

다양한 사료첨가제 공급에 따른 전복의 성장과 스트레스에 대한 내성 효과

조성환*, 김충일, 조영진, 이범석, 박정은¹, 유진형², 이상민³

한국해양대학교 해양과학기술대학 해양환경생명과학부, ¹(주)한국양식개발연구소,
²천하제일사료, ³강릉대학교 해양생명공학부

Effects of the Various Dietary Additives on Growth and Tolerance of Abalone *Haliotis discus hannai* against Stresses

Sung Hwoan Cho*, Chungil Kim, Young Jin Cho, Bomsok Lee, Jungeun Park¹,
Jin-Hyung Yoo² and Sang-Min Lee³

Division of Marine Environment & Bioscience, College of Ocean Science & Technology, Korea Maritime University,
Busan 606-791, Korea

¹Korea Aquaculture Institute, Wolsong 780-715, Korea

²Jeilfeed Co. Ltd., Haman 637-833, Korea

³Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

Effects of the various dietary additives on growth and tolerance of abalone *Haliotis discus hannai* to the stresses were determined in the 16-week feeding trial. Seventy juvenile (an initial body weight of 4.2 g) abalone per container were randomly distributed into 21, 50 L plastic rectangular containers each. The six kinds of experimental diets were prepared: control (CON) with no additive, by-product of green tea (BPG), extract of figs (EF), extract of green tea (EG), commercially available product of Hearok (PH), and *Haematococcus* (HC). In addition, dry sea tangle (ST) was prepared to compare the efficiency of the experimental diets. Fishmeal, soybean meal and shrimp head meal were used as the protein source, and dextrin, sea tangle powder and wheat flour, and soybean oil and fish oil were used as the carbohydrate and lipid sources, respectively in the experimental diets. The experimental diets were fed to abalone once a day at a satiation level with a little leftover. The feeding trial lasted for 16 weeks. At the end of the 16-week feeding trial, abalone was exposed to the different types of stresses (air exposure, and sudden changes of rearing temperature and salinity). Survival of abalone fed the sea tangle was highest. However, weight gain of abalone fed the EF, EG and PH diets was significantly ($P<0.05$) higher than that of abalone fed the BPG diet or dry sea tangle. Shell length of abalone fed the all experimental diets was significantly ($P<0.05$) higher than that of abalone fed the dry sea tangle. Accumulated mortality of abalone fed the sea tangle was low when exposed to the different types of stresses. Also, relatively low mortality was achieved in abalone fed the HC and EF diets. In considering these results, it can be concluded that the various sources of additives is effective to improve production of abalone, and *Haematococcus* and extract of figs can be considered as dietary additives to improve resistance of abalone against the different types of stresses.

Keywords: *Haliotis discus hannai*, Abalone, Dietary additives, Stress

서 론

무척추동물에 있어서 스트레스에 관한 연구는 온도, 염분, 용존산소, 수용밀도 등 물리적 스트레스(Laughlin and Neff, 1981; Tsuchiya, 1983; Brown et al., 1995; Chen and Chen, 2000; Agnar and Albert, 2003; Pedro et al., 2004)와 일부 화학적 스트레스에 관한 연구(Laughlin and Linden, 1983; Harris et al., 1999)가 수행되어 있으며, 이러한 스트레스는 질병에 대한 내성

감소, 성장률 감소, 먹이 섭취율 감소 및 호흡 대사율 변화를 유발한다고 알려져 있다. 특히, 다양한 형태의 스트레스가 전복에 미치는 영향은 면역성 저하 및 생리학적 변화(Martello and Tjeerdema, 2001; Malham et al., 2003; Vendepeer, 2003; Cheng et al., 2004a, 2004b) 또는 성장을 저하(Capinpin et al., 1998; Day et al., 2004)를 야기 시킨다고 알려져 있다.

이러한 스트레스를 완화시키는 사료첨가제 개발에 대한 연구는 항산화 효과가 있다고 알려진 첨가제를 이용하여 일부 어류에서 수행된 바 있다(Hardie et al., 1991; He et al., 1992; Jang

*Corresponding author: incbang@sch.ac.kr

et al., 1992; Shin et al., 2000; Kwon et al., 2003; Puangkaew et al., 2004). 최근에는 녹차(Rhi and Shin, 1993; Wanasundara and Shahibi, 1998; Park et al., 2001; Saffari and Sadrzadeh, 2004; Paul and Michael, 2007)와 무화과(Jeong et al., 2002; Lim et al., 2005)의 항산화 효과가 알려져 있으며, 이들 원료를 수산양식에 접목할 수 있을 것으로 생각된다(Cho and Kim, 2008).

참전복의 연중 양식과정 중에 발생하는 다양한 형태의 스트레스로 인하여 전복의 생산성 감소가 야기되고 있지만 아직까지도 이들 스트레스에 강한 전복 생산을 위한 사료첨가제 개발에 관한 연구는 전혀 없다. 본 연구에서는 여러 가지 사료 첨가제(녹차, 무화과, *Haematococcus* 등) 공급에 따른 전복의 성장과 다양한 형태의 스트레스에 대한 전복의 내성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

전복의 사육 및 관리

실험에 이용된 참전복 치패는 개인 전복양식장에서 구입하여 사육실험조건에 2주간 적응시켰으며, 적응 기간동안에는 건조다시마(*Laminaria japonica*)를 1일 1회 전체중의 2% 정도 공급하여 주었다. 21개의 50 L 플라스틱 수용기(51 cm×36 cm)에 각각 70마리의 전복 치패(마리당 평균 무게, 4.2 g)를 수용하여 3개의 1.3톤 raceway (수량: 1.0톤)에 분산 수용하였으며, 충분한 양의 산소를 공급하여 주었다. 플라스틱 수용기에는 헬터를 넣어주어서 전복의 은신처를 제공하여 주었다. 실험 사료 공급은 1일 1회(17:00) 전복 전체중의 1.5~2.0% 되게끔 충분한 양의 먹이를 공급하여 주었으며, 남은 먹이 찌꺼기는 매일 제거하여 주었다. 실험기간 동안 평균 사육수온은 20.1±1.20°C이었으며, raceway별 환수량은 120 L/min이었고, 빛은 자연광주기를 따랐다. 전복 사육실험은 총 16주간 실시하였다.

