



다양한 원료의 사료첨가제가 전복의 성장, 체조성 및 패각 색채에 미치는 영향

조성환*, 박정은¹, 김충일, 유진형², 이상민³, 최철영
한국해양대학교 해양환경생명과학부, ¹(주)한국양식개발연구소,
²천하제일사료, ³강릉대학교 해양생명공학부

Effect of the Various Sources of Dietary Additives on Growth, Body Composition and Shell Color of Abalone *Haliotis discus hannai*

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

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, Gangneung 210-702, Korea

Effect of the various sources of dietary additives on growth, body composition and shell color of abalone *Haliotis discus hannai* was investigated for 16 weeks. Forty juvenile abalone averaging 13.5 g were randomly stocked into 21 of 50 L plastic rectangular containers each. Eight kinds of additives were prepared for this study: four commercially available microalgae [*Haematococcus* (Hae), *Isochrysis galbana* (Iso), *Shizochytrium* (Sch) and *Spirulina* (Spi)], three crustacean meals [krill meal (KM), shrimp head meal (Shm) and red crab meal (Rcm)], and green tea by-product (Gre). In addition, dry sea tangle (Dst), *Laminaria japonica*, as a control, was prepared. Casein, dextrin and a mixture corn oil and fish oil was protein, carbohydrate and lipid sources, respectively, in the experimental diets. The 2% each additive was included into the experimental diets. The experimental diets were fed to abalone once a day at the ratio of 1.5~2.0% total biomass of abalone with a little leftover throughout the 16-week feeding trial. Survival of abalone was not significantly ($P>0.05$) affected by the experimental diets. However, weight gain of abalone fed the all experimental diets containing the various sources of additives was significantly ($P<0.05$) higher than that of abalone fed the Dst diet. Weight gain of abalone fed the Spi diet was highest and Shi, KM and Iso diets in order. Shell length and the ratio of soft body weight to body weight of abalone was not significantly ($P>0.05$) affected by the experimental diets. However, shell width of abalone fed the all experimental diets containing the various sources of additives was significantly ($P<0.05$) higher than that of abalone fed the Dst diet. The shell color of abalone fed the Spi diet was improved the most distinctively and similar to that of natural abalone. Therefore, it can be concluded that the experimental diets with the various sources of additives (microalgae and crustacean meals) was effective to improve growth of abalone and dietary inclusion of *Spirulina* was most effective to improve shell color of abalone.

Keywords: Abalone (*Haliotis discus hannai*), Dietary additives, Microalgae, Crustacean meals, Shell color

서론

2005년 우리나라의 전복류 양식생산량은 총 2,062톤으로 2005년 패류양식 총생산량인 약 326천 톤의 0.7%에도 미치지 못하지만, 가치의 면에서는 전복양식 생산총금액이 약 920억원으로 패류양식 총생산금액인 약 3,140억원의 29% 이상을 차지하는

것으로 나타나서, 우리나라 패류 양식업에 있어서 전복이 얼마나 중요한 위치를 차지하고 있는 가를 잘 보여주고 있다(KNSO, 2005).

전복의 효율적이고 안정적인 양식생산을 위하여 배합사료의 개발에 관한 다수의 연구가 수행된 바 있다(Uki et al., 1986a, 1986b; Mai et al., 1995a, 1995b; Lee and Park, 1998; Lee et al., 1998a, 1998b, 1998c; Lim and Lee, 2003). 카제인은 전복에 있어서 단백질원으로서 다른 동물성단백질이나 해조류보다

*Corresponding author: chosunh@hhu.ac.kr

우수한 성장 결과를 보였으며(Uki et al., 1986a), 카제인을 주요 단백질원으로 이용할 경우 전복 치패의 단백질 및 지질 요구량은 25%~35% 및 3%~7% 내외인 것으로 보고 되었다(Mai et al., 1995a, 1995b). 그러나 아직까지도 양식산 전복의 경우 자연산 전복과의 패각 색채 차이와 양식산 전복의 품질이 자연산 전복에 비하여 떨어진다는 잘못된 소비자들의 인식으로 인하여 가격이 자연산 전복에 비하여 훨씬 낮게 평가되고 있는 실정이다. 어류에서 뿐만 아니라 패류에 있어서도 먹이에 함유되어 있는 carotenoids 계열의 색소에 따라서 어패류의 색채가 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있으며(Gomes et al., 2002; Choubert et al., 2006), Lim and Lee (2003)는 전복의 경우 *Spirulina* 또는 *Porphyra powder*를 사료에 첨가할 때 전복 패각의 색채가 자연산 전복과 유사하게 된다고 보고하였다.

