

## 포르말린과 청색 LED 병용처리에 의한 항스쿠티카 효과

강문경 · 이주엽 · 이윤항 · 김도형<sup>†</sup>

부경대학교 수산생명의학과

### Anti-scuticociliate effects of a combined treatment with formalin and blue LED

Mun-Gyeong Kang, Ju-Yeop Lee, Yoonhang Lee and Do-Hyung Kim<sup>†</sup>

Department of aquatic life medicine, college of Fisheries Science,  
Pukyong National University, 45, Yongso-ro, Nam-Gu, Busan, South Korea

Scuticociliatosis caused by *Miamiensis avidus* is a very important parasitic disease in olive flounder farming industry. The aim of this study was to determine effect of combined treatment with blue LED (light-emitting diode) illumination and formalin on olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) infected with *M. avidus*. Different intensity of 405 nm LED (20, 40, and 60  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) was illuminated on  $2.2\times 10^4$  cells/well of *M. avidus* in a 24 well microplate for 24 h. Also,  $2.4\times 10^4$  cells/well of *M. avidus* were exposed to varying combinations of 60  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  of 405 nm LED and serial 10-fold dilutions of formalin (from 10 to 100 ppm) for 15, 30, 45, and 60 min. Surviving *M. avidus* were counted using a hemocytometer. For *in vivo* test, flounder acclimatized at 11-12 practical salinity unit (psu) were challenged with  $2\times 10^6$  cells/ml of *M. avidus* by immersion method for 1 h. Then, fish were moved and divided into four groups; “F” group, treated with formalin at 50 ppm; “L” group, treated with 60  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  of 405 nm LED; “C” group, treated with combination of the two methods; and the control group. After treatment for 30 min, fish were transferred to new tanks (salinity=11–12 psu) and observed for 3 weeks. As a result, illumination of 405 nm LED at 60  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  killed 100% of *M. avidus* after 12 h, while 67% and 90% of the scuticociliate died at 20 and 40  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , respectively, after 24 h exposure. One hundred percent of *M. avidus* was killed at 90, 80, 80 and 70 ppm after exposure to formalin for 15, 30, 45 and 60 min, respectively. However, combined method (e.g., 60  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  of 405 nm-LED plus 50 ppm formalin) killed the parasite within 30 min. From *in vivo* test, similarly, survival rates of fish challenged with *M. avidus* were 100%, 43%, 29% and 0% in the C, F, L, and control groups, respectively. Results obtained in this study demonstrates that the combined treatment method has clear synergistic effect on scuticociliatosis in fish.

**Key words:** Scuticociliatosis, *Miamiensis avidus*, LED illumination, Light therapy, Formalin

---

<sup>†</sup>Corresponding author: Do-hyung Kim  
Tel: +82-51-629-5945, Fax: +82-51-629-5938  
E-mail: dhkim@pknu.ac.kr

## 서 론

우리나라 주요 양식 어종인 넙치의 감염성 질병 중 스쿠티카에 의한 감염과 그로 인한 경제적 피해가 매우 높은 것으로 나타났다(Jung et al., 2012; Jee et al., 2014; Kang et al., 2015; Kim et al., 2020). 우리나라 넙치에서 발견된 스쿠티카(scuticociliate) 종은 *Uronema marinum* (Jee et al., 2001), *Pseudocohnilembus persalinus* (Kim et al., 2004), *Miamiensis avidus* (syn. *Philasterides dicentrarchi*) (Jung et al., 2007), *Paranophrys marina* (Kang et al., 2021)가 포함된다. 이전 연구(Song et al., 2009)에서 *M. avidus*가 *U. marinum*와 *P. persalinus* 보다 넙치에 더 강한 병원성을 보였다는 보고에서 알 수 있듯이 종에 따라 병원성에 차이가 있을 것으로 생각된다.

