, *P. olivaceus* fed the experimental diets for 8 weeks (wet matter)*

		Diets			
		MP	VC	VE	VCE
Liver	Vitamin C	18.1±3.4 ^a	46.6±7.6 ^b	20.7±2.9 ^a	54.0±6.9 ^c
	Vitamin E	25.9±4.4 ^a	53.8±3.5 ^a	88.2±8.8 ^c	124.5±11.2 ^d
Muscle	Vitamin C	9.8±2.1 ^a	14.2±1.8 ^a	10.7±3.0 ^a	14.8±2.2 ^a
	Vitamin E	5.3±0.9 ^{ab}	4.0±1.1 ^a	6.1±1.5 ^a	8.7±2.0 ^c

*Values (mean ± SE) with different superscript within the same are significantly different (p < 0.05).

비해 VC구가 4.99%, VE구가 4.55%, VCE구가 5.07%로써 첨가구에서 유의적으로 높은 경향을 나타내었다 (p < 0.05).

체내 비타민 축적량

체내의 비타민 C와 E의 축적결과는 Table 5에 나타내었

다. 간에서의 비타민 C의 축적량은 MP구 및 VE구가 18.1, 20.70 mg/kg이었으며, VC구 및 VCE구가 46.6, 54.0 mg/kg으로 비타민 C 첨가구가 약 2.5배 높게 나타났다 (p < 0.05).

간의 비타민 E의 축적량은 MP구 및 VC구가 25.9, 53.8 mg/kg이었으며, VE구 및 VCE구가 88.2, 124.5 mg/kg으로

대조구에 비하여 3~5배 높아 유의적인 차이를 나타내었다 ($p < 0.05$).

근육에서의 비타민 C 축적량은 MP구 및 VE구가 9.77, 10.67 mg/kg이었으며, VC구 및 VCE구가 14.2, 14.8 mg/kg으로 비타민 C 첨가구가 약 0.5배 가량 높게 나타났었다 ($p < 0.05$). 근육의 비타민 E의 축적량은 MP구 및 VC구가 5.32, 4.02 mg/kg이었으며, VE구 및 VCE구가 6.05, 8.70 mg/kg으로 대조구에 비하여 약간 높게 나타나는 경향이였다.

고 찰

비타민 C와 E 첨가에 따른 성장효과를 검토하기 위해 실시한 8주간의 사육실험 결과, 비타민 C와 E의 첨가구가 대조구에 비해 성장률, 사료효율, 단백질전환효율에서 유의적으로 높은 값을 나타내 비타민 C와 E의 첨가가 넙치 치어의 성장에 높은 효과 있는 것으로 나타났다. 해산어인 조피볼락의 경우 비타민 C 요구량은 약 65 mg/kg이며 (Bai and Lee, 1996), 방어는 비타민 C 122 mg/kg, 비타민 E는 119 mg/kg으로 보고되고 있는데 (NRC, 1993), 본 연구에서 실험사료 제조 후 분석된 사료내 비타민 C 함량은 480 mg/kg 내외로 조피볼락과 방어의 요구량 보다 높은 수준이었으며, 비타민 E는 150 mg/kg 내외로 방어 요구량과는 큰 차이를 보이지 않았으나, 조피볼락 요구량 보다는 2배 이상 높았다.

비타민 C와 E는 각각의 특성과 어류에 미치는 기능이 차이가 있지만 공통적으로 요구량 이상의 첨가로 높은 성장 효과가 있는 것으로 보고되고 있다 (NRC, 1993). 본 연구에서는 비타민 C와 E의 혼합 첨가에 따른 상승효과를 기대하였으나, 비타민 C와 E 단독첨가구에 비해 혼합 첨가구에서 성장, 사료효율, 단백질전환효율 모두 유의적인 차이를 보이지 않아 성장효과에 있어서의 상승 효과는 미약한 것으로 판단되었다.

비타민 C는 열, 수분, 빛에 매우 불안정하여 사료제조시 30~40% 가량 파괴가 일어나고 6주간의 실온 보관시에는 약 90%가량의 손실이 있다고 보고되고 있다 (Steffens, 1989; Skelbaek et al., 1990). Bai and Lee (1996)는 사료 제조후 6개월간 -35°C 냉동보관 다음 측정된 결과 30% 미만의 손실이 있었다고 보고하였다. 본 연구에서는 사료 제조후 비타민 C 함량을 측정된 결과 약 50% 정도 파괴되어 이전의 연구 결과 보다 높은 손실을 나타냈다. 이는 습사료 제조시 사용되는 생사료내 높은 수분 함량과 고온, 고압의 펠렛 제조 과정을 거치면서 파괴 정도가 증가한 것으로 판단된다. 따라서, 습사료 제조시는 높은 수분 함량과 제조과정에서 파괴 정도를 고려한 적정량의 첨가량이 반드시 고려되어야 할 것이다. 비타민 E의 경우도 약 30% 정도의 손실이 있는 것으로 나타나, 비타민 C 뿐만 아니라 E도 습사료 제조시에는 상당량의 손실이 발생하는 것으로 나타났다.