최근 상업적으로 이용 가능한 다양한 종류의 미세조류(microalgae)들이 어패류의 먹이로서 개발되어 시판되고 있다. 특히 *Isochrysis galbana*는 패류의 우수한 먹이로서 잘 알려져 있으며(Rico-Villa et al., 2006; Tang et al., 2006), *Spirulina*는 영양강화제나 사료첨가제 또는 면역강화제로서 우수한 효능이 갑각류 및 어패류에서 잘 알려져 있다(Chien and Shiau, 2005; Lu et al., 2006; Watanuki et al., 2006). 그리고 *Haematococcus*는 담수산녹조류로서 β -carotene과 vitamin A가 풍부하여 무지개송어(Choubert and Heinrich, 1993; Choubert et al., 2006), gilthead seabream, *Sparus aurata* (Gomes et al., 2002)과 관상어류(Gouveia et al., 2003) 및 새우류(Chien and Shiau, 2005)의 성장 및 색채 개선에 효과적이었다. 또한 *Shizochytrium*은 고도불포화지방산 함량이 높아서 어패류용 사료첨가제나 영양강화제로서의 개발 가능성이 높다(Wu et al., 2005). 갑각류성 기원의 여러 가지 사료첨가제 공급에 따른 어류나 갑각류의 성장과 색채 개선 효과도 보고된 바 있다(Fox et al., 1994; Kalinowski et al., 2005; Williams et al., 2005). 이와같이 여러 가지 미세조류와 갑각류성 사료첨가제는 전복에 있어서도 유용하게 이용될 수 있을 것이라고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 다양한 사료첨가제용 미세조류와 갑각류성 기원의 사료첨가제를 전복용 배합사료에 적용시 전복의 성장, 체조성 및 패각 색채에 미치는 영향을 조사하고자 한다.

재료 및 방법

전복 및 사육 실험 준비

전복 치패를 통영 소재의 개인양식장에서 구입하여 사육 실험 현장으로 옮긴 후 새로운 사육환경에 2주간 적응시켰다. 적응기간동안에는 1일 1회(17:00) 건조 다시마를 전복 체중의 약 1.5%를 공급하여 주었다. 총 27개의 50 L 사각형 플라스틱 수용기에 비슷한 크기의 전복 치패 40 마리를 임의로 각각 분산 수용한 후, 이들 50 L 사각형 플라스틱 수용기를 6개씩 총 5개의 1.3톤 유수식 raceway (수량: 1.0톤)에 분산 수용하였으며,

이때 각 raceway별 주수량은 120 L/min이었다. 광주기는 자연 광주기를 따랐으며, 충분한 양의 산소공급을 위하여 각 raceway 별로 aeration을 시켜주었다.

실험 사료의 준비

본 사육실험에는 총 9 종류의 사료가 준비되었으며, 각 실험구는 3 반복구를 두었다. 주요 단백질원으로 casein 38%와 탄수화물원으로 dextrin 30% 및 지질원으로 어유와 대두유를 1:1의 비율로 혼합하여 5% 첨가한 기본 사료에 8종류, 즉 4종류의 상업시판용 microalgae [*Haematococcus* (Hae), *Isochrysis galbana* (Iso), *Shizochytrium* (Sch)와 *Spirulina* (Spi)]와 3종의 갑각류성 기원의 첨가제 [크릴분(Krill meal, KM), 새우머리분(Shrimp head meal, Shm)과 홍게분(Red crab meal, Rcm)] 및 녹차부산물(Gre)을 각각 2%씩 첨가한 실험사료와 건조 다시마(Dried sea tangle, *Laminaria japonica*, Dst)를 공급하는 대조구를 두었다(Table 1).

