

# LED 光色对欧洲舌齿鲈幼鱼抗氧化能力和消化能力的影响

代明允<sup>1,3</sup>, 任纪龙<sup>1,3</sup>, 费凡<sup>1,3</sup>, 魏平平<sup>1,3</sup>, 马贺<sup>1,3</sup>, 高东奎<sup>1,3</sup>, 宋昌斌<sup>4</sup>, 喻胜<sup>5</sup>, 刘鹰<sup>1,2,3</sup>

(1. 大连海洋大学 海洋科技与环境学院, 辽宁 大连 116023; 2. 青岛海洋科学与技术国家实验室, 山东 青岛 266200; 3. 辽宁省水产设施养殖与装备工程研究中心, 辽宁 大连 116023; 4. 中国科学院 半导体研究所, 北京 100083; 5. 深圳市超频三科技股份有限公司, 广东 深圳 518000)

**摘要:** 作者利用循环水养殖实验系统, 研究了红、绿、白、黄、蓝 5 种光色对欧洲舌齿鲈(*Dicentrarchus labrax*)幼鱼抗氧化能力和消化能力的影响。结果表明, 红光组的欧洲舌齿鲈幼鱼超氧化物歧化酶(SOD)活力显著高于其他光色组( $P < 0.05$ ), 而绿、白、黄和蓝光色组的 SOD 活力没有显著性差异; 红光组的还原型谷胱甘肽(GSH)含量显著高于其他光色组( $P < 0.05$ ), 绿、白光组与黄、蓝光组的 GSH 含量之间有显著性差异( $P < 0.05$ ); 红光组过氧化氢酶(CAT)活力显著高于其他光色组( $P < 0.05$ ), 白光组的 CAT 活力显著低于其他光色组( $P < 0.05$ )。黄光组的胃蛋白酶活力显著高于红、绿、白光组( $P < 0.05$ ), 绿光组的胃蛋白酶活力显著低于其他光色组( $P < 0.05$ ); 红、绿、蓝光组的淀粉酶活力要显著高于白、黄光组( $P < 0.05$ ), 红、绿、蓝光组的淀粉酶活力没有显著性差异, 黄、白光组的淀粉酶活力没有显著性差异; 白光组纤维素酶活力显著高于其他光色组( $P < 0.05$ ), 绿光组的纤维素酶活力显著高于红、蓝光组( $P < 0.05$ ), 黄光组的纤维素酶活力和绿、红、蓝光组没有显著性差异。因此, 欧洲舌齿鲈在红光下养殖, 其体内的抗氧化能力强, 能有效应对氧化应激, 而在黄光或红光下养殖其消化能力更强。

**关键词:** 欧洲舌齿鲈(*Dicentrarchus labrax*)幼鱼; LED 光色; 抗氧化能力; 消化能力  
**中图分类号:** S917      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-3096(2019)04-0016-06  
**DOI:** 10.11759/hyxx20180903004

欧洲舌齿鲈(*Dicentrarchus labrax*)又名欧鲈, 属鲈形目(Perciformes)、狼鲈科(Moronidae)、舌齿鲈属(*Dicentrarchus*)<sup>[1]</sup>。欧洲舌齿鲈是地中海地区水产养殖的重要物种, 占鱼类总产量的 20%左右<sup>[2]</sup>。欧洲舌齿鲈适用于工厂化养殖, 是一种经济价值很高的鱼类<sup>[3]</sup>。2010 年中国引入欧洲舌齿鲈并进行了人工繁育的初步研究<sup>[4]</sup>, 并逐渐开始养殖。目前, 国外对于欧洲舌齿鲈的研究更多集中在生长、免疫和营养等方面<sup>[5-7]</sup>, 而关于光照对养殖欧洲舌齿鲈影响的研究很少。

