

乳铁蛋白对大黄鱼仔鱼生长、存活和抗应激能力影响的研究

王秋荣, 何 峰, 林利民, 王志勇, 刘贤德

(集美大学 水产学院 福建省高校水产科学技术与食品安全重点实验室, 福建 厦门 361021)

摘要: 用不同水平(分别为 T₁组: 0 mg/L; T₂组: 50 mg/L; T₃组: 100 mg/L; T₄组: 150 mg/L)乳铁蛋白(lactoferrin, 简称 LF)强化的卤虫(*Artemia franciscana*)幼体投喂 9~23 日龄大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)仔鱼。结果表明, 摄食 LF 强化卤虫幼体的大黄鱼仔鱼其生长无明显改善($P>0.05$), 但大黄鱼仔鱼的成活率和抗应激能力显著提高, T₃(60%)和 T₄(80%)组的成活率显著高于 T₁(40%)和 T₂(30%)组($P<0.05$)。T₄组大黄鱼仔鱼的耐干露能力最强, T₄组和 T₃组的抗高盐度(65)应激能力明显的强于 T₁和 T₂组($P<0.05$), T₄组和 T₃组之间无明显的差异($P>0.05$)。经 4 h 高温(32°C)曝露后, T₁和 T₂组的仔鱼全部死亡, T₄组和 T₃组的成活率分别为 30%和 23.3%。即仔鱼的成活率和抗应激能力受卤虫强化 LF 水平的影响显著, LF 强化的有效剂量为不低于 100 mg/L 强化水体。

关键词: 大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*); 抗应激; 乳铁蛋白; 卤虫(*Artemia franciscana*)幼体

中图分类号: S963.16

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)06-0066-05

大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)是中国最重要的海水养殖鱼类之一, 无论是人工育苗还是养成技术都相当成熟^[1,2]。在大黄鱼的生产过程中, 苗种或成鱼常因受人为因素(分箱、捕捞、转移、运输等)、环境因素(水温、盐度突变等)或生物因素(细菌、寄生虫、附着生物等)的刺激产生应激反应, 重者当即出现抽搐痉挛、急性休克死亡, 轻者体表充血或出血, 随后引发继发性细菌感染, 并陆续出现死亡, 造成重大的经济损失。因此, 如何增强苗种的体质, 提高大黄鱼对外界因素的抗应激能力是大黄鱼养殖所需要解决的重要问题。除了实行科学的饲养管理, 尽量减少或消除各种应激因素以外, 还可通过调整、控制饲料中的营养素水平(维生素 C、维生素 E、EPA、DHA 和卵磷脂等)或者通过添加非营养性免疫增强剂(免疫多糖、抗氧化剂、微生物制剂及中草药)达到提高鱼体免疫力和抗应激能力效果, 以降低受应激时的死亡率^[3,4]。有关非营养性免疫增强剂增强动物的应激能力的研究已取得一些显著的效果, 将是今后重点开展的研究方向之一。

乳铁蛋白是一种铁结合性糖蛋白, 目前已广泛用于配方奶粉、保健品营养补充剂, 特别是医用配方、运动营养品和畜禽饲料的添加剂^[5]。它被认为是一种具有许多生物功效的免疫增强剂, 如能提高对铁的吸收和运输、抑制细菌繁殖以及增强哺乳动物的黏膜免疫系统^[6~8]。国外已有一些乳铁蛋白应用于水产动物的研究报道: LF 可以增强真鲷(*Pagrus*