스쿠티카충을 제어하기 위해 과산화수소(Lee et al., 2017), 알파-피넨 나노복합 제제(Jung et al., 2018) 등의 소독제와 백신(Kang et al., 2014; Lamas et al., 2008) 연구가 수행된 바가 있으나 아직 효과적인 치료나 예방법은 부족한 상황이다. 따라서 현재 양식 어가에서는 스쿠티카충의 구제를 목적으로 수산용 포르말린을 주로 사용하고 있다. 수산용 포르말린제제는 넙치, 무지개송어 및 연어류의 어란이 사용할 수 있는 대상으로 허가되어 있다. 넙치의 외부 기생충(e.g., *Ichthyobodo* sp., scuticociliates) 구제를 위한 수산용 포르말린의 용량·용법은 100~200 ppm의 농도로 1시간 동안 침지하는 방법으로 3~4일 간 연속투여(NIFS, 2016) 하는 것이다. 하지만 일부 양식 어가에서는 지속적인 포르말린 사용으로 인해서 그 효과가 감소하여 더 높은 농도로 사용하는 사례가 빈번한 실정이다(Seo et al., 2018). 사실상 포르말린 200 ppm 이상의 농도는 스쿠티카충의 사멸과 성장 억제에 효과적이거나 넙치에 심한 스트레스를 준다(Song et al., 2006). 또한, 수산양식장에서 고농도로 배출된 포르말린은 자연 생태계의 동·식물성 플랑크톤 개체군에 영향을 미쳐 일시적인 용존산소 농도의 감소 등 수생 생물에 잠재적 위험성을 지니고 있다(FDA, 1995; Lalonde, 2015). 그러므로 여러 측면을 고려할 때, 고농도의 수산용 포르말린 사용은 위험하며 반드시 용량·용법을 준수해야 한다. 수산용 포르말린제

의 대체제 연구가 수행된 바 있으나 현실적으로 효과와 적정 수준의 비용을 고려할 때 적절한 치료제가 없는 실정이다(Lee, 2007).

발광다이오드(light emitting diode; LED)는 친환경적이며 작동 및 유지보수에 낮은 에너지와 비용을 소요되고 필요한 단일 파장의 빛도 방출할 수 있는 장점이 있다(Zhang et al., 2014). 특히 400 nm 전후의 파장을 가진 청색 LED는 자외선(ultraviolet ray; UV)만큼 유해하지는 않지만(Kleinpenning et al., 2010), 미생물의 성장을 억제할 수 있다(Roh et al., 2016). 이미 여러 연구를 통해 청색 LED에 의한 어병 세균의 성장 억제 효과는 검증되었다(Maclean et al., 2009; Murdoch et al., 2012; Roh et al., 2016). 또한, 청색 LED의 사용으로 스쿠티카에 인위 감염된 넙치의 치료 효과를 확인한 바 있다(Roh et al., 2018a). 그러므로 본 연구에서는 405 nm LED와 수산용 포르말린을 함께 사용하여 스쿠티카충에 의한 감염 피해를 감소시킬 수 있는지 확인하고 포르말린의 최소 효과 농도를 결정하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 본 연구에서 사용한 LED 조명

본 연구에서 사용한 발광다이오드(light-emitting diode, LED) 광원은 부경대학교 LED-해양융합기술 연구센터에서 제공받은 405 nm의 LED가 사용되었다. 광원은 120개의 개별 LED로 구성되어 있으며, 최대출력은  $250 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 였다. 광량 측정은 Roh et al. (2018)의 방법과 같이 Laboratory Radiometer (Biospherical Instruments Inc., USA)을 이용하여 측정한 후 목표로 하는 광량을 사용하였다. 파장 대역은 온도조절 적분구 시스템(Withlight Co. Ltd, Korea)을 이용 하였으며, 그 결과는 Fig. 1에 나타내었다.

### 청색 LED의 광량별 스쿠티카충 저감 효과

본 연구에 사용한 *Miamiensis avidus*는 2% P2Y1 배지 (2% proteose peptone, 1% yeast extract, 1.17%의 sodium chloride, 10% fetal bovin serum)에 15°C에서 7일간 배양했다. Hemocytometer (MARIENFELD, Germany)로 계수한 *M. avidus*를  $2.2 \times 10^4$  cells/well

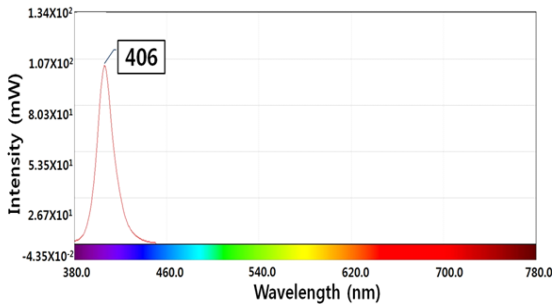


Fig. 1 LED wavelength range of 405 nm LED.