光照对于鱼类是一种复杂的外部生态因素, 包括光色、光周期和光强。光强和光周期对鱼类的生长、发育、繁殖起到间接或直接的影响<sup>[8]</sup>, 光色会对鱼类生长产生刺激, 不同光色条件对不同鱼类的代谢、摄食和活动产生影响也不尽相同<sup>[9]</sup>。目前研究表明: 红光有利于鱼类生长, 蓝光会导致鱼的急性应激反应, 采用红光(605 nm, 150 lx, 12L: 12D)下养殖虹鳟鱼(*Oncorhynchus mykiss*)可以有效提高虹鳟鱼的生长速度<sup>[10]</sup>, 而在绿光下养殖金鱼(*Carassius auratus*)的 SOD 和 CAT 活力要比白光下低<sup>[11]</sup>。

由于工厂化循环水养殖是一种全要素受控养殖, 开展光色对欧洲舌齿鲈影响的研究对于提高欧洲舌齿鲈工厂化循环水养殖的效能意义重大。作者研究了在人工养殖条件下, 红色( $\lambda_{625-630\text{nm}}$ )、绿色( $\lambda_{525-530\text{nm}}$ )、白色( $\lambda_{400-780\text{nm}}$ )、黄色( $\lambda_{590-595\text{nm}}$ )、蓝色( $\lambda_{450-455\text{nm}}$ ) 5 种光色对欧洲舌齿鲈幼鱼抗氧化能力和消化能力的影响, 确定出适于欧洲舌齿鲈幼鱼健康的光色环境, 以期为中国欧洲舌齿鲈工厂化养殖提供借鉴和参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料

实验用鱼来自大连海洋大学水产设施养殖与装备

收稿日期: 2018-09-03; 修回日期: 2018-12-12

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFB0404000); 广东省重点研发计划项目(2019B020215001)

[Foundation: National Key R & D Program of China, No. 2017YFB0404000; Key R & D Program of Guangdong, No.2019B020215001]

作者简介: 代明允(1992-), 男, 安徽省淮北市人, 在读研究生, 主要从事环境科学研究, 电话: 18817321349, E-mail: dmingyun@hotmail.com; 刘鹰, 通信作者, E-mail: yingliu@dliou.edu.cn

工程技术研究中心实验室的循环水实验系统,从中挑选体质优良、大小均匀,平均体质量(29.91±0.39)g、平均体长(13.78±0.35)cm的欧洲舌齿鲈幼鱼 700 尾。

## 1.2 实验方法

实验设置红色、绿色、白色、黄色、蓝色 5 个光色组,光照周期为 16 L : 8 D,光照强度为(274.89±33.88)mW/m<sup>2</sup>。实验设施为 20 个圆柱形水族箱,水族箱直径 80 cm,水深 60 cm,有效养殖水体约 300 L,每箱放养欧洲舌齿鲈幼鱼 35 尾,水族箱自带水处理系统,每个都是一套独立的循环水养殖系统。每个光色组设 4 个重复,光源采用深圳市超频三科技股份有限公司生产的 LED 灯,光色组间用遮光布搭建暗室进行隔离。实验开始前对实验鱼进行一周的驯化处理,驯化在暗室中进行并且不开灯,驯化期间使用广东越群海洋生物研究开发有限公司生产的加州鲈(*Micropterus salmonides*)专用浮性饲料,每日 12:00 饱食投喂 1 次。实验期间,保证实验水族箱内的溶解氧≥5.5 mg/L、水温 18~20℃、盐度 31~32、pH 值 7.4~7.6,每日 12:00 饱食投喂 1 次,投饵量为鱼体质量的 2.2%,每 2 d 换水 1 次,换水量为养殖水体的 50%,实验一共持续 50 d。

## 1.3 样品采集及测定

在进行初始取样前,驯化一周后的欧洲鲈鱼均停食 24 h,然后随机选取 9 条,作为实验初始样本;实验结束后,实验用鱼均需停食 24 h,然后从每个水族箱随机抽取 8 条鱼作为实验后期样本。取样时先用 MS-222(200 mg/L)将鱼麻醉,再用 1 mL 注射器从鱼的尾静脉取血,血液不加抗凝剂,于 4℃冰箱里静置 4 h 后用德国艾本德股份公司生产的 Centrifuge

5 804 R 离心机,在 4℃、12 000 r/min、20 min 的工况下制备血清,血清放入-80℃冰箱保存。同时解剖鱼体,取肝脏组织用液氮速冻后放于-80℃冰箱保存。