실험사료의 조성 및 일반성분

전복용 실험사료의 조성 및 일반성분 분석 결과는 Table 1과 같다. 대조구의 실험사료는 주요 단백질원으로 어분 30%, 대두박 15% 및 새우머리분 5%를 첨가하였으며, 탄수화물원으로 벵스트린 13%, 다시마분말 5% 및 소맥분 2%를 첨가하였고, 주요 지질원으로는 어유와 대두유를 각각 1%씩 첨가하였으며, 미네랄 premix 4%와 비타민 premix 2%를 각각 첨가하였으며, 알긴산나트륨(Sodium alginate)을 22%씩 첨가하였다. 녹차부산물 첨가사료(By-product of green tea, BPG)와 *Haematococcus* (HC, 주식회사 아쿠아넷) 첨가사료는 대조구(CON) 실험사료의 소맥분 1% 대신에 각각을 첨가하여 실험사료를 제조하였다. 그리고 액체상태의 첨가제인 무화과(*Ficus carica*) 엑기스(EF), 녹차(*Thea sinensis* L.) 엑기스(EG) 및 녹차엑기스와 무화과 엑기스를 일정한 비율로 혼합하여 만든 해록상품(PH, 전남 해남군

옥천면 영신리)을 농도가 1% 되도록 첨가하여 주었으며, 대조구와 동일한 사료 조성표를 이용하여 물 대신에 이들 액체상태의 첨가제를 첨가하여서 실험용 배합사료를 제조하였다. 마치 막으로 전복 양식현장에서 많이 사용되고 있는 자연산 먹이인 다시마(Sea tangle, ST)를 공급하는 실험구를 두어서 실험사료의 효율성을 비교하였다. 6종류의 실험사료와 1종류의 다시마 공급구를 두었으며, 각 실험구는 3 반복구를 두었다.

실험사료의 제조

실험사료의 성형은 각각의 사료 원료를 잘 혼합하여 혼합물 100 g 당 물 100 g을 가하여 다시 잘 혼합한 후 압착하여 가로 1 cm, 세로 1 cm, 두께 0.15 cm가 되도록 실험 사료를 절단한 후, 5%의 염화칼슘 수용액에 1분간 담구어서 알긴산나트륨을 칼슘염으로 치환시켰다. 제조된 실험사료는 응달에서 36시간 건조시킨 후 냉동고(-20°C)에 저장하며 사료 공급시마다 소량씩 사용하였다.

전복의 성장 측정 및 일반성분 분석

전복의 일반성분분석을 위하여 실험시작 시 10마리와 실험종료 시 각각의 실험구에서 10마리씩을 무작위로 샘플하여 냉동보관(-75°C) 하였으며, 각 전복의 무게, 각장, 각폭 및 전체중에 대한 각식부의 비율을 측정 후 각식부의 일반성분 분석을 실시하였다. 일반성분분석은 AOAC (1990)에 따라 조단백질은 Kjeldahl method (Auto Kjeldahl System, Buchi B-324/435/412, Switzerland)과 조지방(에테르 추출법)을 분석하였으며, 조회분은 550°C 회화로에서 4시간동안 태운 후 정량하였고, 수분은 105°C에서 24시간 후 측정하였다.

전복의 다양한 스트레스에 대한 내성 평가

1) 공기 중 노출 스트레스에 대한 전복의 내성 평가 실험

16주간의 사육실험 종료시 각각의 실험구에서 생존한 10마리씩의 전복을 무작위로 선별하여 21개의 플라스틱 수용기(33 cm×40 cm)로 옮긴 후 각각의 실험사료를 1주일간 더 공급하여 전복의 성장 측정시 야기될 수 있는 스트레스를 최소화시켰으며, 새로운 사육조건에 적응시켰다. 공기 중 노출 스트레스에 대한 조사를 위하여 플라스틱 수용기를 공기중에 완전히 노출시켰다. 공기 노출 후 처음 6시간 동안은 1시간 간격으로 그 이후부터는 2시간 간격으로 폐사 개체수를 확인 하였고, 총 30시간 노출시켰으며, 30시간 공기 노출 이후 생존한 개체만을 다시 원래의 사육 해수로 옮겨서 그 후 24시간 동안 생존율을 조사하였다.