사료의 성형은 각 원료를 잘 혼합한 후 혼합물 100 g 당 물 100 g을 가하고 다시 잘 혼합한 후 압착하여 5%의 염화칼슘 수용액에 40초간 담구어서 알긴산 나트륨을 칼슘염으로 치환시켰다. 사료는 사각형(가로×세로 = 1 cm × 1 cm) 형태로 두께 0.15 cm 되도록 절단한 후 응달에서 밤 동안 건조시킨 이후 냉동(-25 °C)에 보관하면서 필요시마다 소량씩 사용하였다.

사육실험 기간 동안의 먹이 공급량은 각 수용기별 전복 전체 중(Total biomass)의 1.5%~2.0%를 매일 1회(17:00) 공급하여 주어서 전복이 충분히 먹이를 골고루 섭취하도록 하였으며, 남은 먹이는 격일제로 청소하여 제거하였다. 사육실험기간 동안의 사육수온 변화는 12.0 °C~20.0 °C(Mean±SD; 15.7±2.10 °C)의 범위이었으며 사육실험기간은 총 16주간이었다.

일반성분분석 및 패각 색채 분석

실험사료 및 전복 가식부의 일반성분분석은 AOAC (1990)에 따라 분석하였으며, 조단백질(N × 6.25)은 Automatic analyzer, 조지방은 ether 추출법, 수분은 105 °C의 dry oven에서 건조하여 측정하였으며, 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator) 및 회분은 550 °C의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량하였다.

실험종료시 각 실험구에서 무작위로 20개(각 사료별 총 60개)의 전복을 샘플하여 전복 패각의 색채 분포를 한국 표준색표집(케이비에스 한국색채연구소, 1991)에 의거하여 분리하여 가장 빈번한 상위 3가지의 색채와 그 빈도를 측정하여 자연산 전복과 비교하여 사료 첨가제 공급에 따른 전복 패각의 색채 개선 효과를 조사하였다.

통계처리

각 실험구의 측정 항목은 ANOVA-test를 실시하여 유의성이 인정될 때 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 각 실험구 평균간의 유의성을 SAS version 9.1 (SAS Institute, Cary, NC, USA)로 검정하였다.

Table 1. Ingredients (%) of the experimental diets

| Ingredients | Experimental diets | | | | | | | | |
|--|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Hae | Iso | Shi | Spi | Gre | KM | Rcm | Shm | Dst |
| Casein ¹ | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 |
| Dextrin ² | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Oil ³ | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Sodium alginate ⁴ | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Vitamin premix ⁵ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Mineral premix ⁶ | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| <i>Haematococcus</i> ⁷ | 2 | | | | | | | | |
| <i>Isochrysis galbana</i> ⁸ | | 2 | | | | | | | |
| <i>Shizochytrium</i> ⁹ | | | 2 | | | | | | |
| <i>Spirulina</i> ¹⁰ | | | | 2 | | | | | |
| Green tea | | | | | 2 | | | | |
| Krill meal ¹¹ | | | | | | 2 | | | |
| Red crab meal ¹² | | | | | | | 2 | | |
| Shrimp head meal ¹³ | | | | | | | | 2 | |
| Dried sea tangle | | | | | | | | | 100 |
| <i>Nutrients (%)</i> | | | | | | | | | |
| Dry matter | 86.3 | 86.6 | 86.8 | 88.2 | 85.7 | 88.5 | 87.8 | 88.8 | 87.5 |
| Crude protein | 36.1 | 36.4 | 35.9 | 36.1 | 37.0 | 37.0 | 36.3 | 36.4 | 10.5 |
| Crude lipid | 2.3 | 2.6 | 3.1 | 2.8 | 2.6 | 4.2 | 2.3 | 3.7 | 0.1 |
| Ash | 8.1 | 7.4 | 7.5 | 7.9 | 7.6 | 7.3 | 7.9 | 7.4 | 22.8 |

¹Casein was purchased from Lactoprot Deutschland GmbH (Germany).

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

³Oil: a mixture of corn oil and fish oil at the ratio of 1:1.