以超氧化物歧化酶活力、过氧化氢酶活力和还原型谷胱甘肽含量作为欧洲舌齿鲈幼鱼的抗氧化能力指标,以胃蛋白酶、淀粉酶和纤维素酶的活力作为欧洲舌齿鲈幼鱼的消化能力指标,采用南京建成生物工程研究所的试剂盒测定以上酶活指标。肝脏组织与匀浆介质按照质量(mg):体积(mL)=1:9 进行冰水浴匀浆,并按照要求调整温度、转速和时间离心,取上清液测定。

## 1.4 数据处理

采用 SPSS 22.0 软件对所得数据进行单因素方差分析(One-way, ANOVA),用 Duncan 法进行组间多重比较,显著性水平设为 0.05。实验数据均以平均值±标准差表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同光色下欧洲舌齿鲈幼鱼抗氧化能力的变化

从表 1 可得,光色组的欧洲舌齿鲈鱼 SOD 活力均低于初始组,红光组的 SOD 活力显著高于其他光色组( $P<0.05$ ),绿光、白光、黄光和蓝光组的 SOD 活力没有显著性差异;红光组的 GSH 含量显著高于其他光色组( $P<0.05$ ),绿、白光组与黄、蓝光组的 GSH 含量有显著性差异( $P<0.05$ ),但绿光与白光、黄光与蓝光间的 GSH 含量没有显著性差异;初始组 CAT 活力高于光色组,红光组 CAT 活力显著高于其他光色组( $P<0.05$ ),白光组的 CAT 活力显著低于其他光色组( $P<0.05$ )。

表 1 不同光色下欧洲舌齿鲈幼鱼抗氧化能力的变化

Tab. 1 Changes in the antioxidant capacity of sea bass juveniles of different light colors

光色	超氧化物歧化酶 SOD(U/mL)	还原型谷胱甘肽 GSH(nmol/mL)	过氧化氢酶 CAT(U/mL)
初始	16.41±1.06	27.74±0.53	88.30±0.06
红	14.90±1.87 <sup>a</sup>	38.06±3.91 <sup>a</sup>	61.34±10.89 <sup>a</sup>
绿	11.48±1.45 <sup>b</sup>	24.90±3.25 <sup>b</sup>	28.35±3.91 <sup>c</sup>
白	12.50±0.79 <sup>b</sup>	26.32±4.43 <sup>b</sup>	7.34±1.31 <sup>d</sup>
黄	12.55±1.71 <sup>b</sup>	13.06±1.85 <sup>c</sup>	36.73±7.63 <sup>bc</sup>
蓝	10.52±1.12 <sup>b</sup>	17.42±3.03 <sup>c</sup>	42.92±7.58 <sup>b</sup>

注:同列数据上标字符不同表示组间存在显著差异( $P<0.05$ )

### 2.2 不同光色下欧洲舌齿鲈幼鱼消化酶活力的变化

由表 2 可知,黄光组的胃蛋白酶活力显著高于

红、绿、白光组( $P<0.05$ ),与初始组相当,绿光组的胃蛋白酶活力显著低于其他光色组( $P<0.05$ );红、绿、蓝光组的淀粉酶活力要显著高于白、黄光组的淀粉酶活力( $P<0.05$ ),红、绿、蓝光组的淀粉酶活力没有

表 2 不同光色下欧洲舌齿鲈幼鱼消化酶活力的变化

Tab. 2 Changes in the digestive enzyme activities of sea bass juveniles of different light colors

光色	胃蛋白酶(U/mg 蛋白)	淀粉酶(U/mg 蛋白)	纤维素酶(U/mg 蛋白)
初始	0.80±0.07	0.12±0.03	7.63±1.51
红	0.58±0.08 <sup>b</sup>	0.19±0.02 <sup>a</sup>	13.18±0.07 <sup>c</sup>
绿	0.28±0.02 <sup>c</sup>	0.15±0.04 <sup>a</sup>	42.65±3.77 <sup>b</sup>
白	0.61±0.13 <sup>b</sup>	0.10±0.02 <sup>b</sup>	69.94±12.97 <sup>a</sup>
黄	0.79±0.11 <sup>a</sup>	0.11±0.01 <sup>b</sup>	27.20±5.55 <sup>bc</sup>
蓝	0.65±0.04 <sup>ab</sup>	0.17±0.03 <sup>a</sup>	15.01±0.12 <sup>c</sup>