2) 염분의 변화에 따른 전복의 내성 평가 실험

실험종료 시 각각의 실험사료를 공급한 실험구에서 10마리씩의 전복을 무작위로 선별하여 21개의 플라스틱 수용기(51 cm×36 cm)로 옮긴 후 이들 플라스틱 수용기를 다시 1개의 FRP 수조(용량: 25톤, 수량: 5.6톤)에 수용하였다. 각각의 실험

Table 1. Ingredients of the experimental diets (%)

	Experimental diets						
	CON	BPG	EM	EF	PH	HC	ST
<i>Ingredients</i>							
Fishmeal ¹	30	30	30	30	30	30	
Soybean meal ¹	15	15	15	15	15	15	
Shrimp head meal ¹	5	5	5	5	5	5	
Dextrin ²	13	13	13	13	13	13	
Sea tangle powder	5	5	5	5	5	5	
Wheat flour	2	1	2	2	2	1	
By-product of green tea ³		1					
Extract of figs ⁴			+				
Extract of green tea ⁴				+			
Product of Hearok ⁴					+		
<i>Haematococcus</i> ⁵							1
Soybean oil	1	1	i	1	1	1	
Fish oil	1	1	1	1	1	1	
Sodium alginate ⁶	22	22	22	22	22	22	
Mineral premix ⁷	4	4	4	4	4	4	
Vitamin premix ⁷	2	2	2	2	2	2	
Sea tangle							100
<i>Nutrients (%)</i>							
Moisture	83.9	80.3	80.2	81.3	80.9	80.0	86.3
Crude protein	30.6	30.7	32.0	30.8	31.1	30.5	5.0
Crude lipid	4.0	3.9	4.0	5.4	5.1	5.3	0.6
Ash	12.1	12.4	12.1	12.1	12.2	12.3	21.6

¹Fishmeal, ¹soybean meal and ¹shrimp head meal were supplied by Jeilfeed Co. Ltd. (Haman, Gyeongsangnam-do, Korea).

²Dextrin was purchased from Sigma Chemical, St. Louis, MO, USA.

³By-product of green tea was purchased from Hanbattea Co. Ltd. (Hadong-gun, Gyeong sangnam-do, Korea).

⁴Extract of figs, ⁴extract of green tea and ⁴a product of Hearok were purchased from Haeroc Co. Ltd. (He-nam gun, Jeollanam-do, Korea).

⁵*Haematococcus* was purchased from Aquanet Co. Ltd. (Tongyeong city, Korea).

⁶Sodium alginate was purchased from Sigma Chemical, USA.

⁷Vitamin and mineral premix were same as Cho et al., (2008).

+indicates that aqueous type of each additive was included into the experimental diets instead of the same amount of water.

사료를 1주일간 더 공급하여 전복의 성장 측정시 야기될 수 있는 스트레스를 최소화하였다. 염분 변화에 따른 전복의 내성 정도를 평가하기 위하여 일반해수(31 psu)의 염분농도에서 사육 하던 전복을 담수와 해수를 혼합하여 염분 농도가 15 psu로 맞추어져 있는 수조에 옮겨서 염분의 변화에 따른 시간별 전복의 폐사율을 조사하였다.

3) 수온의 급변화에 따른 전복의 내성 평가 실험

실험종료시 각각의 실험사료를 공급한 실험구에서 10마리씩의 전복을 무작위로 선별하여 21개의 플라스틱 수용기 (33 cm×40 cm)로 옮긴 후 각각의 실험사료를 1주일간 더 공급하여 전복의 성장 측정시 야기될 수 있는 스트레스를 최소화시켰다. 또한 급격한 온도 차이를 유도하기 위하여 20°C에서 사육중이던 전복의 사육수온을 1일 1°C씩 낮추어 13°C되게끔 조절하여 적응시켰다. 수온의 급변하시 야기될 수 있는 전복의 스트레스에 대한 내성을 조사하기 위하여 13°C에 적응된 전복을 29°C의 해수로 바로 옮겨 넣은 후 4시간 동안 전복의 폐사율을

조사한 후 다시 13°C 원래의 해수로 옮겨서 1일간 전복의 폐사율을 조사하였다.

통계 분석

전복의 성장 측정 항목, 가식부의 일반성분 및 다양한 스트레스에 따른 전복의 누적 폐사율은 SAS version 9.1 (SAS Institute, Cary, NC, USA) program을 이용하여 One-way ANOVA와 Duncan's 다중분석법(Duncan, 1955)으로 실험구간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

전복의 성장 결과

실험사료를 16주간 공급한 전복의 성장 결과는 Table 2와 같다. 전복의 생존율(Survival)은 다시마(ST)를 공급한 실험구에서 가장 우수한 것으로 나타났으나, 무화과엑기스(EF) 또는 해

Table 2. Survival (%), weight gain (g/abalone), shell length (cm), shell width (cm) and the ratio of carcass weight to total weight of abalone fed the experimental diets for 16 weeks (Mean±SE)

Diets ¹	Initial weight of abalone (g)	Final weight of abalone (g)	Survival (%)	Weight gain of abalone (g/abalone)	Shell length (cm)	Shell width (cm)	Carcass weight/total weight
CON	4.2±0.02	7.6±0.10	87.0±2.51 ^{bc}	3.4±0.08 ^{ab}	4.0±0.68 ^a	2.7±0.51 ^a	0.59±0.013 ^a
BPG	4.3±0.13	7.2±0.30	87.5±1.87 ^{bc}	2.9±0.17 ^b	3.9±0.71 ^a	2.7±0.61 ^a	0.59±0.005 ^a
EF	4.1±0.04	7.7±0.09	89.2±2.38 ^{ab}	3.6±0.05 ^a	4.0±0.13 ^a	2.7±0.21 ^a	0.60±0.006 ^a
EG	4.1±0.03	7.7±0.06	81.2±1.94 ^c	3.6±0.03 ^a	3.9±0.06 ^a	2.7±0.09 ^a	0.61±0.016 ^a
PH	4.2±0.02	7.9±0.33	90.9±3.32 ^{ab}	3.7±0.30 ^a	4.1±0.38 ^a	2.7±0.42 ^a	0.60±0.009 ^a
HC	4.2±0.02	7.6±0.10	87.2±2.13 ^{bc}	3.4±0.08 ^{ab}	3.9±1.00 ^a	2.7±0.74 ^a	0.60±0.010 ^a
ST	4.2±0.01	6.3±0.11	95.7±2.19 ^a	2.1±0.09 ^c	3.7±0.68 ^b	2.5±0.56 ^a	0.59±0.013 ^a

Values in the same column sharing a common superscript are not significantly different ($P<0.05$).