비타민 E는 사료내 고도불포화지방산이 많으면 여러 어

종에서 비타민 E의 요구량이 높아진다고 보고되고 있다 (Watanabe et al., 1981; Roem et al., 1990). 특히, MP사료의 경우 단백질원으로 사용되는 생사료와 성장 향상과 단백질 절약효과를 위해 첨가되는 어유에는 고도불포화지방산이 다량 함유되어 있어 구조적 특성상 쉽게 산화를 일으키고 생체 내에서 과산화 지질의 생성을 유도하여 어류의 조직 이상이나 생체막 변화 등의 나쁜 영향을 초래할 수 있다 (Bidlack and Tappel, 1973; Saito, 1988). 따라서, MP형태의 사료 공급 체계에서는 대상 어종별 비타민 E 요구량의 충족과 아울러 사료의 변질과 산화를 예방하는 항산화제의 기능을 고려하여 충분한 양의 사료내 첨가가 요구된다. 본 연구 결과에서도 비타민 E를 첨가하지 않은 구의 경우 생사료와 분말배합사료에 함유되어 있는 비타민 E가 제조 후에도 어느 정도 함량이 유지되고 있으나, 요구량을 충족시키기에는 다소 부족한 것으로 판단된다. 또한, 비타민 E는 사료내 고도불포화지방산 함량이 높을수록 요구량이 높아지는 것으로 보고되고 있는데 (Schwartz et al., 1988; Roem et al., 1990), 습사료는 생사료의 사용으로 사료내 고도불포화지방산 함량이 높아 비타민 E의 요구량이 상승할 것으로 판단됨으로 첨가량 결정시 이러한 특성이 충분히 고려되어야 할 것이다.

근육과 간에 있어서의 비타민 C와 E의 농도를 분석하였는데, 비타민 C는 비타민 C가 첨가된 실험구가 비타민 E는 비타민 E가 첨가된 실험구가 대조구보다 두가지 조직에서 모두 유의적으로 높게 나타났다. 비타민 C 축적량은 조피볼락의 150 mg/kg 첨가구의 간과 근육 조직 축적량과 유사한 축적량을 나타냈으며 (Bai and Lee, 1996), 무지개 송어는 첨가량이 증가함에 따라 조직내 비타민 C 축적량도 지속적으로 증가하는 것으로 보고되었다 (Sato et al., 1991). 비타민 E의 경우도 틸라피아에서 첨가량이 증가할수록 점차 높아지는 결과를 나타내 (Sato et al., 1987), 비타민 C와 E 모두 첨가량의 차이는 있으나 첨가에 따라 조직내 비타민 C와 E의 축적량이 증가하여 본 연구결과와 유사한 결과를 나타냈다. 비타민 첨가구에서 특히, 비타민 C와 E 혼합 첨가구가 단독 첨가구보다 두 조직 모두에서 높은 축적량을 나타내었다. 또한, 근육 보다는 간에 축적량이 많았으나 전체 무게를 감안할 경우 축적된 총량은 근육이 더 많을 것으로 생각된다.

비타민 C 첨가구에서 대조구보다 근육과 간 조직 모두 높은 값을 나타내 체내 축적이 단기간에 이루어짐을 알 수 있었다. 이러한 예외적인 결과는 이미 오래 전에 보고되어 왔으며, 넙치와 함께 우리나라 주요 양식어종인 조피볼락에서도 본 연구와 유사한 결과가 보고되기도 했다 (Bai and Lee, 1996).

본 연구결과, 습사료내 비타민 첨가는 넙치의 성장과 사료효율 개선에 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한, 조직내 비타민 축적량도 대조구에 비해 모두 높은 값을 나타내 첨

가효과가 확인되었다. 비타민 C와 E 모두 동일한 성장개선 효과를 나타냈으며, 비타민 C와 E의 혼합 첨가에 따른 상승효과는 없는 것으로 나타나, 항산화 작용 등의 특정 목적이 아닌 성장이나 사료효율 개선을 위한 경우는 비타민 C나 E 단독 첨가가 오히려 경제적인 것으로 판단된다. 본 연구에서는 기존의 연구결과에 근거하여 비타민 C는 1,000 mg/kg dry wt., 비타민 E 220 mg/kg dry wt.를 첨가하였으나 이는 정확한 요구량이나 첨가량으로 판단하기 힘든 점이 있으므로 본 연구를 바탕으로 비타민 C와 E의 정확한 요구량 결정을 위한 보충 연구가 필요하다고 생각된다. 또한, 습사료는 형태적 특성상 높은 수분 함량과 제조과정에서의 비타민의 많은 손실이 발생하는 것으로 나타나 이러한 손실을 감안한 첨가량 결정이 이루어져야 할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 농림부 현장애로기술개발사업의 연구비로 수행된 연구 결과이며 연구비 지원에 감사드립니다.