注: 同列数据上标字符不同表示组间存在显著差异( $P<0.05$ )

显著性差异, 黄、白光组的淀粉酶活力没有显著性差异; 白光组纤维素酶活力显著高于其他光色组( $P<0.05$ ), 绿光组的纤维素酶活力与红、蓝光组间也存在显著差异( $P<0.05$ ), 黄光组的纤维素酶活力和绿、红、蓝光组没有显著性差异。

### 3 讨论

#### 3.1 不同光色对欧洲舌齿鲈幼鱼抗氧化能力的影响

氧化还原反应对生物体极其重要, 它对生物体的衰老和死亡起到决定性作用, 但是有氧参与的代谢会产生活性氧自由基<sup>[12]</sup>, 活性氧自由基会通过氧化应激损伤细胞大分子, 造成蛋白质、核酸等大分子断链和酶失活等, 进而引起生物体内发生脂质过氧化反应<sup>[13]</sup>。当外界环境发生变化时, 生物体内会产生氧化应激, 大量的活性氧自由基产生会对生物体造成损伤<sup>[14]</sup>。鱼体的综合抗氧化能力可以通过测定 SOD 活力、CAT 活力和 GSH 含量体现。

超氧化物歧化酶是一种用于清除超氧离子( $O_2^-$ )的抗氧化酶, 生物机体内有大量的 SOD 存在, SOD 可以通过歧化反应将超氧离子分解为  $O_2$  和  $H_2O_2$ 。SOD 是生物体内一种重要的活性氧自由基清除剂, 它是反映生物体衰老和死亡的重要指标; SOD 还能提高巨噬细胞的防御能力, 增强生物体的免疫力<sup>[15-16]</sup>。过氧化氢酶可以将 SOD 通过歧化反应分解出来的  $H_2O_2$  转化为  $H_2O$  和  $O_2$ , 以此来降低生物体内活性氧自由基的含量, SOD 和 CAT 共同构成生物体内抗氧化防御机制的关键部分<sup>[17-18]</sup>。

本实验结果显示: 红光组 SOD 活力要显著高于其他光色组, 这可能是因为是在红光的照射下, 欧洲舌齿鲈体内积累的  $O_2^-$  要高于其他光色组, 使鱼血液中的  $O_2^-$  浓度升高, SOD 活力随着  $O_2^-$  浓度升高而升高,

机体抗氧化能力相应的提高。蓝光组的 SOD 活力相对其他各组要低, 说明蓝光组在氧化应激时, 机体没有提高抗氧化酶活力来应对环境胁迫。

实验中, 红光组 CAT 活力要显著高于其他光色组, 绿光组和白光组的 CAT 活力相对其他光色组要低, 说明在红光照射下, 欧洲舌齿鲈可以将体内  $H_2O_2$  通过歧化反应完全转化为  $H_2O$  和  $O_2$ , 而在绿光和白光照射下, 欧洲舌齿鲈体内的  $H_2O_2$  歧化反应不完全, 甚至会与  $O_2^-$  反应生成有害的 OH, 致使机体受到损伤。本文研究结果与 Kim 等<sup>[19]</sup>研究发现的褐牙鲈(*Paralichthys olivaceus*)在不同光色下养殖结果一致。Choi 等<sup>[20]</sup>研究表明条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)幼鱼在红光下的 SOD 活力要高于绿光下的 SOD 活力, 说明红光组的鱼能更好应对环境胁迫。Gao 等<sup>[21]</sup>研究也表明红光组皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai*)的 SOD 活力要高于蓝光组。这些研究表明, 红光下的鱼类抗氧化能力高, 能够更有效地应对环境胁迫产生的氧化应激。