⁴Sodium alginate was purchased from Sigma Chemical, USA.

⁵Vitamin premix and ⁶mineral premix were same as Lee et al. (1998b)

⁷*Haematococcus* was purchased from Aquanet Co. Ltd. (Tongyeong city, Korea).

⁸*Isochrysis galbana* was purchased from MyungSun Co. Ltd. (Seoul, Korea).

⁹*Shizochytrium* was purchased from Chem Port Inc. (Daejeon, Korea).

¹⁰*Spirulina* was purchased from Ewha Oil & Fat Industry Co. Ltd. (Busan, Korea).

¹¹Krill meal, ¹²Red crab meal and ¹³Shrimp head meal were supplied by Jeilfeed Co. Ltd. (Haman, Korea).

결과 및 고찰

다양한 사료첨가제를 포함한 실험사료를 공급하여 16주간 사육한 결과, 전복의 생존율(%), 체중증가량(g/abalone), 체장(cm), 체폭(cm) 및 체중에 대한 가식부 중량의 비(the ratio of soft body weight to total body weight)를 Table 2에 나타내었다. 전복의 생존율은 81.7%~93.3%의 범위로서 사료첨가제의 종류에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 실험종료시 체중증가량은 다시마를 먹이로 공급한 실험구(Dst)에 비하여 사료첨가제를 첨가한 모든 실험구에서 유의적으로 우수한 것으로 나타났다($P < 0.05$). 사료첨가제를 첨가한 사료를 공급한 실험구 간의 체중증가량은 유의적인 차이가 없었지만($P > 0.05$), *Spirulina* (Spi), *Shizochytrium* (Shi), 크릴분(KM) 및 *Isochrysis* (Iso)를 첨가한 사료를 공급한 실험구의 순으로 체중증가량이 우수한 것으로 나타났다. 유사하게 어분과 대두박을 단백질원으로 제조한 실험사료에 *Spirulina*를 첨가하였을 경우 유의적인 차이는 없었지만 다른 첨가제에 비하여 전복의 성장이 개선되었다(Lee

et al., 1998b; Lim and Lee, 2003). 여러 종류의 어류와 갑각류에서도 *Spirulina*, *Haematococcus* 또는 갑각류분(크릴분, 새우분 등)을 사료내 첨가함에 따라서 성장이나 색채가 개선된다고 보고 된 바 있다(Choubert and Heinrich, 1993; Fox et al., 1994; Gomes et al., 2002; Chien and Shiau, 2005; Kalinowski et al., 2005; Williams et al., 2005; Choubert et al., 2006).

실험종료시 전복의 체장 및 체중에 대한 가식부 중량의 비에는 사료공급구 간에 유의적인 차이가 없었다. 그러나 체폭은 체중증가량과 유사하게 다시마를 공급한 실험구(Dst)에 비하여 실험사료를 공급한 모든 실험구에서 유의적으로 우수한 것으로 나타났다($P < 0.05$). 본 사육실험에서 전복의 체중증가량, 체장 및 체폭의 변화를 고려할 때 사료첨가제가 포함된 사료의 공급은 전복의 성장에 있어서 체장보다는 주로 체폭에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 전복에 있어서 단백질원으로 카제인은 다른 동물성 및 식물성단백질이나 해조류보다 우수한 성장 결과(Uki et al., 1986a)가 보고 되었기 때문에 본 연구에서는 첨가제의 효과를 규명 짓기 위하여 카제인만을 단독 단백질원으로

Table 2. Survival (%), weight gain (g/abalone), shell length (cm), shell width (cm), the ratio of soft body weight to body weight of abalone fed the experimental diets containing the various sources of additives for 16 weeks (Mean±SE)