농도로 24 well plate에 접종한 후 405 nm LED의 다양한 저면 도달 광량(20, 40, 60  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )으로 상온에서 노출 시켰다. 대조구는 LED에 노출 시키지 않고 상온에 두었다. 0.5, 1, 2, 3, 6, 12, 24시간째에 스쿠티카충액 전량을 1.5 ml tube로 옮겼다. 8000 g 5분 조건으로 원심분리 후, 상층액 990  $\mu\text{l}$ 를 버리고 10  $\mu\text{l}$ 의 스쿠티카충 suspension을 0.25% trypan blue와 1:1의 비율로 염색하여 살아 있는 충을 계수하였다.

#### 포르말린과 청색 LED 병용법의 구충 효과 확인

*In vitro* 실험을 위해 수산용 포르말린(아쿠아마린, 녹집자수의약품)을 다양한 농도(10-100 ppm)로 설정하여 24 well plate에 분주하였다. 이후, 수산용 포르말린과 *M. avidus*를 혼합하여 총 농도가  $2.4 \times 10^4$  cells/well이 되도록 하였다. 혼합액을 405 nm LED ( $60 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )에 노출 시킨 후 15, 30, 45, 60분째에 10  $\mu\text{l}$ 의 스쿠티카충 suspension 전량을 1.5 ml tube로 옮겼다. 8000g 5분 조건으로 원심분리 후, 상층액 990  $\mu\text{l}$ 를 버리고 10  $\mu\text{l}$ 의 스쿠티카충 suspension에 PBS를 10  $\mu\text{l}$  첨가하였다. 살아 움직이는 *M. avidus*충을 계수하여 그 저감률을 아래와 같이 산출하였다.

$$\text{저감률(\%)} = \left(1 - \frac{\text{처리 후 } M. \text{avidus count}}{\text{초기 } M. \text{avidus count}}\right) \times 100$$

*In vivo* 실험을 위해, 총 28마리(평균 체중 =  $42 \pm 5$  g)의 넙치를 수온 20°C의 염분농도가 11-12 psu로 조정된 해수에서 1주일간 순치시켰다. 이후 넙치를  $2 \times 10^6$  cells/ml의 *M. avidus*에 1시간 동안 침치 감염시켰다. 치료 효과 확인을 위하여 하나의

대조구와 3가지의 처리구에 각 7마리의 넙치를 옮겨 실험하였다. 처리구는 포르말린 50 ppm (formalin-treated group),  $60 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 405 nm LED (LED-treated group), 그리고 이 두 가지의 병용법 (Combined LED- and formalin-treated group)이 포함된다. 각 그룹은 30분간의 처리 시간 후 각각 새로운 수조로 옮겨 순치 시와 동일한 사육수 조건(염분: 11-12 psu, 수온: 20°C)으로 3주간 누적폐사율을 관찰하였다.

#### 통계분석

405 nm LED의 광량별 스쿠티카충 저감 확인실험에서 도출된 결과는 SPSS v20.0 (IBM, NY, USA)에서 one-way analysis of variance(ANOVA) test로 확인하였고 사후검정은 Duncan's multiple range test 방법을 이용하였다 ( $p < 0.05$ ). 수산용 포르말린과 405 nm LED의 병용 처리에 의한 스쿠티카충 저감 확인실험에서 도출된 결과는 SPSS v20.0(IBM, NY, USA)에서 student's T-test 방법을 이용하여 통계적 유의성을 검정하였다 ( $p < 0.05$ ).

## 결 과

#### 청색 LED의 구충 효과

청색LED(405 nm)에 노출된 *M. avidus*는 대조구에 비해 그 수가 현저하게 감소하였으며, 처리 2시간 이후에는 모든 광량 구간에서 대조구에 비해 유의적인 감소를 나타내었다 (Fig. 2). 나아가 저감률은 광량 의존적으로 높았으며, 405 nm LED  $60 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 광량 구간에서는 12시간 노출 시 *M. avidus*가 모두 죽었지만, 20과  $40 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  광량 구간에서는 24시간 노출 후에 각각 67%(생존 수;  $2.9 \times 10^5$  cells/ml)와 90%(생존 수;  $8.3 \times 10^4$  cells/ml)의 저감률을 보였다.