GSH 是生物体内重要的水溶性抗氧化剂, GSH 在谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的作用下, 自身不断地被氧化, 将  $H_2O_2$  还原成  $H_2O$ , 清除体内的自由基, 帮助机体修复氧化应激产生的损伤。GSH 又可以作为谷胱甘肽硫转移酶(GST)的底物在机体中起到解毒作用<sup>[22-23]</sup>。本研究表明, 红光组 GSH 含量要显著高于其他光色组, 说明在环境胁迫下, 机体提高抗氧化能力来有效应对胁迫。而黄光和蓝光组的 GSH 含量要显著低于红光组, 说明在蓝光和黄光的胁迫下, 机体有可能因为抗氧化酶活力低, 不能清除自由基, 使机体受损。这与高霄龙<sup>[24]</sup>对皱纹盘鲍的研究结果一致。

#### 3.2 不同光色对欧洲舌齿鲈幼鱼消化能力的影响

鱼类消化酶活力是反映鱼类动物消化生理机能

的重要指标, 其与鱼类所处环境和食性有关。胃蛋白酶可水解蛋白质产生氨基酸, 帮助鱼体吸收养分。淀粉酶是水解淀粉和糖原的酶类总称。纤维素酶在分解纤维素时起生物催化作用, 可以将纤维素分解成寡糖或单糖<sup>[25-26]</sup>。本实验结果表明, 黄光组欧洲舌齿鲈的胃蛋白酶活力要比其他光色组都要高, Heydarnejad 等<sup>[27]</sup>的研究发现黄色光条件下养殖的虹鳟鱼(*Oncorhynchus mykiss*)幼鱼生长得更好。这可能是因为饲料的主要成分是蛋白质<sup>[28]</sup>, 黄光更利于鱼分泌胃蛋白酶, 胃蛋白酶的活力高能帮助鱼更好地吸收饲料中的蛋白质。红光、白光和蓝光组欧洲舌齿鲈的胃蛋白酶活力没有显著性差异, 这与赵宁宁等<sup>[29]</sup>得到豹纹棘刺鲈(*Plectropomus leopardus*)幼鱼红光和蓝光组胃蛋白酶活力没有显著性差异结果一致。

红光、绿光和蓝光组欧洲舌齿鲈的淀粉酶活力没有显著性差异, 白光和黄光组淀粉酶活力没有显著性差异。赵宁宁等<sup>[29]</sup>研究表明豹纹棘刺鲈幼鱼的红光和蓝光组淀粉酶活力没有显著性。王芳等<sup>[30]</sup>研究表明中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)稚虾在白光、黄光、绿光和蓝光下的淀粉酶活力都没有显著性差异。提高淀粉的利用率有利于鱼类的生长, 高的淀粉酶活力有利于鱼类吸收淀粉<sup>[31]</sup>。

纤维素具有低的溶解性, 并且鱼类一般都缺乏纤维素酶分解纤维素, 因此纤维素通常在饲料中用作填充剂<sup>[32]</sup>。白光组欧洲舌齿鲈的纤维素酶活力显著高于其他光色组, 较高的纤维素酶活力有可能过多的消耗了鱼类生长中的能量。

## 4 结论

抗氧化能力指标表明, 红光组欧洲舌齿鲈的抗氧化能力要高于其他组, 该组的 SOD 活力、CAT 活力和 GSH 含量都要高于其他光色组, 红光更能维护机体不受环境胁迫引起的氧化应激的影响。

消化能力指标表明, 黄光和红光组欧洲舌齿鲈的消化酶活力高, 有利于欧洲舌齿鲈幼鱼消化吸收饲料中的蛋白质和淀粉。

综上, 由于欧洲舌齿鲈主要生活在近海岸、湖泊、河流等浅水域, 浅水域的光色也主要以红和黄光为主。因此, 在实际养殖过程中, 可以以红光为主来进行欧洲舌齿鲈幼鱼的养殖。

### 参考文献:

[1] 张磊, 郑纪盟, 夏苏东, 等. 盐度和温度对欧洲舌齿

鲈(*Dicentrarchus labrax*)幼鱼活动与存活的影响[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(34): 12121-12122.

Zhang Lei, Zheng Jimeng, Xia Sudong, et al. Effects of temperature and salinity on the activities and survival of *Dicentrarchus labrax*[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(34): 12121-12122.