major)幼鱼的黏液分泌量, 提高真鲷对刺激性隐核纤毛虫(*Cryptocaryon irritans*)的抵御能力^[9], 增强虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)噬菌细胞的活性^[10], 投喂添加 LF 的饲料的香鱼(*Plecoglossus altivelis*)幼鱼, 投入低溶氧量的水中、福尔马林和硫酸铜溶液中表现出更强的耐受能力^[11]; 适量口服 LF 能降低金鱼(*Carassius auratus*)血浆中可的松水平^[12]。另据报道, 饲料中添加 LF 能提高日本牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)的耐干露应激能力^[13]和增强虹鳟和鲤鱼(*Cyprinus carpio* L)抗高密度应激能力^[14,15]。目前国内对乳铁蛋白在水产养殖上应用研究报道甚少, 钟家玉等^[16]研究表明, 转乳铁蛋白基因组草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)能提高其抗出血病毒(GCHV)的潜力。本研究用 LF 强化后的卤虫(*Artemia franciscana*)无节幼体投喂大黄鱼的仔鱼一段时间后, 观察大黄鱼仔鱼在受温度、盐度突变及干露刺激后的累计死亡率, 以评价 LF 对大黄鱼仔鱼抗应激能力的影响效果, 为培育优质大黄鱼苗生物饲料的营养强化提供一定参考依据。

收稿日期: 2009-06-19; 修回日期: 2010-03-25

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(2007J0331); 国家 863 计划资助项目(2006AA10A405); 集美大学科研基金资助项目(ZQ2005002)

作者简介: 王秋荣(1966-), 男, 福建漳州人, 博士, 主要从事水产动物养殖与营养方面的研究, E-mail: wqiurong@hotmail.com; 王志勇, 通信作者, E-mail: zywang@jmu.edu.cn

1 材料与方法

1.1 实验设计

试验用的大黄鱼仔鱼是由福建省宁德市海洋渔业局大黄鱼育苗基地所提供的受精卵孵化而来, 30 万粒受精卵放于 500 L 的圆形黑色塑料水槽中充气孵化, 孵化水温为 22℃, 孵化期间每天换水 60%, 约经 26 h 仔鱼孵出。孵化后第 3 天仔鱼开口, 在原孵化水槽进行预培育, 投喂的生物饵料轮虫采用面包酵母(哈尔滨马利酵母有限公司生产)培育, 使用前经海水小球藻(*Chlorella pacifica*)强化 24 h, 轮虫的投喂密度维持在 5~10 个/mL 水体。经过一周的培育后, 仔鱼(9 日龄)开始摄食卤虫无节幼体, 此时进行分组实验。实验分为 4 个组: T₁ 组: 仔鱼饵料卤虫无节幼体不经乳铁蛋白强化; T₂ 组: 50 mg/L 乳铁蛋白强化组; T₃ 组: 100 mg/L 乳铁蛋白强化组; T₄ 组: 150 mg/L 乳铁蛋白强化组。每个实验组设 2 个重复, 采用 300 L 的饲养水槽进行仔鱼培育, 每个水槽实际计数放入 6 000 尾 9 日龄仔鱼, 平均全长为 4.38 mm±0.30 mm, 采用静水充气培育。

1.2 仔鱼培育

仔鱼培育期间投喂经不同水平乳铁蛋白强化的卤虫幼体。卤虫幼体强化的具体方法是: 在投喂前 12~16 h 收集卤虫 期无节幼体, 注意卵壳要剔除干净, 并用过滤海水冲洗 2~3 次后放入盛有新鲜过滤海水的塑料桶中(容积为 10 L), 卤虫幼体的放养密度为 200 个/mL 水体, T₁、T₂、T₃ 和 T₄ 组卤虫幼体的强化分别各投放 3g n-3HUFA 强化剂(Aquara, 日本武田科学饲料公司制)和 0、1.0、1.5 g(纯度 90%以上)乳铁蛋白(购自北京银河路经贸有限公司, 新西兰产)。每天 7:30 和 14:00 分两次收集强化的卤虫幼体, 经新鲜过滤海水冲洗干净后进行投喂, 卤虫幼体的投喂密度维持在 2~3 个/mL 饲养水体。饲养期间水温为 23℃~25℃。采用自然光照, 每天上午投饵前换水 1 次, 换水量为 50%~70%, 并用虹吸法吸污 1 次以清除水桶底部的死苗, 残饵及排泄物, 实验进行至孵化后第 23 天结束。