Diets¹; CON:control, BPG:by-product of green tea, EF:extract of figs, EG:extract of green tea, PH:product of hearok, HC:Haematococcus, ST:sea tangle.

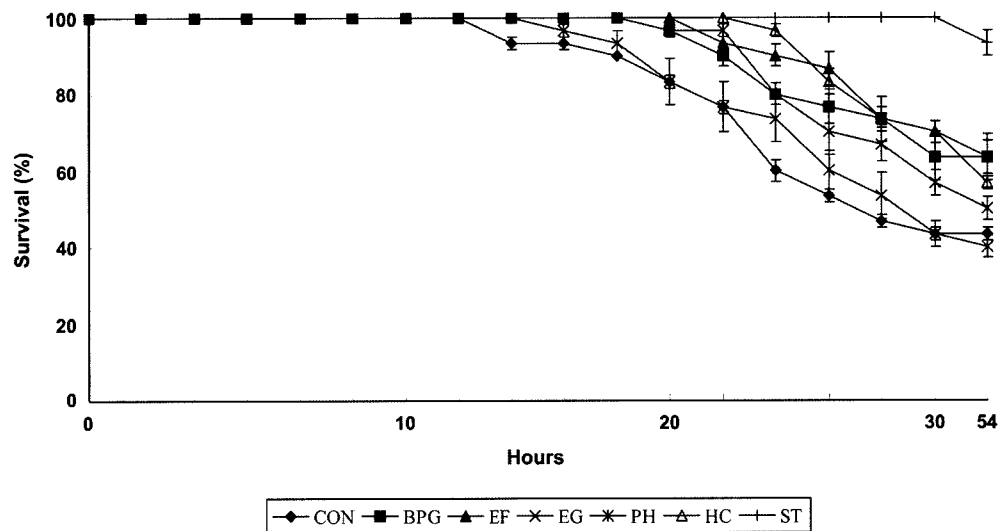


Fig. 1. Changes in survival rate (%) of the abalone *Haliotis discus hannai* exposed to air for 30 hours and then transferred to water in raceway tank for 24 hours (Mean±SE). CON: control, BPG: by-product of green tea, EF: extract of figs, EG: extract of green tea, PH: product of hearok, HC: *Haematococcus*, ST: sea tangle.

록상품(PH)을 첨가한 실험구와 유의적인 차이는 없었다. 녹차 엑기스(EG)를 첨가한 실험구에서의 생존율이 가장 낮게 나타났다. 그러나 전복의 체중증가(Weight gain)는 다시마를 공급한 실험구에서 실험사료를 공급한 모든 실험구에 비하여 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$). 특히 해록상품을 첨가한 실험구에서 전복의 체중증가가 가장 우수한 것으로 나타났으며, 무화과 엑기스 및 녹차엑기스 첨가 실험구의 순으로 전복의 체중증가가 우수하였으며, 이들 3종류의 첨가 실험구에서 전복의 체중증가는 녹차부산물(BPG) 첨가 실험구에서의 체중증가보다 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05$). 전복의 각장(Shell length)은 다시마를 공급한 실험구에서 다른 실험사료 공급구에 비하여 유의적으로 낮게 나타났으나($P<0.05$), 실험사료를 공급한 모든 실험구간에 유의적인 차이는 없었다. 그리고 전복의 각폭(Shell width)이나 전체중에 대한 가식부의 비(Carcass weight/total weight)는 모든 실험구간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

Lee and Park (1998)의 연구에서 다시마(ST)를 공급한 실험구의 체중증가가 배합사료를 공급한 실험구에 비하여 낮게 나타나 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 건조 다시마에 포함된 주요 영양소(단백질 및 지질) 함량이 전복의 빠른 성장을 위해 요구되는 영양요구량을 충족시켜주지 못하는 것에 기인하는 것으로 생각된다(Table 1). 또한, 배합사료 공급 실험구의 체중증가는 녹차부산물(BPG)을 첨가한 배합사료를 공급한 실험구에 비하여 해록상품(PH), 무화과엑기스(EF) 및 녹차엑기스(EG)를 첨가한 배합사료를 공급한 실험구에서 우수한 결과를 나타내었는데, 이것은 해록상품, 무화과엑기스와 녹차엑기스가 전복용 배합사료 첨가제로서 이용 가능한 것으로 사료된다.