#### 포르말린-청색 LED 병용법의 구충 효과

다양한 농도의 수산용 포르말린(10-100 ppm)과  $60 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 405 nm LED를 15, 30, 45, 60분 동안 병용 처리한 후 살아있는 *M. avidus* 수의 저감률(*in vitro* 실험 결과)을 Fig. 3에 나타내었다. 90% 이상의 스쿠티카충을 죽일 수 있는 조건은 405 nm

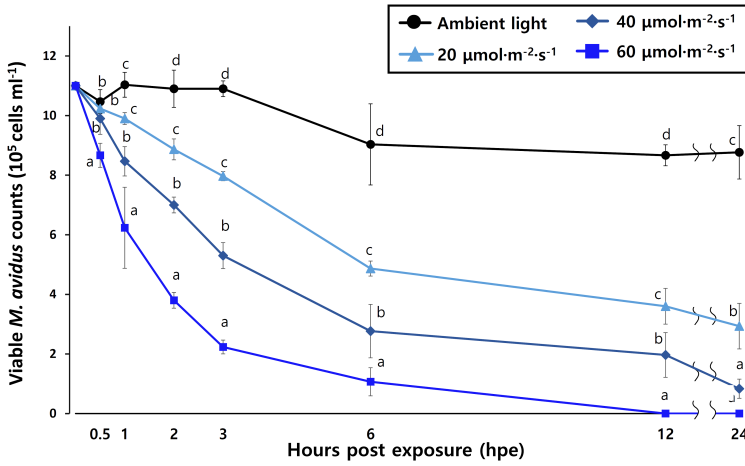


Fig. 2. Viable *M. avidus* counts after exposure to various intensity of 405 nm LED. Ambient light: control, 20 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>: 20 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> of 405 nm LED, 40 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>: 40 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> of 405 nm LED, 60 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>: 60 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> of 405 nm LED.

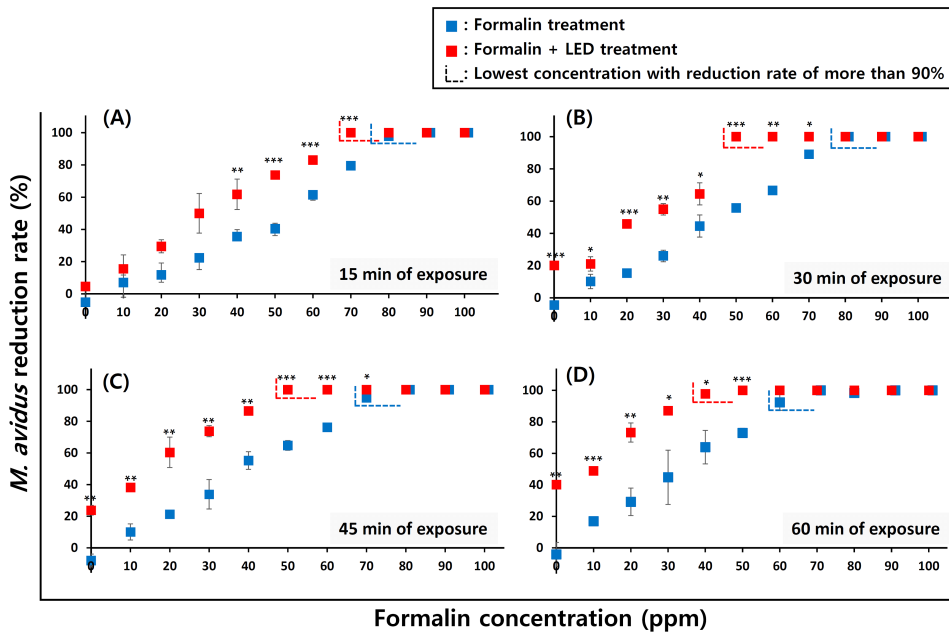


Fig. 3. Reduction rate of *M. avidus* after exposure to various combinations of 60 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> 405 nm LED with serial dilutions of formalin (from 10 to 100 ppm) and treatment of serial dilutions of formalin only (from 10 to 100 ppm) for (A) 15 minutes, (B) 30 minutes, (C) 45 minutes and (D) 60 minutes. \*, Significant difference, P < 0.05. \*\*, Significant difference, P < 0.01 and \*\*\*, Significant difference, P < 0.001.