1.3 仔鱼抗应激能力的测定方法

实验结束时(23 日龄), 首先从各水槽随机取 30 尾仔鱼测定其全长, 然后再进行仔鱼耐干露、抗高温和抗高盐度能力的应激测试, 具体的实验方法如下:

1.3.1 耐干露应激测试

从各水槽随机捞出 30 尾仔鱼放于抄网中, 在空气中曝露 5 min 后, 重新放回装有原饲养水的水桶中观察 15 min, 记录其累计死亡数。

1.3.2 抗高盐度应激测试

从各水槽随机取 30 尾放入高盐度(65)海水中持续 60 min, 每 10 min 记录仔鱼的累计死亡数, 最后计算其累计死亡率。

1.3.3 抗高温应激测试

从各实验水槽随机取 30 尾放入装有水温 32℃新鲜过滤海水的黑色水桶中(20 L), 每隔 1 h 记录仔鱼的死亡数。以上实验都重复 3 次。测试过程中以鳃盖停止活动作为判断仔鱼死亡的依据。

以上抗应激测试完毕后, 用容积法对存活鱼进行计数, 然后计算仔鱼的成活率。

1.4 统计分析

实验结果应用 ANOVA 方差分析和 Tukey 多重比较进行差异显著性检验, 所有的统计分析均采用 windows SPSS10.0 软件。

2 结果

2.1 仔鱼的生长和成活率

仔鱼的生长与成活率结果如表 1 所示。实验结束时 T₁、T₂、T₃ 和 T₄ 组仔鱼平均全长分别为 6.68、6.93、6.52 和 6.78 mm, 各实验组之间仔鱼的生长无显著差异($P>0.05$)。仔鱼的成活率 T₄ 组最高(80%), 显著高于其他实验组($P<0.05$), 其次是 T₃ 组(60%), 显著高于 T₂ 组(40%)和 T₁ 组(30%)($P<0.05$), 而 T₁ 与 T₂ 组之间的成活率差异不显著($P<0.05$)。由此可见, 采用乳铁蛋白强化卤虫幼体投喂大黄鱼仔鱼, 对其生长并没有明显的促进作用, 但强化剂量 $\geq 100\text{mg/L}$ 时对于提高大黄鱼仔鱼的成活率具有显著效果。

表 1 大黄鱼仔鱼的生长和成活率结果

Tab. 1 Results of the growth and survival of *Pseudosciaena crocea* larvae

实验组	实验结束时平均全长(mm)	平均存活率(%)
T ₁	6.68±0.67 ^a	30.0±1.4 ^c
T ₂	6.93±0.96 ^a	40.0±0.7 ^c
T ₃	6.52±0.91 ^a	60.0±2.8 ^b
T ₄	6.78±0.75 ^a	80.0±2.1 ^a

注: 实验开始时仔鱼的平均全长为 4.38 mm±0.30 mm(9 日龄), 表中数据为 23 日龄时的平均值±标准差($n=30$); 同一列中具不同字母表示差异显著($P<0.05$)

2.2 抗应激能力测试结果

2.2.1 耐干露应激测试

大黄鱼仔鱼耐干露应激测试结果如表 2 所示, 经过 5 min 的空中曝露, 再放回原饲养海水 15 min 后, T₁ 组的平均累计死亡率为 89.0%, 显著高于其他实验组 ($P < 0.05$)。T₄ 组的平均累计死亡率最低 (35.3%), 显著低于其他实验组 ($P < 0.05$), 而 T₂ 和 T₃ 两组之间的平均累计死亡率差异不明显 ($P > 0.05$)。由此可见, 乳铁蛋白强化组的仔鱼耐干露应激能力明显强于无强化组, 其中以 T₄ 组效果最佳。