전복 가식부의 일반성분 분석 결과

전복의 사육실험 종료시 전복 가식부의 일반성분 분석 결과,

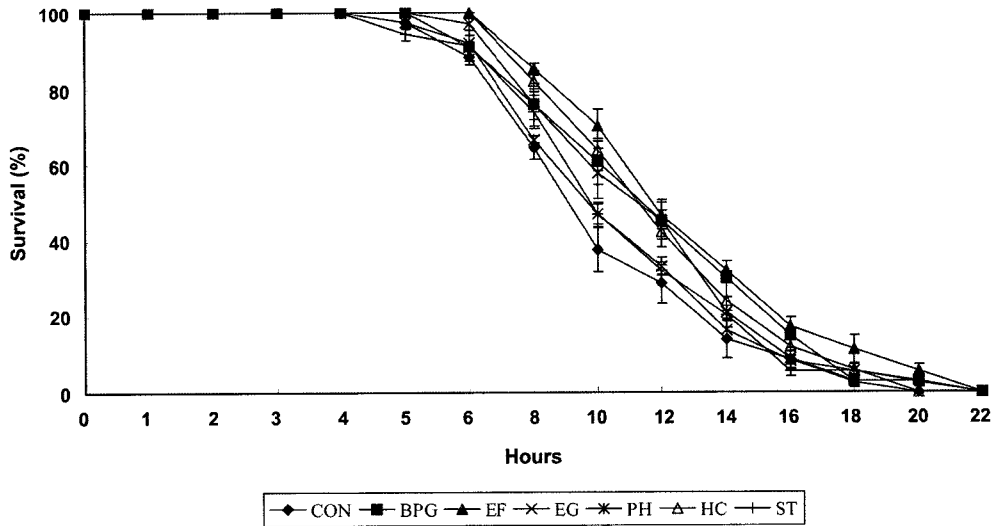


Fig. 2. Changes in survival rate (%) of the abalone *Haliotis discus hannai* exposed to sudden salinity change from 31 psu to 15 psu (Mean±SE). CON: control, BPG: by-product of green tea, EF: extract of figs, EG: extract of green tea, PH: product of hearok, HC: *Haematococcus*, ST: sea tangle.

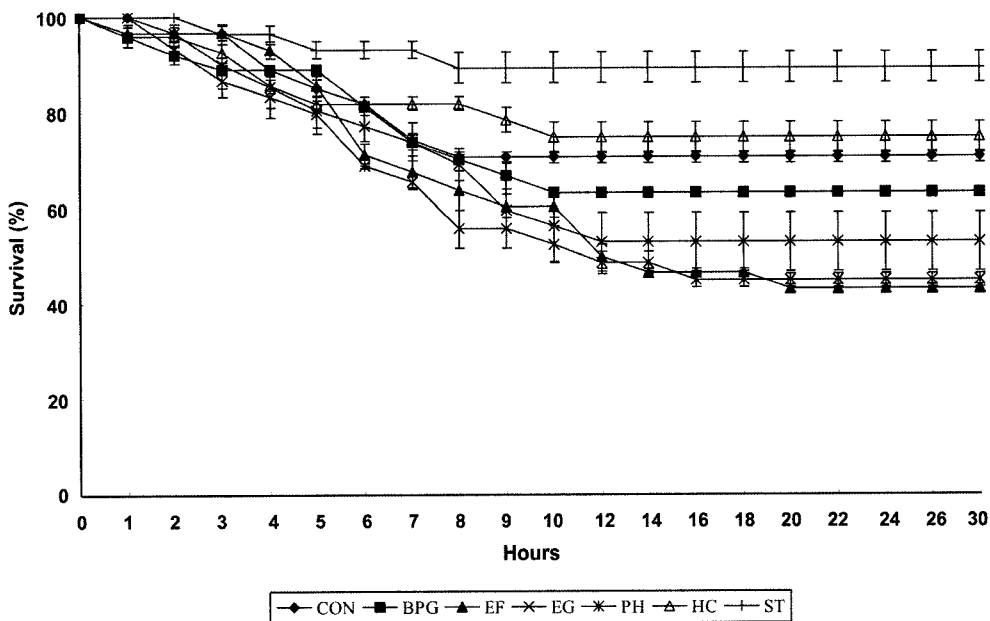


Fig. 3. Changes in survival rate (%) of the abalone *Haliotis discus hannai* exposed to sudden temperature change from 13°C to 29°C (Mean±SE). CON: control, BPG: by-product of green tea, EF: extract of figs, EG: extract of green tea, PH: product of hearok, HC: *Haematococcus*, ST: sea tangle.

수분함량은 79.1~81.5%, 조단백질함량은 12.6~13.9%, 조지질 함량은 0.8~1.2% 및 회분함량은 2.2~2.5%의 범위이었으나, 모든 실험구간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

공기 중 노출 스트레스에 대한 전복의 내성 평가

전복을 공기중에 30시간 노출시킨 이후 다시 해수에 넣어서 24시간 동안 관찰시 전복의 누적폐사율은 대조구(CON)사료를 공급한 실험구에서 공기 중 노출시킨 이후 14시간째부터 전복의 폐사가 관찰되기 시작하여 24시간에 대조구사료를 공급한

실험구에서 누적폐사율이 가장 높게 나타났다(Fig. 1). 그러나 공기중에 30시간 노출 시까지 다시마(ST)를 공급한 실험구에서는 전혀 폐사가 관찰되지 않았다. 30시간 노출 시까지 가장 높은 폐사율을 보인 대조구와 녹차엑기스 첨가구(EG)에 비하여 무화과엑기스(EF) 및 *Haematococcus* (HC) 첨가 사료 공급구에서는 낮은 누적폐사율이 관찰되었다. 30시간 공기중 노출 이후 다시 해수에 넣어서 24시간 경과 후 다시마(ST)를 공급한 실험구에서는 6.7%의 가장 낮은 누적폐사율을 보였으나, 녹차엑기스 첨가구(60%) 및 대조구(57%)에서 비교적 높은 누적폐

사율을 보였다.