LED 빛에 각각 15, 30, 45, 60분 노출될 때 포르말린은 각각 70, 50, 50, 40 ppm으로 점점 줄어들었다. 이처럼 *M. avidus*가 405 nm LED 빛에 노출되는 시간이 길어질수록 필요로 하는 포르말린의 농도를 낮출 수 있음을 알 수 있다. 나아가 병용 처리 시의 저감율 (수산화 포르말린 + 405 nm LED)이

동일한 조건에서 수산화 포르말린과 405 nm LED의 단독 처리 시의 저감율의 합보다 컸다(Table 1). 각각의 저감률을 저감효과로 미루어본다면 병용 시에 상협작용이 일어난 것을 나타낸다.

*In vivo* 실험 결과, 405 nm LED와 포르말린을 단독 및 병용 처리 후 스쿠티카에 인위 감염된 녀

Table 1. Reduction rate (%) of *M. avidus* according to exposure time of various concentrations of formalin (10 to 100 ppm) with 405 nm LED ( $60 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )

Concentration of formalin	Groups	Time to treatment			
		15 min	30 min	45 min	60 min
Control (0 ppm)	LED	4.64	20.08	23.77	40.16
10 ppm	10 ppm	7.1	10.11	10.11	16.94
	LED+10ppm	15.57	21.04	38.25	48.91
20 ppm	20 ppm	11.75	15.3	21.31	29.23
	LED+20ppm	29.51	45.9	60.38	73.22
30 ppm	30 ppm	22.4	25.96	33.88	44.81
	LED+30ppm	50	54.92	73.77	87.16
40 ppm	40 ppm	35.52	44.54	55.19	63.93
	LED+40ppm	61.75	64.48	86.61	97.81
50 ppm	50 ppm	40.44	55.74	64.75	72.95
	LED+50ppm	73.77	100	100	100
60 ppm	60 ppm	61.48	66.67	76.23	92.35
	LED+60ppm	83.06	100	100	100
70 ppm	70 ppm	79.51	89.07	94.81	100
	LED+70ppm	100	100	100	100
80 ppm	80 ppm	97.81	100	100	98.36
	LED+80ppm	100	100	100	100
90 ppm	90 ppm	100	100	100	100
	LED+90ppm	100	100	100	100
100 ppm	100 ppm	100	100	100	100
	LED+100ppm	100	100	100	100

치의 누적 폐사율을 Fig. 4에 나타내었다. 수산용 포르말린과 405 nm LED 병용 처리구를 제외한 모든 그룹에서 공격 후 10일째부터 폐사가 관찰되었

으며. 실험 종료 시점에서 수산용 포르말린과 405 nm LED 병용 처리구는 100% 생존율을 보인 반면 포르말린 처리구, LED 처리구, 대조구에서의 생존

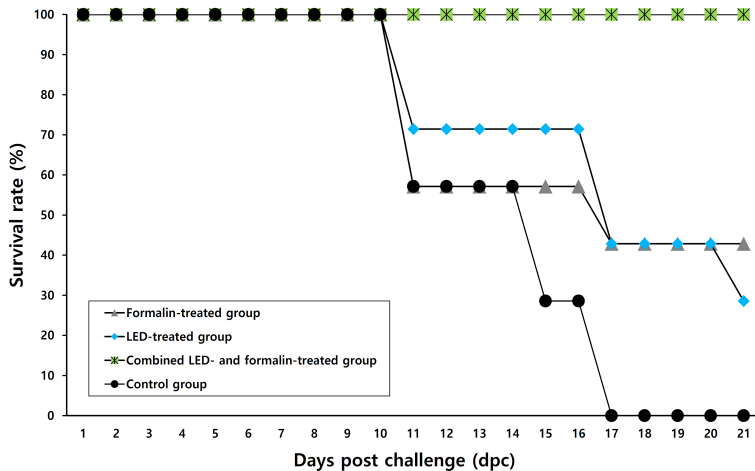


Fig. 4. Cumulative survival rate (%) of olive flounder after *M. avidus* immersion challenge; Formalin-treated group (formalin at 50 ppm), LED-treated group ( $60 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  of 405 nm LED), Combined LED- and formalin-treated group (Formalin at 50 ppm+ $60 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  of 405 nm LED) and Control group.