| Diets | Initial weight (g) | Final weight (g) | Survival (%) | Weight gain (g) | Shell length (cm) | Shell width (cm) | Soft body weight/body weight |
|-------|--------------------|------------------------|--------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|------------------------------|
| Hae | 13.5±0.13 | 19.9±0.22 ^a | 81.7±3.00 | 6.4±0.10 ^a | 5.6±0.12 | 3.8±0.05 ^a | 0.59±0.005 |
| Iso | 13.7±0.16 | 20.5±0.20 ^a | 93.3±3.63 | 6.8±0.18 ^a | 5.5±0.02 | 3.8±0.02 ^a | 0.60±0.009 |
| Shi | 13.5±0.17 | 20.7±0.50 ^a | 85.0±3.82 | 7.2±0.43 ^a | 5.6±0.06 | 4.0±0.27 ^a | 0.61±0.007 |
| Spi | 13.6±0.09 | 21.2±0.07 ^a | 85.0±2.50 | 7.6±0.07 ^a | 5.7±0.07 | 4.0±0.03 ^a | 0.61±0.006 |
| Gre | 13.5±0.19 | 20.2±0.65 ^a | 93.3±1.67 | 6.6±0.51 ^a | 5.5±0.03 | 3.8±0.03 ^a | 0.60±0.002 |
| KM | 13.6±0.21 | 20.7±0.60 ^a | 83.3±3.63 | 7.1±0.40 ^a | 5.5±0.06 | 3.8±0.06 ^a | 0.61±0.005 |
| Rcm | 13.3±0.12 | 20.0±0.36 ^a | 85.0±5.20 | 6.7±0.28 ^a | 5.6±0.05 | 3.9±0.04 ^a | 0.59±0.022 |
| Shm | 13.5±0.16 | 20.1±0.58 ^a | 90.8±3.00 | 6.7±0.66 ^a | 5.6±0.06 | 3.8±0.03 ^a | 0.59±0.009 |
| Dst | 13.4±0.14 | 16.7±0.21 ^b | 93.3±4.41 | 3.3±0.27 ^b | 5.3±0.07 | 3.6±0.05 ^b | 0.58±0.006 |

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

공급하였다. 본 실험에서도 제조한 모든 실험사료가 대조구인 다시마를 공급한 실험구에 비하여 우수한 성장을 보여 전복양식에 있어서 배합사료의 우수성을 확인할 수 있었다. 유사하게 Lee et al. (1998a)은 전복에 있어서 단독 단백질원으로 카제인, 백색여분, 대두박 또는 면실박을 공급하는 실험구에서의 성장은 미역이나 다시마를 공급하는 실험구에 비하여 모두 우수하다고 보고하였다. Bautista-Teruel et al. (2003)은 식물성 및 동물성단백질(어분, 새우분, 탈지대두박 또는 *Spirulina*)을 혼합한 사료를 12주간 열대성(tropical) 전복(*Haliotis asinina*)에게 공급하였을 때 전복의 체중 증가가 뚜렷하였으며, 이들 원료를 적절하게 혼합하여 사용하면 초식성(herbivorous)인 전복의 우수한 먹이로 이용될 수 있다고 설명하였다.

전복의 일반성분분석결과 크릴분(KM), 새우머리분(Shm) 및 다시마를 공급한 실험구(Dst)에서 수분 함량은 *Spirulina* (Spi) 또는 녹차를 첨가한 사료를 공급한 실험구(Gre)에 비하여 유의적으로 높게 나타났으나(P<0.05), 다른 실험구에서의 수분함량과는 유의적인 차이가 없었다(Table 3). 조단백질 함량은 *Shizochytrium* (Shi)을 첨가한 실험구에서 *Haematococcus* (Hae) 또는 다시마를 공급한 실험구(Dst)에 비하여 유의적으로 높게 나타났으며, 홍계분(Rcm)과 녹차(Gre)를 첨가한 실험구에서도 대조구인 다시마를 공급한 실험구(Dst)에 비하여 유의적으로 높

게 나타났다(P<0.05). 조지질의 함량은 모든 실험구에서 유의적인 차이가 관찰되지 않았다. 그러나 회분 함량은 다시마(Dst)를 공급한 실험구에서 실험사료를 공급한 다른 모든 실험구에 비하여 유의적으로 높게 나타났으나(P<0.05), 실험사료를 공급한 실험구간에는 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. 다시마를 공급한 실험구에서 회분 함량이 높은 것은 다시마의 회분 함량이 다른 실험사료에 비하여 높은 결과에서 기인한 것으로 판단된다(Table 1). 유사하게 공급된 먹이의 영양소 함량에 따라서 전복 가식부의 체성분이 크게 영향을 받았으며(Mai et al., 1995a, 1995b; Lee and Park, 1998; Lee et al., 1998a, 1998b, 1998c), 특히 자연먹이(미역 또는 다시마)를 공급한 실험구에서의 회분 함량이 실험사료를 공급한 실험구에 비하여 높은 것으로 나타났다(Lee et al., 1998a).