공기 노출 스트레스에 강한 전복 생산을 위한 사료첨가제 개발을 위한 본 실험 결과 다시마의 공급이 실험용 배합사료 공급보다 전복의 생존율 개선면에서 우수한 결과를 보여서 Kim et al. (2003)의 연구 결과와 일치한다. 다시마 추출물의 항암 및 항돌연변이에 대한 활성이 보고 되어 있으며(Ryu et al., 1986; Park et al., 1998; Kim et al., 2005a), 이러한 연구를 토대로 다시마가 포함하는 유용 성분이 전복의 생존율과 밀접한 관련이 있음을 추측할 수 있다. 그러나 배합사료의 첨가제 개발을 위한 연구로써 다시마 공급구를 제외하면, 대조구사료를 공급한 실험구에서 전복의 폐사율이 녹차엑기스를 제외한 다른 첨가제(녹차부산물, 무화과엑기스, 해록상품 및 *Haematococcus*)를 공급한 실험구에 비하여 높은 폐사율을 보여서 녹차엑기스를 제외한 다양한 사료첨가제들이 전복의 노출 스트레스에 대해 내성을 증진시키는 효과가 있는 것으로 생각된다. 이러한 결과는 녹차엑기스 첨가가 넙치의 면역성을 향상시킨다는 이전의 연구(Cho et al., 2006)와 대조적이었으며, 녹차부산물 첨가구에서 공기중 노출시 전복의 내성 개선효과를 고려할 때, 이러한 차이는 종간의 차이에 기인하는 것으로 판단되며, 넙치와 다르게 전복이 이용할 수 있는 녹차의 형태가 엑기스 형태 보다 부산물 형태임을 알 수가 있다.

염분의 변화에 따른 전복의 내성 평가

염분변화에 따른 전복의 누적폐사율은 Fig. 2에 나타내었다. 자연해수의 염분농도(33 psu)에서 사육중이던 전복을 15 psu의 사육수로 옮겼을 때 5시간째부터 다시마를 먹이로 공급한 전복에서부터 폐사가 관찰되기 시작하였고, 대조구를 제외한 모든 실험구에서 다시마보다 낮은 폐사율을 보였으며, 6시간이후부터 폐사율이 급격하게 증가하기 시작하였으며, 8시간에 무화과엑기스와 *Haematococcus* 첨가 실험구에서 비교적 낮은 폐사율이 관찰되었지만, 24시간 이내에 전량 폐사하였다. Jeong et al. (2002)의 연구에서 무화과분말의 메탄올추출액의 라디칼 소거능에 의한 항산화활성을 측정하였는데 무화가 1개 농도에서 47.98%의 라디칼 소거능을 보이는 결과를 나타내었고, 본 연구의 결과에서도 무화과엑기스 첨가한 사료를 공급한 실험구에서의 전복 생존율이 다른 실험구에 비하여 비교적 높은 것을 고려할 때, 무화과엑기스는 염분변화 스트레스 완화용 배합사료의 첨가제로서 유용하다고 판단된다.

수온의 급변화에 따른 전복의 내성 평가

급격한 수온변화에 따른 전복의 누적폐사율은 Fig. 3과 같다. 13°C에서 성장하던 전복을 29°C해수로 옮긴 후 1시간째 *Haematococcus* (HC), 녹차부산물(BPG) 및 무화과엑기스(EF)를 첨가한 사료 공급구에서는 일부 폐사가 관찰되었으며, 6시간 이후부터는 다시마를 제외한 모든 실험구 중 *Haematococcus* 첨가구에서 가장 높은 생존율을 보였다. 다시마(ST)를 공급한

실험구에서는 수온 급변화 이후 실험 종료시까지 가장 높은 생존율을 보였다. 그러나 다시마를 공급한 실험구를 제외한 배합사료내 첨가제 효과를 비교하면, 대조구보다 높은 생존율을 보인 실험구는 *Haematococcus* 첨가구가 유일하다. *Haematococcus*가 포함하는 astaxanthin의 항산화 효과가 여러 연구에 의해 알려져 있으며(Krinsky, 1993; Bell et al., 2000), 수온변화에 대한 내성을 높일 수 있는 사료 첨가제로 *Haematococcus*의 활용이 가능할 것으로 판단된다. Kim et al. (2005b)는 20°C에 사육중이던 참전복 치패를 10°C, 15°C, 20°C, 25°C 및 30°C의 다양한 온도에 옮겨서 48시간동안 관찰한 결과 25°C 이하에서는 100%의 생존율을 보였으나, 20°C 이하의 수온에서 저수온에 대한 방어기작이 작용하였으며, 30°C에서는 92%의 전복만이 생존하였으며 열충격단백질(Heat shock protein)의 발현이 증가한다고 보고하였다.

이상의 결과를 고려할 때 전복의 성장 개선면에서는 모든 실험사료가 다시마보다 우수하였다. 그러나 다양한 형태(공기중 노출, 염분 급변화 또는 사육수온 급변화)의 스트레스 조건하에서는 다시마 공급구에서 비교적 낮은 폐사율을 보였으나 *Haematococcus*와 무화과엑기스는 공기중 노출이나 염분의 급변화와 같은 스트레스에 대한 내성을 향상시킬 수 있는 사료첨가제로 이용 가능할 것으로 사료된다.