[2] Carbone D, Faggio C. Importance of prebiotics in aquaculture as immunostimulants. Effects on immune system of *Sparus aurata* and *Dicentrarchus labrax*[J]. Fish & Shellfish Immunology, 2016, 54: 172-178.

[3] Williams C, Carpenter G, Clark R, et al. Who gets to fish for sea bass? Using social, economic, and environmental criteria to determine access to the English sea bass fishery[J]. Marine Policy, 2018, 95: 199-208.

[4] 郑纪盟, 张磊, 刘鹰. 欧洲舌齿鲈人工繁育技术[J]. 科学养鱼, 2015, 4: 43-44.

Zheng Jimeng, Zhang Lei, Liu Ying. Artificial breeding technology of *Dicentrarchus labrax*[J]. Scientific Fish Farming, 2015, 4: 43-44.

[5] Couto A, Peres H, Oliva-Teles A, et al. Nutritional value of whole cereal meals for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles[J]. Aquaculture, 2017, 473: 128-134.

[6] Bonvini E, Bonaldo A, Parma L, et al. Feeding European sea bass with increasing dietary fibre levels: Impact on growth, blood biochemistry, gut histology, gut evacuation[J]. Aquaculture, 2018, 494: 1-9.

[7] Cordero H, Morcillo P, Martínez S, et al. Inorganic arsenic causes apoptosis cell death and immunotoxicity on European sea bass (*Dicentrarchus labrax*)[J]. Marine Pollution Bulletin, 2018, 128: 324-332.

[8] Villamizar N, Blanco-Vives B, Migaud H, et al. Effects of light during early larval development of some aquacultured teleosts: a review[J]. Aquaculture, 2011, 315(1-2): 86-94.

[9] 周显青, 牛翠娟, 李庆芬. 光照对水生动物摄食、生长和存活的影响[J]. 水生生物学报, 2000, 24(2): 178-181.

Zhou Xianqing, Niu Cuijuan, Li Qingfen. Effects of light on feeding behavior, growth and survival of aquatic animals[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2000, 24(2): 178-181.

[10] Karakatsouli N, Papoutsoglou S E, Panopoulos G, et al. Effects of light spectrum on growth and stress response of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* reared under recirculating system conditions[J]. Aquacultural Engineering, 2008, 38(1): 36-42.

[11] Jung S J, Choi Y J, Kim N N, et al. Effects of melatonin injection or green-wavelength LED light on the antioxidant system in goldfish (*Carassius auratus*) during thermal stress[J]. Fish & Shellfish Immunology, 2016, 52: 157-166.

[12] Winston G W. Oxidants and antioxidants in aquatic animals[J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology, 1991, 100(1-2):