율은 각각 43%, 29%, 0%였다.

## 고 찰

본 연구에서는 스쿠티카에 감염된 넙치의 치료를 위해 수산용 포르말린과 청색(405 nm) LED를 병용 처리하는 방법의 구충 효과를 확인하여 포르말린의 과다사용을 줄이고자 하였다. 본 연구의 *in vitro* 실험 결과, 사용한 모든 광량에서 2시간 이상 노출되면 *M. avidus*의 수는 유의적으로 감소하는 것을 확인하였고 저감율의 감소 경향은 뚜렷이 광량 의존적이었다. Roh et al. (2018)는 청색 LED에 노출된 스쿠티카충은 세포자살이 유도된다고 하였듯이 본 연구에서도 유사한 작용에 의해 *M. avidus*가 사멸한 것으로 판단된다. 하지만 Roh et al. (2018)의 연구에서는 사용한 405 nm LED의 출력 광량이  $250 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 인 단일 광량만 사용하였고 스쿠티카충에 도달하는 광량을 측정하지 않아 본 연구 결과와 직접적으로 비교하는 것은 어렵다. 상술한 바와 같이 LED의 미생물 저감 효과 관련 대부분의 연구에서는 출력 광량을 나타내지만 본 연구에서는 넙치가 머무르는 수조의 바닥에 도달하는 광량( $0\sim 60 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )을 정확히 측정하였다. 일반적으로 빛의 광량은 표적까지의 거리에 따라 달라지며 중간에 물이라는 매질이 있으면 그 감소량은 증가하게 된다.

최근 들어 청색 LED 파장(400-500 nm)을 이용한 monotherapy 방법은 광감작제의 사용이 필요 없는 장점이 있으므로 점점 관심이 높아지고 있다(Dai et al., 2013; Murdoch et al., 2012; Yin et al., 2013). Roh et al. (2016)와 Roh et al. (2018b)은 405 nm LED가 어병 세균을 효과적으로 불활성화시키며 잉어의 에드워드병의 치료에 효과적이라고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 스쿠티카충은 405 nm LED 빛의 광량 및 노출 시간-의존적 감소 경향을 보였고 LED 단독으로 처리한 그룹에서 스쿠티카충 감염의 치료에 효과가 있다는 것을 보여주었다. 본 연구의 *in vitro* 병용처리 실험 결과, 스쿠티카충의 수는 수산용 포르말린만의 농도와 LED 노출 시간에 의존적으로 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타났다. 또한, *in vivo* 실험에서도 포르말린 단독처

리 그룹(생존율=43%)과 LED 단독처리 그룹(생존율=29%)의 효과는 비교적 유사하였지만 두 방법을 동시에 처리한 병용처리 그룹에서는 한 마리도 폐사가 없음을 확인할 수 있었다. Fig. 3의 결과에서 보여주듯이 LED 노출 시간을 증가시킬수록 스쿠티카충 저감에 필요한 포르말린의 농도를 줄이는 효과가 있음을 알 수 있다. 포르말린은 수질 또는 환경의 수온 및 용존산소량 등 여러 요인에 따라 영향을 받는 물리화학적 특성을 지님으로(Lee, 2007), 405 nm LED의 병용 처리 시에 이러한 요인과 관련된 영향을 감소시키고 스쿠티카충의 저감에 상충적으로 작용하는 것으로 사료된다.

본 연구에서는 50 ppm의 수산용 포르말린과  $60 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 청색(405 nm) LED를 30분간 병용처리 시, *M. avidus*가 단독처리 시보다 빠르게 사멸하는 것을 확인하였고, 스쿠티카 인위감염 넙치의 폐사율 저감에 매우 효과적임을 확인하였다. 이는 스쿠티카에 감염된 넙치의 치료를 위해 기존에 양식장에서 사용하는 포르말린 농도보다 적은 농도의 사용으로도 구충 효과는 물론 넙치 및 자연생태계에도 덜 영향을 미치는 방법이라고 할 수 있다.