2.2.2 抗高盐度应激测试

大黄鱼仔鱼抗高盐度应激能力测试结果如表 3 所示, 从实验结果可以看出, 在高盐度海水中 (65), 最初的 10 min 内, T₁ 组和 T₂ 组的仔鱼平均累计死亡率分别为 90.0% 和 84.4%, 显著高于 T₃ 和 T₄ 组 ($P < 0.05$), T₄ 组的死亡率最低为 52.2%。至 20 min, T₁ 组仔鱼全部死亡, T₂ 组仔鱼平均累计死亡率也高达 97.8%, 显著高于 T₃ 和 T₄ 实验组 ($P < 0.05$)。至 30 min, T₂ 组仔鱼平均累计死亡率达 100%, T₃ 和 T₄ 组仔鱼平均累计死亡率分别为 97.8% 和 95.6%, 各组之间平均累计死亡率无显著差别 ($P > 0.05$)。至 40 min, T₃、T₄ 组仔鱼全部死亡。实验结果表明, T₃、T₄ 组仔鱼在抗高盐实

表 2 大黄鱼仔鱼耐干露应激能力测试结果

Tab. 2 Results of accumulated mortality of *Pseudosciaena crocea* larvae after a 5-min exposure to air

实验组	平均累计死亡率(%)
T ₁	89.0±3.6 ^a
T ₂	59.0±1.0 ^b
T ₃	56.7±1.2 ^b
T ₄	35.3±2.1 ^c

注: 表中数据为平均值±标准差 (n=3); 表格中具不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

表 3 大黄鱼仔鱼抗高盐度 (65) 应激能力测试结果

Tab. 3 Results of accumulated mortality of *Pseudosciaena crocea* larvae exposed to high salinity seawater (65)

实验组	平均累计死亡率(%)			
	10 min	20 min	30 min	40 min
T ₁	90.0±3.0 ^a	100±0.0 ^a	—	—
T ₂	84.4±2.0 ^a	97.8±1.9 ^a	100±0.0 ^a	—
T ₃	71.1±1.9 ^b	87.7±1.7 ^b	97.8±1.9 ^a	100
T ₄	52.2±3.9 ^c	77.7±2.0 ^c	95.6±5.0 ^a	100

注: 表中数据为平均值±标准差 (n=3); 同一列中具不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$); “—” 表示数值空缺

验中最初的 20 min 内, 显示较强的抗应激能力, 且这两组仔鱼全致死时间比 T₁ 组和 T₂ 组长。由此可见, 乳铁蛋白对大黄鱼仔鱼抗高盐度应激能力有一定效果。

2.2.3 抗高温应激测试

大黄鱼仔鱼抗高温应激测试结果如图 1 所示, 由图 1 可知, 无乳铁蛋白强化组 (T₁) 的仔鱼在放入高温海水中 (水温 32°C) 经 2 h 后其平均成活率仅 6.7%, 至 3 h 则全部死亡。而乳铁蛋白强化组 (T₂、T₃ 和 T₄) 仔鱼受高温应激 2 h 后的成活率分别为 76.7%、74.7% 和 84.4%, 显著高于对照组 ($P < 0.05$)。至 3 h 时 T₃ 和 T₄ 组仔鱼的成活率分别为 53.3% 和 56.7%, 都显著高于 T₂ 组的 23.3% ($P < 0.05$)。经 4 h 后, T₂ 组的仔鱼全部死亡, T₄ 组仔鱼的成活率达 30%, 高于 T₃ 组的 23.3%, 但两组之间无显著差异 ($P > 0.05$)。从实验结果可以看出, 乳铁蛋白强化水平 ≥ 100 mg/L 强化水体时, 能较明显提高大黄鱼仔鱼的抗高温应激能力。