요 약

사료내 다양한 사료 첨가제 공급에 따른 전복의 성장과 스트레스(공기중 노출, 급격한 온도 변화 및 급격한 염분 변화)에 대한 전복의 내성에 미치는 영향을 조사하였다. 21개의 직사각형 50 L 플라스틱 용기에 각각 70 마리의 치패(시작시 무게 4.2 g)를 수용하여 3개의 1.3톤 raceway에 분산 수용하였다. 다양한 원료의 사료첨가제를 이용하여 6종류의 실험사료 [대조구(CON), 녹차부산물 첨가(BPG), 무화과엑기스 첨가(EF), 녹차엑기스 첨가(EG), 시판용 해록상품 첨가(PH) 및 *Haematococcus* 첨가(HC)]를 제조하였으며, 이들 실험사료의 유용성을 평가하기 위하여 건조 다시마(ST)를 공급하는 실험구와 비교하였다. 실험사료는 어분, 대두박 및 새우머리분을 주요 단백질원으로 공급하였으며, 텍스트린, 다시마분말 및 소맥분을 주요 탄수화물원으로 공급하였으며, 대두유와 어유를 주요 지질원으로 공급하여 주었다. 전복은 1일 1회 사료가 조금씩 남아서 반복시까지 먹개끔 충분한 양의 사료를 공급하여 주었다. 각 실험구는 3반복구를 두었으며, 총 사육기간은 16주간이었다. 16주간의 사육실험 종료후, 각 실험구에서 생존한 전복은 10마리씩 무작위로 추출하여 공기노출, 급격한 온도 변화 및 급격한 염분 변화의 스트레스를 주어서 이들의 누적폐사율을 조사하였다. 16주간의 사육실험 종료시 전복의 생존율은 다시마를 공급한 실험구에서 가장 높았다. 그러나 전복의 체중증가는 무화과엑기스, 녹차엑기스 및 해록상품을 첨가한 실험사료를 공급한 실험

구에서 녹차부산물 첨가한 시험구 또는 다시마를 공급한 시험구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다. 전복의 각장은 다시마를 공급한 시험구에 비하여 실험용 사료를 공급한 모든 시험구에서 유의적으로 높게 나타났다. 다양한 형태의 스트레스에 노출시 전복의 누적폐사율은 다시마를 공급한 시험구에서 낮게 나타났으며, *Haematococcus* 첨가구 및 무화과엑기스 첨가구에서도 비교적 낮은 전복의 폐사율을 보였다. 이상의 결과를 고려할 때, 본 실험에 이용된 다양한 사료첨가제는 전복의 성장을 개선시키는데 효과적이며, 특히 *Haematococcus*와 무화과엑기스는 다양한 형태의 스트레스의 내성을 개선시키는 사료 첨가제로서 이용 가능한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2006년 중소기업청 산학연공동기술개발사업 과제에 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Agnar, S. and K. I. Albert, 2003. Size dependent variation in optimum growth temperature of red abalone (*Haliotis rufescens*). *Aquaculture*, 224, 353–362.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, 15th edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA.
- Bell, J. G., J. McEvoy, D. R. Tocher and J. R. Sargent, 2000. Depletion of α -tocopherol and astaxanthin in atlantic salmon (*Salmo salar*) affects autoxidative defense and fatty acid metabolism. *J. Nutr.*, 130, 1800–1808.
- Brown, P. B., K. A. Willson, J. E. Wetzel II and B. Hoene, 1995. Increased densities result in reduced weight gain of crayfish *Orconectes virilis*. *J. World Aquacult. Soc.*, 26, 165–171.
- Capinpin, E. C., J. D. Toledo, V. C. Encena and M. Doi, 1998. Density dependent growth of the tropical abalone *Haliotis asinina* in cage culture. *Aquaculture*, 171, 227–235.
- Chen, J. C. and W. C. Chen, 2000. Salinity tolerance of *Haliotis diversicolor supertexta* at different salinity and temperature levels. *Aquaculture*, 181, 191–203.
- Cheng, W., I. S. Hsiao, C. H. Hsu and J. C. Chen, 2004a. Change in water temperature on the immune response of Taiwan abalone *Haliotis diversicolor supertexta* and susceptibility to *Vibrio parahaemolyticus*. *Fish Shellfish Immunol.*, 17, 235–243.
- Cheng, W., C. H. Li and J. C. Chen, 2004b. Effect of dissolved oxygen on the immune response of *Haliotis diversicolor supertexta* and its susceptibility to *Vibrio parahaemolyticus*. *Aquaculture*, 232, 103–115.
- Cho, S. H., and C. I. Kim, 2008. Effect of dietary inclusion of various sources of additives on growth and body composition of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture Research*, (in press).
- Cho, S. H., S. M. Lee, B. H. Park, S. C. Ji and M. G. Kwon, 2006. Effect of dietary inclusion of various sources of green tea on immune system and challenging test of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.*, 19, 48–89.
- Cho, S. H., J. Park, C. Kim and J. Yoo, 2008. Effect of casein substitution with fishmeal, soybean meal and crustacean meal in the diet of the abalone *Haliotis discus hannai* Ino. *Aquacult. Nutr.*, 14, 61–66.
- Day, R., P. Gilmour and S. Huchette, 2004. Effects of density and food supply on postlarval abalone: behaviour, growth and mortality. *J. Shellfish Res.*, 23, 1009–1018.
- Duncan, D. B., 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1–42.
- 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 (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 95, 201–214.
- Harris, J. O., G. B. Maguire, S. J. Edwards and D. R. Johns, 1999. Low dissolved oxygen reduces growth rate and oxygen consumption rate of juvenile greenlip abalone, *Haliotis laevigata* Donovan. *Aquaculture*, 174, 265–278.
- He, H., A. L. Lawrence and R. Liu, 1992. Evaluation of dietary essentiality of fat soluble vitamins, A, D, E, and K for penaeid shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture*, 103, 177–185.
- Jang, S. I., J. Y. Jo and J. S. Lee, 1992. Effects of vitamins and glycyrrhizin added to oxidized diets on the growth and on the resistance to *Edwardsiella* injection of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *J. Aquacult.*, 5, 143–155.
- Jeong, M. R., B. S. Kim and Y. E. Lee, 2002. Physicochemical characteristics and antioxidant effects of Korean figs (*Ficus carica* L.). *J. East Asian Soc. Diet. Life*, 12, 566–573.
- Kim, C. W., S. G. Lim, K. S. Kim, J. M. Baek and C. S. Park, 2003. Influence of water temperature on growth and body composition of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) fed an artificial formulated diet and macroalgae (*Laminaria japonica*). *J. Kor. Fish. Soc.*, 36, 586–590.
- Kim, S. A., J. Kim, M. K. Woo, C. S. Kwak and M. S. Lee, 2005a. Antimutagenic and cytotoxic effects of ethanol extracts from five kind of seaweed. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, 34, 451–459.
- Kim, T., M. Yang, M. Choe, S. Han and I. Yeo, 2005b. Physiological studies on acute water-temperature stress of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai*. *J. Aquaculture*, 18, 7–12.
- Krinsky, N. I., 1993. Actions of carotenoids in biological systems. *World. Rev. Nutr.*, 13, 561–587.
- Kwon, M. G., S. U. Park, J. D. Bang, B. Y. Cho, S. M. Lee and S. I. Park, 2003. The effects of supplementary diets on the water temperature stress in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Fish Pathol.*, 16, 183–191.
- Laughlin, R. B. and J. M. Neff, 1981. Ontogeny of respiratory and growth responses of larval mud crabs *Rhithropanopeus harristii* exposed to different temperature, salinities, and naphthalene concentration. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 5, 319–332.
- Laughlin, R. B. and O. Linden, 1983. Oil pollution and Baltic mysid: Acute and chronic effects of the water soluble fractions of light fuel oil on the mysid shrimp *Neomysis integer*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 12, 29–41.