- 173-176.
- [13] Vosloo A, Laas A, Vosloo D. Differential responses of juvenile and adult South African abalone (*Haliotis midae* Linnaeus) to low and high oxygen levels[J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 2013, 164(1): 192-199.
- [14] Bussell J A, Gidman E A, Causton D R, et al. Changes in the immune response and metabolic fingerprint of the mussel, *Mytilus edulis* (Linnaeus) in response to lowered salinity and physical stress[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2008, 358(1): 78-85.
- [15] 董亮, 何永志, 王远亮, 等. 超氧化物歧化酶(SOD)的应用研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2013, 15(5): 53-58.  
Dong Liang, He Yongzhi, Wang Yuanliang, et al. Research progress on application of superoxide dismutase (SOD)[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2013, 15(5): 53-58.
- [16] 牟海津, 江晓路, 刘树青, 等. 免疫多糖对栉孔扇贝酸性磷酸酶、碱性磷酸酶和超氧化物歧化酶活性的影响[J]. 青岛海洋大学学报(自然科学版), 1999, 29(3): 124-129.  
Mu Haijin, Jiang Xiaolu, Liu Shuqing, et al. Effects of immunopolysaccharide on the activities of acid phosphatase, alkaline phosphatase and superoxide dismutase in *Chlamys farreri*[J]. Journal of Ocean University of Qingdao (Natural Sciences), 1999, 29(3): 124-129.
- [17] Reyes-Becerril M, Tovar-Ramírez D, Ascencio-Valle F, et al. Effects of dietary live yeast *Debaryomyces hansenii* on the immune and antioxidant system in juvenile leopard grouper *Mycteroperca rosacea* exposed to stress[J]. Aquaculture, 2008, 280(1-4): 39-44.
- [18] 张坤生, 田荟琳. 过氧化氢酶的功能及研究[J]. 食品科技, 2007, 1: 8-11.  
Zhang Kunsheng, Tian Huilin. Research and function of catalase in organism[J]. Food Science and Technology, 2007, 1: 8-11.
- [19] Kim B S, Jung S J, Choi Y J, et al. Effects of different light wavelengths from LEDs on oxidative stress and apoptosis in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) at high water temperatures[J]. Fish & Shellfish Immunology, 2016, 55: 460-468.
- [20] Choi J Y, Kim T H, Choi Y J, et al. Effects of various LED light spectra on antioxidant and immune response in juvenile rock bream, *Oplegnathus fasciatus* exposed to bisphenol A[J]. Environmental Toxicology and Pharmacology, 2016, 45: 140-149.
- [21] Gao X L, Zhang M, Tian H Q, et al. Effect of LED light quality on respiratory metabolism and activities of related enzymes of *Haliotis discus hannai*[J]. Aquaculture, 2016, 452: 52-61.
- [22] 黄志斐, 张喆, 马胜伟, 等. BDE209 胁迫对翡翠贻贝(*Perna viridis*)SOD、MDA 和 GSH 的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(6): 1053-1059.  
Huang Zhifei, Zhang Zhe, Ma Shengwei, et al. Effects of BDE209 on the SOD, MDA, GSH of *Perna viridis*[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2012, 31(6): 1053-1059.
- [23] 王辅明, 朱祥伟, 马永鹏, 等. 低浓度五氯酚暴露对稀有鮰体内 SOD 活性、GSH 和 HSP70 含量的影响[J]. 生态毒理学报, 2009, 4(3): 415-421.  
Wang Fuming, Zhu Xiangwei, Ma Yongpeng, et al. Effects of low concentration of pentachlorophenol exposure on SOD activity, GSH and HSP70 content in rare minnow (*Gobiocypris rarus*)[J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2009, 4(3): 415-421.
- [24] 高霄龙. 光照对皱纹盘鲍生长、行为、生理的影响及其机制研究[D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2016.  
Gao Xiaolong. Effects of light on the growth, behavior, and physiology of *Haliotis discus hannai* Ino and the impact mechanism[D]. Qingdao: Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2016.
- [25] 姜令绪, 杨宁, 李建, 等. 温度和 pH 对刺参(*Apostichopus japonicus*)消化酶活力的影响[J]. 海洋与湖沼, 2007, 38(5): 476-480.  
Jiang Lingxu, Yang Ning, Li Jian, et al. Effects of temperature and pH on the activities of digestive enzymes in *Apostichopus japonicus*[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2007, 38(5): 476-480.
- [26] 张植元, 范泽, 李静辉, 等. 饲料浮萍水平对黄金锦鲤生长性能、消化酶活力及抗氧化能力的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2017, 32(4): 416-421.  
Zhang Zhiyuan, Fan Ze, Li Jinghui, et al. Effects of dietary duckweed levels on growth performance, digestive ability, and antioxidant ability in koi carp *Cyprinus carpio*[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2017, 32(4): 416-421.
- [27] Heydarnejad M S, Parto M, Pilevarian A A. Influence of light colours on growth and stress response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under laboratory conditions[J]. Journal of Animal Physiology & Animal Nutrition, 2013, 97(1): 67-71.
- [28] Lee S M, Jeon I G, Lee J Y. Effects of digestible protein and lipid levels in practical diets on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*)[J]. Aquaculture, 2002, 211(1-4): 227-239.
- [29] 赵宁宁, 周邦维, 李勇, 等. 环境光色对工业化养殖豹纹鳃棘鲈幼鱼生长、肤色及生理指标的影响[J]. 中国水产科学, 2016, 23(4): 976-984.  
Zhao Ningning, Zhou Bangwei, Li Yong, et al. Effects of light color on growth, skin color, and physiological indices of juvenile *Plectropomus leopardus* in a recirculating aquaculture system[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2016, 23(4): 976-984.
- [30] 王芳, 宋传民, 丁森, 等. 光照对中国对虾稚虾 3 种消化酶活力的影响[J]. 中国水产科学, 2006, 13(6): 1028-1032.  
Wang Fang, Song Chuanmin, Ding Sen, et al. Effects of light on specific activities of three digestive enzymes in juvenile Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis*[J].

Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(6): 1028-1032.

- [31] 任鸣春, 贾文锦, 戈贤平, 等. 饲料不同淀粉水平对团头鲂成鱼生长性能、消化酶活性及肌肉成分的影响[J]. 水产学报, 2014, 38(9): 1494-1502.  
Ren Mingchun, Jia Wenjin, Ge Xianping, et al. Effects

of dietary starch levels on growth performance, digestive enzyme activities and muscle composition of adult blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*)[J]. Journal of Fisheries of China, 2014, 38(9): 1494-1502.

- [32] Wilson R P. Utilization of dietary carbohydrate by fish[J]. Aquaculture, 1994, 124(1-4): 67-80.

## Effects of LED light color on antioxidant capacity and digestibility of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles

DAI Ming-yun<sup>1, 3</sup>, REN Ji-long<sup>1, 3</sup>, FEI Fan<sup>1, 3</sup>, WEI Ping-ping<sup>1, 3</sup>, MA He<sup>1, 3</sup>, GAO Dong-kui<sup>1, 3</sup>, SONG Chang-bin<sup>4</sup>, YU Sheng<sup>5</sup>, LIU Ying<sup>1, 2, 3</sup>

(1. Dalian Ocean University, College of Ocean Technique and Environment, Dalian 116023, China; 2. Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology(Qingdao), Qingdao 266200, China; 3. Liaoning Aquacultural Engineering Research and Development Center, Dalian 116023, China; 4. China Academy of Sciences, Institute of Semiconductors, Beijing 100083, China; 5. Shenzhen Fluence Technology PLC, Shenzhen 518000, China)

**Received:** Sept. 3, 2018

**Key words:** European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles; LED light color; antioxidant capacity; digestive capacity

**Abstract:** European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) is both economically valuable and suitable for a recirculating aquaculture system (RAS). The effects of different light conditions (red, green, white, yellow, and blue light) on antioxidant capacity and digestive ability in a RAS were investigated in this experiment. As a result, superoxide dismutase (SOD) activity in the red light group was significantly higher than that in the other light groups ( $P < 0.05$ ), but no difference in SOD activity was observed among the green, white, yellow, and blue light groups. The glutathione (GSH) content in the red light group was significantly higher than that in the other groups ( $P < 0.05$ ). In addition, the GSH content in the green and white light groups was significantly higher than that in the yellow and blue light groups ( $P < 0.05$ ). Catalase (CAT) activity in the red light group was significantly higher than that in other light color groups ( $P < 0.05$ ), and the CAT activity in the white light group was significantly lower than that in other light groups ( $P < 0.05$ ). Pepsin activity in the yellow light group was significantly higher than that in the red, green, and white light groups ( $P < 0.05$ ). Moreover, pepsin activity in the green light group was significantly lower than that in the other light color groups ( $P < 0.05$ ). Amylase activity in the red, green, and blue light groups was significantly higher than that in the white and yellow light groups ( $P < 0.05$ ), whereas no difference in amylase activity was observed among the red, green, and blue light groups. Furthermore, no difference in amylase activity was observed between the yellow and white light groups. Cellulase activity in the white light group was significantly higher than that of the other light color groups ( $P < 0.05$ ), and cellulase activity in the green light group was significantly higher than that in the red and blue light groups ( $P < 0.05$ ). No significant difference in cellulase activity was observed among the yellow, red, and blue light groups. Therefore, European sea bass has a strong antioxidant capacity and can effectively cope with oxidative stress when cultured in red light. Moreover, it has stronger digestive ability when cultured in red or yellow light.

(本文编辑: 谭雪静)