## 사 사

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2022년)에 의하여 연구되었음.

## References

- Dai, T., Gupta, A., Huang, Y. Y., Yin, R., Murray, C. K., Vrahas, M. S., & Hamblin, M. R. : Blue light rescues mice from potentially fatal *Pseudomonas aeruginosa* burn infection: efficacy, safety, and mechanism of action. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 57(3), 1238-1245, 2013.
- Jee, B. Y., Kim, Y. C., & Park, M. S.: Morphology and biology of parasite responsible for scuticociliatosis of cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *Diseases of aquatic organisms* 47(1), 49-55, 2001.
- Jee, B. Y., Shin, K. W., Lee, D. W., Kim, Y. J., & Lee, M. K.. Monitoring of the mortalities and medications in the inland farms of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, in South Korea. *Journal of fish pathology*, 27(1), 77-83 2014.

- Jung, S. H., Choi, H. S., Do, J. W., Kim, M. S., Kwon, M. G., Seo, J. S., ... & Kim, J. W. (2012). Monitoring of bacteria and parasites in cultured olive flounder, black rockfish, red sea bream and shrimp during summer period in Korea from 2007 to 2011. *Journal of fish pathology*, 25(3), 231-241.
- Jung, S. J., Kitamura, S. I., Song, J. Y., & Oh, M. J. : *Miamiensis avidus* (Ciliophora: Scuticociliatida) causes systemic infection of olive flounder *Paralichthys olivaceus* and is a senior synonym of *Philasterides dicentrarchi*. *Diseases of aquatic organisms*, 73(3), 227-234, 2007.
- Kang, B. J., Jang, Y. H., Jhon, B. K., Park, B. H., & Jin, C. N. : Monitoring of scuticociliatosis of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) farm in Jeju, Korea from 2007 to 2014. *Journal of fish pathology*, 28(3), 165-169, 2015.
- Kang, H. S., Whang, I., & Cho, J. K. : First report of *Paranophrys marina* (Protozoa, Ciliophora, Scuticociliatida) isolated from olive flounder *Paralichthys olivaceus* in Korea: morphological and phylogenetic analysis. *Journal of fish pathology*, 34(1), 47-53, 2021.
- Kang, Y. J., Kim, D. S., & Kim, K. H. : Protective potential of CpG 1668 motif-harboring plasmids against *Miamiensis avidus* (Ciliophora: Scuticociliatida) infection in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture Research*, 5(45), 934-939, 2014.
- Kim, H. R., Jung, S. J., Kim, S. H., Park, J. S., Ceong, H. T., & Han, S. H. : Data Mining for Scuticociliatosis Outbreak Patterns in Cultured Olive Flounder *Paralichthys olivaceus* in Jeju, Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(5), 740-751, 2020.
- Kim, S. M., Cho, J. B., Lee, E. H., Kwon, S. R., Kim, S. K., Nam, Y. K., & Kim, K. H. : *Pseudocohnilembus persalinus* (Ciliophora: Scuticociliatida) is an additional species causing scuticociliatosis in olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *Diseases of aquatic organisms*, 62(3), 239-244, (2004).
- Kleinpenning, M. M., Smits, T., Frunt, M. H., Van Erp, P. E., Van De Kerkhof, P. C., & Gerritsen, R. M. : Clinical and histological effects of blue light on normal skin. *Photodermatology, photoimmunology & photomedicine*, 26(1), 16-21, 2010.
- Lalonde, B. A., Ernst, W., & Garron, C. : Formaldehyde concentration in discharge from land based aquaculture facilities in Atlantic Canada. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 94(4), 444-447, 2015.
- Lalonde, B. A., Ernst, W., & Garron, C. : Formaldehyde concentration in discharge from land based aquaculture facilities in Atlantic Canada. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 94(4), 444-447, 2015.
- Lamas, J., Sanmartín, M. L., Paramá, A. I., Castro, R., Cabaleiro, S., de Ocenda, M. V. R., ... & Leiro, J. : Optimization of an inactivated vaccine against a scuticociliate parasite of turbot: effect of antigen, formalin and adjuvant concentration on antibody response and protection against the pathogen. *Aquaculture*, 278(1-4), 22-26, (2008).
- Lee, M. H. (2007). 수산용 포르말린 구충제의 개요와 올바른 사용. *Journal of the Korean veterinary medical association*, 43(2), 165-168.
- Maclean, M., MacGregor, S. J., Anderson, J. G., & Woolsey, G. : Inactivation of bacterial pathogens following exposure to light from a 405-nanometer light-emitting diode array. *Applied and environmental microbiology*, 75(7), 1932-1937, 2009.
- Murdoch, L. E., Maclean, M., Endarko, E., MacGregor, S. J., & Anderson, J. G. : Bactericidal effects of 405 nm light exposure demonstrated by inactivation of *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*, *Listeria*, and *Mycobacterium* species in liquid suspensions and on exposed surfaces. *The Scientific World Journal*, 2012.
- NIFS(National Institute of Fisheries Science) (2016). Explanation of the manual about products of fish drug, pp. 27~40, Aquatic Disease Control Division, 2016.
- Roh, H. J., Kang, G. S., Kim, A., Kim, N. E., Nguyen, T. L., & Kim, D. H. : Blue light-emitting diode photoinactivation inhibits edwardsiellosis in fancy carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 483, 1-7, 2018.
- Roh, H. J., Kim, A., Kang, G. S., & Kim, D. H. : Photoinactivation of major bacterial pathogens in aquaculture. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(1), 1-7, 2016.
- Roh, H. J., Kim, A., Kang, G. S., Kim, B. S., & Kim, D. H. : Blue light-emitting diode light at 405 and 465 nm can inhibit a *Miamiensis avidus* infection in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 493, 176-185, 2018.
- Song, J. Y., Gang, H. S., Kitamura, S. I., Lee, J. H., & Jeong, S. J. : 넙치의 스쿠티카증의 원인종인 *Miamiensis avidus* 에 대한 재조합 백신의 개발과 효능. In *Proceedings of the Korean Aquaculture Society Conference* (pp. 459-460). The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science, 2006.
- Song, J. Y., Kitamura, S. I., Oh, M. J., Kang, H. S., Lee,