참고 문헌

- Ainsworth, J.A. and P.R. Bowser. 1985. Serum cortisol levels in channel catfish from production ponds. *Prog. Fish-Cult.*, 47, 176-181.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemicals. Washington, D.C., U.S.A., p. 1288.
- Bai, S.C., K.J. Lee and H.K. Jang. 1996. Development of an experimental model for vitamin C requirement study in Korea rockfish (*Sebastes schlegelii*). *J. Aquacul.*, 9, 169-178 (in Korean).
- Bai, S.C., K.J. Lee. 1996. Long-term feeding effects of different dietary L-ascorbic acid levels on growth and tissue vitamin C concentrations in juvenile Korean rockfish. *J. Kor. Fish. Soc.*, 29, 643-650 (in Korean).
- Bidlack, W.R. and A.L. Tappel. 1973. Damage to micromembrane by lipid peroxidation. *Lipids*, 8, 177pp.
- Blazer, V.S. and R.E. Wolke. 1984. The effects of α -tocopherol on the immune response and nonspecific resistance factors of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 37, 1-9.
- Dabrowski, K., S. Hinterleitner, C. Sturmbauer, N. El-Fiky and W. Wiser. 1988. Do carp larvae require vitamin C. *Aquaculture*, 72, 295-306.
- Halver, J.E. 1972. The vitamins. In: *Fish Nutrition*, J. E. Halver, ed., Academic Press, New York and London, 29-103.
- Heikkila, R.E. and L. Manzano. 1987. Ascorbic acid, redox cycling, lipid peroxidation, and the binding of dopamine receptor antagonists. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 498, 63-76.
- Jo, M.K. and S.K. Chun. 1990. Ceriodosis of tilapia, *Oreochromis niloticus*, due to the oxidized and the preventive effect of vitamin E and C addition. *J. Fish. Pathol.*, 3, 69-79 (in Korean).
- Kitamura, S., T. Suwa, S. Ohara and K. Nakamura. 1965. Studies on vitamin requirements of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. I. On the ascorbic acid. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 33, 1120-1125.
- Lee, J.Y., J. Kang, S.M. Lee and I.B. Kim. 1993. Protein requirements of the Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*). *J. Aquacul.*, 6, 13-27 (in Korean).
- Lee, J.Y., S.M. Lee and I.G. Jeon. 1995. Effects of a practical Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*) diet; composition with raw fish and moist pellet diet. *J. Aquacul.*, 8, 261-269 (in Korean).
- Lee, S.M. I.G. Jeon, J.Y. Lee, S.R. Park, Y.J. Kang and K.S. Jeong. 1996. Substitution of plant and animal proteins for fish meal in the growing Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*) feeds. *J. Kor. Fish. Soc.*, 29, 651-662 (in Korean).
- Lee, S.M. and S.M. Kim. 1996. Evaluation of supplemental vitamin premix in a test diet containing fish meal as protein source for juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*). *J. Aquacul.*, 9, 159-166 (in Korean).
- Nishina, A. 1991. Antioxidant effects of tocopherol, BHA, and L-ascorbic acid for the model system of boiled and dried sardine and salted and dried sardine. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 2073-2076.
- NRC (National Research Council). 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academic Press, Washington, D.C. U.S.A., 100-102.
- Robertson, L., P. Thomas. C.R. Arnold and J.M. Trant. 1987. Plasma cortisol and secondary stress responses of red drum to handling, transport, rearing density, and a disease outbreak. *Prog. Fish-Cult.*, 49, 1-12.
- Roem, A.J., C.C. Kohler and R.R. Stickney. 1990. Vitamin E requirements of the blue tilapia, *Oreochromis aureus*, in relation to dietary lipid levels. *Aquaculture*, 87, 155-164.
- Saito, M. 1988. Interaction between lipid peroxide formation and nutritional status. *J. Jap. Soc. Nutr. Food Sci.* 41, 338-343.
- 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.
- Sato, M., T. Miyasaki and R. Yoshinaka. 1991. Utilization of L-ascorbyl 2-phosphate in rainbow trout as a dietary vitamin C source. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 1923-1926.
- Satoh, S., T. Takeuchi and T. Watanabe. 1987. Requirement of tilapia for α -tocopherol. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53 (1), 119-124.
- Schwarz, L.J., M. Kirchgessner, H. Steninhart and G. Runge. 1988. Influence of different fats with varying additions

- of α -tocopherol acetate growth and body composition of carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 69, 57-67.
- Shimeno, S. 1991. Yellowtail, *Seriola quinqueradiata*. In: Handbook of Nutrient Requirements of Finfish, R.P. Wilson, ed., Boca Raton, Fla, CRC Press, Boston, U.S.A., 181-191.
- 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.
- SPSS Inc. 1997. SPSS for windows Release 7.5.2K SPSS Seoul, Korea.
- Steffens, W. 1989. Principles of Fish Nutrition. Ellis Horwood, Chichester, U.S.A. p. 384.
- Watanabe, T., T. Takashima, M. Wada and R. Uehara, 1981. The relationship between dietary lipid levels and α -tocopherol requirement of rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish*, 47, 1585-1590.
- 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.

2002년 12월 7일 접수
2003년 3월 26일 수리