실험종료시 전복 패각 색채 개선 효과를 조사한 결과를 Table 4에 나타내었다. 자연산 전복의 경우 패각 색채는 주황과 갈색의 범위이었으나, Iso, Shi 및 Shm 사료 공급구에서의 패각 색채는 녹황색 범위의 빈도가 가장 높았으며, 나머지(Hae, Gre, KM 및 Rem) 사료 공급구에서는 녹황색과 옅은 노란색 범위의 빈도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 대조구인 다시마(Dst) 공급구에서도 녹황색과 옅은 노란색 범위의 빈도가 가장 높은 것으로 나타났다. 그러나 Spi 사료 공급구에서는 옅은 주황색(갈

Table 3. Chemical composition (%) of the soft body of abalone fed the experimental diets containing the various sources of additives for 16 weeks (Mean±SE)

| Diets | Moisture | Crude protein | Crude lipid | Ash |
|-------|-------------------------|--------------------------|-------------|-----------------------|
| Hae | 80.1±0.56 ^{ab} | 14.4±0.36 ^{bc} | 0.7±0.08 | 2.5±0.05 ^b |
| Iso | 79.4±0.49 ^{ab} | 15.6±0.56 ^{abc} | 0.7±0.05 | 2.4±0.07 ^b |
| Shi | 79.7±0.13 ^{ab} | 16.1±0.50 ^a | 0.8±0.09 | 2.5±0.08 ^b |
| Spi | 78.5±0.78 ^b | 15.6±0.37 ^{abc} | 0.9±0.06 | 2.4±0.05 ^b |
| Gre | 78.6±0.25 ^b | 15.8±0.47 ^{ab} | 0.7±0.06 | 2.6±0.04 ^b |
| KM | 80.6±0.29 ^a | 14.7±0.32 ^{abc} | 0.7±0.00 | 2.5±0.08 ^b |
| Rcm | 79.1±0.10 ^{ab} | 16.1±0.53 ^{ab} | 0.8±0.13 | 2.5±0.03 ^b |
| Shm | 80.5±0.32 ^a | 15.2±0.39 ^{abc} | 0.8±0.16 | 2.4±0.03 ^b |
| Dst | 80.8±1.03 ^a | 14.1±0.88 ^c | 0.6±0.22 | 2.8±0.12 ^a |

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

Table 4. The hue of shell of abalone fed the experimental diets containing the various sources of additives for 16 weeks

| Abalone | Most abundant color of shell | | | Frequency | | |
|---------|--------------------------------------|------------|-----------|-----------|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Natural | 7.5YR-10YR ¹ | | | 5 | | |
| Hae | 2.5GY ² -10Y ³ | 5GY-2.5GY | 10Y-7.5Y | 25 | 15 | 12 |
| Iso | 5GY-2.5GY | 2.5GY-10Y | 7.5GY-5GY | 14 | 14 | 12 |
| Shi | 5GY-2.5GY | 2.5GY-10Y | 7.5GY-5GY | 19 | 19 | 10 |
| Spi | 7.5YR-5YR | 10YR-7.5YR | 2.5Y-10YR | 15 | 11 | 9 |
| Gre | 2.5GY-10Y | 5GY-2.5GY | 10Y-7.5Y | 19 | 19 | 15 |
| KM | 2.5GY-10Y | 5GY-2.5GY | 10Y-7.5Y | 24 | 21 | 17 |
| Rcm | 2.5GY-10Y | 5GY-2.5GY | 7.5GY-5GY | 17 | 14 | 9 |
| Shm | 5GY-2.5GY | 7.5GY-5GY | 2.5GY-10Y | 19 | 16 | 12 |
| Dst | 2.5GY-10Y | 5GY-2.5GY | 10Y-7.5Y | 25 | 21 | 14 |

YR¹; yellow red-orange; GY²; green-yellow; Y³; yellow.