- J. H., Tanaka, S. J., & Jung, S. J. : Pathogenicity of *Miamiensis avidus* (syn. *Philasterides dicentrarchi*), *Pseudocohnilembus persalinus*, *Pseudocohnilembus hargisi* and *Uronema marinum* (Ciliophora, Scuticociliatida). *Diseases of aquatic organisms*, 83 (2), 133-143, 2009.
- Yin, R., Dai, T., Avci, P., Jorge, A. E. S., de Melo, W. C., Vecchio, D., ... & Hamblin, M. R. : Light based anti-infectives: ultraviolet C irradiation, photodynamic therapy, blue light, and beyond. *Current opinion in pharmacology*, 13(5), 731-762, 2013.
- Zhang, J., Zivic, N., Dumur, F., Xiao, P., Graff, B., Fouassier, J. P., ... & Lalevee, J. : UV-violet-blue LED induced polymerizations: Specific photoinitiating systems at 365, 385, 395 and 405 nm. *Polymer*, 55(26), 6641-6648 2014.
- 서정수, 정승희, 지보영, 권문경, & 황지연: 포르말린 폭로에 따른 스쿠티카충의 유전체 발현 특성. *수산해양교육연구*, 30(6), 2156-2162, 2018.
- 이지훈, 박정진, 최준호, 신동훈, & 박관하 : 넙치에서 수산용 과산화수소의 항스쿠티카 효과. *한국어병학회지*, 30(2), 107-114, 2017.
- 정철연, 이숙경, 윤주영, 한양수, & 이제희 : 알파-피넨 (alpha-pinene) 이 함유된 스카티카충 치료용 나노복합체 개발 및 *Miamiensis avidus* 에 대한 살충 효과. *한국수산과학회지*, 51(1), 15-22, 2018.

---

Manuscript Received : Mar 31, 2022

Revised : Jun 02, 2022

Accepted : Jun 10, 2022