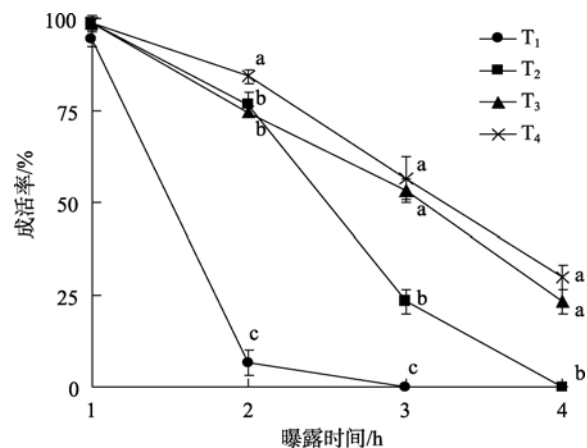


图 1 大黄鱼仔鱼抗高温应激期间成活率的变化

Fig. 1 Changes of survival of *Pseudosciaena crocea* larvae exposed to high temperature (32°C)

3 讨论

3.1 乳铁蛋白对仔鱼生长和成活率的影响

从本实验的结果可知, 乳铁蛋白对大黄鱼仔鱼的生长并没有显著的促进效果, 这与对大西洋鲑 (*Salmo salar*) 和石斑鱼 (*Epinephelus coioides*) 的研究结果相一致^[17,18]。另据 Yamauchi^[19]报道, 给小白鼠长时间投喂乳铁蛋白对其生长仍然没有促进效果。但 Kakuta^[20]对金鱼的研究却表明, 与对照组相比, 在饲料中添加 0.001%、0.01% 或 0.1% 的乳铁蛋白能显著地促进金鱼的生长, 这可能是饲料中的一些未

知成分与乳铁蛋白有共同协作作用促进其生长的结果。本研究乳铁蛋白强化的卤虫幼体对提高大黄鱼仔鱼的成活率具有明显的效果,且随着强化剂量的增加而增高。

3.2 乳铁蛋白对仔鱼抗应激能力的影响

大黄鱼仔鱼的抗应激能力测试结果表明, T_4 组大黄鱼仔鱼的耐干露能力最强,而 T_4 组和 T_3 组的抗高盐度应激能力明显强于 T_2 组和 T_1 组。但 T_4 组和 T_3 组之间的抗高盐度应激能力无明显的差异。经 4 h 高温曝露后, T_1 和 T_2 组的仔鱼全部死亡,而 T_4 组的成活率最高达 30%,高于 T_3 组的 22.3%。因此, LF 的使用剂量在 100 mg/L 以上时对提高大黄鱼仔鱼的抗应激能力效果明显。日本学者对全长 4.3 cm 的香鱼(*Plecoglossus altivelis*)幼鱼投喂添加乳铁蛋白的配合饲料,经过 40 d 左右的饲育,结果表明,乳铁蛋白添加组与对照组之间幼鱼的生长和成活率虽然没有明显的差别,但与对照组比较,乳铁蛋白添加组的幼鱼在被曝露在低溶解氧的水中或福尔马林和硫酸铜溶液中,其存活时间显著长于对照组,即对物理及化学的抗应激能力明显增强^[11]。其他一些类似研究也证实,口服 LF 可以增强鱼类的非特异性免疫系统和抗应激能力,如 LF 可以增强真鲷幼鱼的黏液分泌量和对刺激性隐核纤毛虫的防御能力^[9],增强日本牙鲆抗高温应激能力^[20],提高斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)抗低盐及空气中曝露能力^[17]。从以上研究结果可见,对于不同鱼种、不同生长阶段、生活环境及饲养方法,乳铁蛋白在促生长及改善成活率功能方面可能存在着一定的差异性,但其能有效地增强鱼体的抗物理化学应激能力的功效是一致。

3.3 乳铁蛋白对仔鱼抗应激的影响机制

有关乳铁蛋白对增强鱼类的抗应激能力作用机制的研究还比较少,Yokoyama 等^[18,21]最近研究了乳铁蛋白对日本牙鲆与斜带石斑鱼幼鱼抗应激能力的影响机制,发现幼鱼在受高温、低盐度及空气中曝露时,饲料中添加乳铁蛋白组的幼鱼其皮肤黏液的分泌量显著增加,并且在皮肤、鳃及肝脏中检测到较高的热休克蛋白 HSP70(heat shock protein 70)水平,这表明 HSP70 在抗应激方面起着重要的作用。热休克蛋白 HSP70 是细胞受到各种刺激时产生的一类具有重要生理功能和高度保守的多肽类蛋白质分子,普遍存在于原核和真核生物细胞中,在应激状态下可