색) 범위의 빈도가 가장 높게 나타나서 본 사육실험에서는 자연산 전복과 가장 비슷한 색채 범위를 보였다. 유사하게 Lim and Lee. (2003)도 여러 가지 색소 첨가제중 사료내 *Spirulina* 을 첨가하였을 때 가장 자연산 전복의 패각과 비슷한 색채를 보인다고 보고하였으며, 이것은 색소원료에 포함되어 있는 phycoerythrin이나 phycocyanin과 같은 수용성 단백질 색소가 전복 패각의 색채 변화에 크게 영향을 미친다고 서술한 바 있다. 자연산과 양식산 전복의 구분이 대부분 패각의 색채에 의하여 구분되고 있는 현실을 고려할 때 전복의 성장뿐만 아니라 패각의 색채 개선을 위한 보다 다양하고 많은 연구가 수행되어야 할 것이다.

이상의 결과를 고려할 때 전복의 사육실험에 이용된 다양한 사료첨가제는 대조구인 다시마 공급구에 비하여 성장 개선 효과가 뚜렷하였으며, microalgae중에서는 *Spirulina*와 *Shizochytrium* 과 갑각류성 첨가제 중에서는 krill meal이 성장에 효과적이었으며, 전복 패각의 색채 개선효과는 *Spirulina* 첨가구에서 가장 뚜렷하였다.

요 약

카제인과 텍스트린 및 대두유와 어유의 혼합유를 주요 단백질과 탄수화물 및 지질원으로 구성된 전복용 배합사료에 다양한 microalgae (*Haematococcus*, *Isochrysis galbana*, *Shizochytrium*)와 갑각류성 기원의 첨가제(krill meal, shrimp head meal, red crab meal) 및 녹차부산물을 각각 2% 첨가한 실험사료를 준비하여 16주간 전복에게 공급하여 주었다. 그리고 다시마를 공급한 실험구를 대조구로 두었다. 실험 종료시 전복의 생존율은 유의적인 차이가 없었으나, 사료 첨가제를 첨가한 모든 실험사료에서 전복의 체중증가량은 다시마를 공급한 실험구에 비하여 유의적으로 우수하였다. 전복의 체중 증가량은 *Spirulina*, *Shizochytrium* 및 *Isochrysis*의 순으로 우수하였다. 전복의 체장 및 체중에 대한 가식부의 중량 비는 유의적인 차이가 없었다. 그러나 체폭

은 다시마를 공급한 실험구에 비하여 첨가제를 첨가한 모든 실험구에서 유의적으로 우수한 것으로 나타났다. 전복 패각의 색채 개선효과는 *Spirulina* 첨가구에서 가장 뚜렷하였다. 실험사료내 다양한 microalgae와 갑각류성 기원의 사료첨가제는 전복의 성장을 효율적으로 개선시켰으며, 사료내 *Spirulina*의 첨가는 전복 패각 색채 개선에 가장 효과적이었다.

감사의 글

본 연구는 2005년 중소기업청 산학연컨소시엄사업 과제로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 15th edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA.

Bautista-Teruel, M. N., A. C. Fermin and S. S. Koshio, 2003. Diet development and evaluation for juvenile abalone, *Haliotis asinina*: animal and plant protein sources. *Aquaculture*, 219, 645-653.

Chien, Y. and W. Shiau, 2005. The effects of dietary supplementation of algae and synthetic astaxanthin on body astaxanthin, survival, growth, and low dissolved oxygen stress resistance of kuruma prawn, *Marsupenaeus japonicus* Bate. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 318, 201-211.

Choubert, G. and O. Heinrich, 1993. Carotenoid pigments of the green alga *Haematococcus pluvialis*: assay on rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, pigmentation in comparison with synthetic astaxanthin and canthaxanthin. *Aquaculture*, 112, 217-226.