- Lee, S. M. and H. G. Park, 1998. Evaluation of dietary lipid sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). J. Aquacult., 11, 381–390.
- Lim, K. T., S. J. Lee, J. H. Ko and P. S. Oh, 2005. Hypolipidemic effects of glycoprotein isolated from *Ficus carica* Linnaeus in mice. Kor. J. Food Sci. Technol., 37, 624–630.
- Malham, S., A. Lacoste, F. Gelebart, A. Cuffe and S. Poulet, 2003. Evidence for a direct link between stress and immunity in the mollusc *Haliotis tuberculata*. J. Exp. Zool., 295, 136–144.
- Martello, L. and R. S. Tjeerdema, 2001. Combined effects of pentachlorophenol and salinity stress on chemiluminescence activity in two species of abalone. Aquat. Toxicol., 51, 351–362.
- Park, Y. B., J. K. Ahn, S. J. Yoo, D. C. Park, I. S. Kim, Y. H. Park and S. B. Kim, 1998. Elucidation of anti-tumor initiator and promoter derived from seaweed-4: desmutagenic principles of *Ecklonia stolonifera* extracts against carcinogenic heterocyclic amines. J. Korean Soc. Food. Sic. Nutr., 27, 537–542.
- Park, B. H., H. K. Choi and H. S. Cho, 2001. Antioxidant effect of aqueous green tea on soybean oil. J. Korean Soc. Food. Sic. Nutr., 30, 552–556
- Paul, R. and J. H. Michael, 2007. The kinetics and mechanisms of the complex formation and antioxidant behaviour of the polyphenols EGCg and ECG with iron (III). J. Inorg. Biochem., 101, 585–593.
- Pedro, E. S., O. Lucia, M. Mario and B. Horacio, 2004. Effect of temperature on oxygen consumption and ammonia excretion in the Calafia mother-of-pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856). Aquaculture, 229, 377–387.
- Puangkaew, J., V. Kiron, T. Somamoto, N. Okamoto, S. Satih, T. Takeuchi and T. Watanabe, 2004. Nonspecific immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) in relation to different status of vitamin E and highly unsaturated fatty acids. Fish Shellfish Immunol., 16, 25–39.
- Rhi, J. W. and H. S. Shin, 1993. Antioxidant effect of aqueous extract obtained from green tea. Kor. J. Food Sci. Technol., 25, 758–763.
- Ryu, B. H., B. S. Chi, D. S. Kim and M. S. Ha, 1986. Desmutagenic effect of extracts obtained from seaweeds. Bull. Kor. Fish. Soc., 19, 502–508.
- Saffari, Y. and S. M. H. Sadrzadeh, 2004. Green tea metabolite EGCG protects membranes against oxidative damage in vitro. Life Sci., 74, 1513–1518.
- Shin, I. S., H. Masuda and N. Kinae, 2000. Inhibitory effect of Sawa-wasabi (*Wasabia japonica*) on the growth of fish pathogenic bacteria. J. East Coastal Res., 11, 65–74.
- Tsuchiya, M., 1983. Mass mortality in a population of the mussel *Mytilus edulis* L. caused by high temperature on rocky shores. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 66, 101–111.
- Wanasundara, U. N. and F. Shahibi, 1998. Antioxidant and pro-oxidant activity of green tea extracts on marine oils. Food Chem., 63, 335–342.

원고접수 : 2008년 6월 13일

심사완료 : 2008년 10월 30일

수정본 수리 : 2008년 11월 3일