被诱导表达,被认为是环境胁迫的一个重要指标^[22]。在胁迫条件下,养殖动物将发生一系列生理变化,除了其中的神经内分泌激素发生变化外,与细胞反应相关的热休克蛋白也发生变化,在一定的胁迫范围内热休克蛋白将被诱导从而形成保护性机制,抵消胁迫对养殖动物的影响^[23~26]。由于本研究试验鱼个体较小,没有测定仔鱼在受各种应激时的 HSP70 水平,未能确定乳铁蛋白与 HSP70 之间的关系,有关乳铁蛋白对大黄鱼仔鱼的抗应激影响机制还有待于进一步的研究。

参考文献:

- [1] 姜志强,张弼,考伟. 大黄鱼人工育苗研究[J]. 水产科学, 2001, 20(3): 15-16.
- [2] 朱振乐. 大黄鱼人工育苗技术[J]. 上海水产大学学报, 2000, 9(2): 163-165.
- [3] 麦康森,艾庆辉,徐玮,等. 水产养殖中的环境胁迫及其预防-营养学途径[J]. 中国海洋大学学报, 2004, 34(5): 767-774.
- [4] 肖涛,史合群. 水产养殖动物抗应激营养因子研究进展[J]. 淡水渔业, 2006, 36(1): 60-62.
- [5] 马学会,冯自科,张国磊,等. 乳铁蛋白营养作用[J]. 中国畜牧杂志, 2006, 42(5): 60-62.
- [6] Hagiwara T, Ozawa K, Fukuwatari Y, et al. Effects of lactoferrin on iron absorption in immature mice[J]. *Nutr Res*, 1997, 17: 895-906.
- [7] Nemet K, Simonovits I. The biological role of lactoferrin[J]. *Haematologia*, 1985, 18: 3-12.
- [8] Wang W P, Iigo M, Sato J, et al. Activation of intestinal mucosal immunity in tumor bearing mice by lactoferrin[J]. *Jpn J Cancer Res*, 2000, 91: 1 022-1 027.
- [9] Kakuta I, Kurokura H, Nakamura H, et al. Enhancement of the nonspecific defense activity of the skin mucus of red sea bream by oral administration of bovine lactoferrin[J]. *Suisan Zoshoku*, 1996, 44: 197-202.
- [10] Sakai M, Otubo T, Atsuta S, et al. Enhancement of resistance to bacterial infection in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), by oral administration of bovine lactoferrin[J]. *J Fish Dis*, 1993, 16: 239-247.
- [11] Kakuta I, Ogata T, Igarashi K, et al. Effect of orally administrated bovine lactoferrin on the survival rate of juvenile ayu, *Plecoglossus altivelis*, held under deteriorating environmental conditions[J]. *Suisan Zoshoku*, 1998, 46: 93-96.
- [12] Kakuta I. Protective effect of orally administrated bovine lactoferrin against experimental infection of goldfish *Carassius auratus* with *Ichthyophthirius multifiliis*[J]. *Suisan Zoshoku*, 1996, 44: 427-432.
- [13] Shimazaki K. Lactoferrin: structure, function and ap-