Choubert, G., M. M. Mendes-Pinto and R. Morais, 2006. Pigmentation efficacy of astaxanthin fed to rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: Effect of dietary astaxanthin and lipid sources. *Aquaculture*, 257, 429-436.

Duncan, D. B., 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1-42.

- Fox, C. J., P. Blow, J. H. Brown and I. Watson, 1994. The effect of various processing methods on the physical and biochemical properties of shrimp head meals and their utilization by juvenile *Penaeus monodon* Fab. *Aquaculture*, 122, 209–226.
- Gomes, E., J. Dias, P. Silva, L. Valente, J. Gouveia, L. Bowen and W. Young, 2002. Utilization of natural and synthetic sources of carotenoids in the skin colouration of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Eur. Food Res. Technol.*, 214, 83–293.
- Gouveia, L., P. Rema, O. Pereira and J. Empis, 2003. Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. *Aquacult. Nutr.*, 9, 123–129.
- Kalinowski, C. T., L. E. Robaina, H. Fernandez-Palacios, D. Schuchardt and M. S. Izquierdo, 2005. Effect of different carotenoid sources and their dietary levels on red porgy (*Pagrus pagrus*) growth and skin color. *Aquaculture*, 244, 223–231.
- KNSO. 2005. Korea National Statistical Office. KOSIS Statistical DB, DaeJeon, Korea.
- Lee, S.M. and H. G. Park, 1998. Evaluation of dietary lipid sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture* 11, 381–390.
- Lee, S. M., S. J. Yun and S. B. Hur, 1998a. Evaluation of dietary protein sources for abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11, 19–29.
- Lee, S. M., Y. Lim, Y. B. Moon, S. K. Yoo and S. Rho, 1998b. Effects of supplemental macroalgae and *Spirulina* in the diets on growth performance in juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11, 31–38.
- Lee, S. M., S. J. Yun, K. S. Min and S. K. Yoo, 1998c. Evaluation of dietary carbohydrate sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11, 133–140.
- Lim, T. and S. M. Lee. 2003. Effect of dietary pigment sources on the growth and shell color of abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 36, 601–605.
- Lu, J., T. Takeuchi and H. Satoh, 2006. Ingestion, assimilation and utilization of raw *Spirulina* by larval tilapia *Oreochromis niloticus* during larval development. *Aquaculture*, 254, 686–692.
- Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon, 1995a. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. III. Responses of abalone to various levels of dietary lipid. *Aquaculture*, 134, 65–80.
- Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon, 1995b. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. *Aquaculture*, 136, 165–180.
- Rico-Villa, B., J. R. Le Coz, C. Mingant and R. Robert, 2006. Influence of phytoplankton diet mixtures on microalgae consumption, larval development and settlement of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Aquaculture*, 256, 377–388.
- Tang, B., B. Liu, G. Wang, T. Zhang and J. Xiang, 2006. Effects of various algal diets and starvation on larval growth and survival of *Meretrix meretrix*. *Aquaculture*, 254, 526–533.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe, 1986a. Optimum protein level in diets for abalone. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 52, 1005–1012.
- Uki, N., M. Sugiura and T. Watanabe, 1986b. Requirement of essential fatty acids in the abalone *Haliotis discus hannai*. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 52, 1013–1023.
- Watanuki, H., K. Ota, A. C. M. A. R. Tassakka, T. Kato and M. Sakai, 2006. Immunostimulant effects of dietary *Spirulina platensis* on carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture*, 258, 157–163.
- Williams, K. C., D. M. Smith, M. C. Barclay, S. J. Tabrett and G. Riding, 2005. Evidence of a growth factor in some crustacean-based feed ingredients in diets for the giant tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 250, 377–390.
- Wu, S., S. Yu and L. Lin, 2005. Effect of culture conditions on docosahexaenoic acid production by *Shizochytrium* sp. S31. *Process Biochem.*, 40, 3103–3108.
- 케이비에스 한국색채연구소, 1991. (실용)한국표준색표집: 유광판. KBS 문화사업단. 서울. 한국. 41 pp.

원고접수 : 2006년 8월 21일

수정본 수리 : 2006년 10월 16일