- plications[M]. Amsterdam: Elsevier Publishers, 2000, 443-449.
- [14] Kakuta I. Suppression of stress reactions of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared at high density by oral administration of bovine lactoferrin[J]. *Suisan Zoshoku*, 1997, 45: 345-350.
- [15] Kakuta I. Reduction of stress response in carp, *Cyprinus carpio* L., held under deteriorating environmental conditions, by oral administration of bovine lactoferrin[J]. *J Fish Dis*, 1998, 21: 161-168.
- [16] 钟家玉, 朱作言. 转人乳铁蛋白基因草鱼抗 GCHV 的初步研究[J]. 水生生物学报, 2001, 25(5): 528-530.
- [17] Lygren B, Sveier H, Hjeltne B, *et al.* Examination of the immunomodulatory properties and the effect on disease resistance of dietary bovine lactoferrin and vitamin C fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*) for a short-term period[J]. *Fish Shellfish Immunol*, 1999, 9: 95-107.
- [18] Yokoyama S, Koshio S, Takakura N, *et al.* Effect of dietary bovine lactoferrin on growth response, tolerance to air exposure and low salinity stress conditions in orange spotted grouper *Epinephelus coioides*[J]. *Aquaculture*, 2006, 255: 507-513.
- [19] Yamauchi K, Toida T, Nishimura S, *et al.* 13-week oral administration toxicity study of bovine lactoferrin in rats[J]. *Food Chem Toxicol*, 2000, 38: 503-512.
- [20] Kakuta I. Effect of orally administrated bovine lactoferrin on growth and blood properties of gold fish[J]. *Suisan Zoshoku*, 1996, 44: 419-426.
- [21] Yokoyama S, Koshio S, Takakura N, *et al.* Dietary bovine lactoferrin enhances tolerance to high temperature stress in Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*[J]. *Aquaculture*, 2005, 249: 367-373.
- [22] 任莉萍, 曹小汉. 热休克蛋白研究进展[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(10): 2 040-2 042.
- [23] Iwama G, Vijayan M M, Forsyth R B, *et al.* Heat shock proteins and physiological stress in fish [J]. *Am Zool*, 1999, 39: 901-909.
- [24] Vijayan M, Pereira C, Grau E G. Handling stress does not affect the expression of hepatic heat-shock protein 70 and conjugation enzymes in rainbow trout treated with naphthoflavone [J]. *Life Sci*, 1997, 61: 117-127.
- [25] Williams J H, Farag A M, Stansbury M A. Accumulation of hsp70 in juvenile and adult rainbow trout gill exposed to metal-contaminated water and/or diet [J]. *Env Toxicol Chem*, 1996, 15: 1 324-1 328.
- [26] Sanders B M. Stress-proteins in aquatic organisms: An environmental perspective [J]. *Crit Rev Toxicol*, 1993, 23: 49-75.

Effect of bovine lactoferrin on the growth, survival and stress resistance of *Pseudosciaena crocea* larvae

WANG Qiu-rong, HE-Feng, LIN Li-min, WANG Zhi-yong, LIU Xian-de

(Key Laboratory of Science and Technology for Aquaculture and Food Safety of Fujian Province University, Fisheries College, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Received: Jun., 19, 2009

Key words: *Pseudosciaena crocea*; stress resistance; bovine lactoferrin; *Artemia franciscana* nauplii

Abstract: A feeding trial was conducted to investigate the effect of *Artemia franciscana* nauplii enriched with different levels of bovine lactoferrin (LF)(T₁: 0mg/L; T₂: 50mg/L; T₃: 100mg/L; and T₄: 150mg/L) on the growth and survival as well as stress resistance of the larvae of large yellow croaker *Pseudosciaena crocea* between 9 and 23 days after hatching. Dietary LF did not affect growth rate of larvae under the conditions in this study ($P>0.05$). At the termination of feeding trial, larvae fed *Artemia* nauplii enriched with 100 mg/L or 150 mg/L LF had significantly higher survival rate than those of the other treatments ($P < 0.05$). Larvae fed *Artemia* nauplii enriched with 150 mg/L LF showed the lowest accumulated mortality after being exposed to the air for 5 min or to 32°C seawater for 4 h. The larvae fed *Artemia* nauplii enriched with 100 mg/L or 150 mg/L LF showed longer survival time than those of the other groups ($P<0.05$) after being exposed to high salinity seawater (65). Results suggested that supplemental levels of LF markedly affected the survival and stress resistance of yellow croaker larvae. The supplemental levels of LF should be over 100 mg/L.

(本文编辑: 谭雪静)