

温度胁迫对银鲳(*Pampus argenteus*)幼鱼 消化酶活性及血清生化指标的影响*

施兆鸿^{1,2①} 谢明媚^{1,2} 彭士明¹ 张晨捷¹ 高权新¹

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所 农业部东海与远洋渔业资源开发利用重点实验室
上海 200090; 2. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306)

摘要 分别在 22、27(对照组)、32℃的水环境中,对银鲳(*Pampus argenteus*)幼鱼进行急性温度胁迫 48 h,检测不同时间、不同温度下银鲳幼鱼肠道消化酶活力及血清生化指标。结果显示,肠道消化酶中,胃蛋白酶和胰蛋白酶的活力在 22℃实验组没有显著变化($P>0.05$),淀粉酶活力逐渐下降,脂肪酶活力则相反($P<0.05$);在 32℃实验组中,脂肪酶、胃蛋白酶、胰蛋白酶的活力变化基本一致,均呈现上升趋势($P<0.05$),而淀粉酶活力呈先升高后降低趋势;在血清生化指标中,葡萄糖(GLU)、乳酸(LD)、皮质醇(COR)在 22℃实验组显著升高($P<0.05$),甘油三酯(TG)和肌酐(CREA)均呈现先降低后升高再降低的趋势($P<0.05$),血清总蛋白(TP)含量则呈先降低后升高趋势($P<0.05$)。在 32℃实验组中,TP 和 TG 含量降低;GLU 含量没有显著变化($P>0.05$);LD 含量呈先下降后上升的趋势($P<0.05$);COR 先上升后降低,而 CREA 则呈现上升趋势;在肠道和血清中不同处理组在同一时间也出现显著性差异($P<0.05$)。研究表明,急性温度胁迫对银鲳幼鱼消化系统及排泄系统造成一定的影响。因此,在实际生产操作及工厂化养殖过程中,应尽量避免急性温度胁迫,减小银鲳幼鱼的应激反应,使其有良好的生活环境。

关键词 温度胁迫;银鲳幼鱼;消化酶;血清生化指标

中图分类号 S965 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2016)05-0030-08

鱼类作为变温动物,环境温度的骤变会影响鱼类体内消化酶活性的变化(Wang *et al*, 2006)。消化酶活力高低决定着鱼体对营养物质消化吸收的能力,从而影响鱼体生长发育的速度,因此,消化酶活力是鉴定鱼类健康生长的重要指标之一。每一种鱼类都有各自的适温范围,温度的剧变会导致鱼体内消化酶活性的变化,降低鱼类对食物的消化吸收,致使生长减慢,甚至停止生长(Munilla *et al*, 1996; 罗奇等, 2010)。同样,温度变化对鱼类血清生化指标也具有显著的影响(Wakeling *et al*, 2000; 刘波等, 2011),鱼类血清生化指标能够反映鱼类机体的代谢、营养和生理状况,并与疾病发生有着密切的关系(张铁涛等, 2010)。因此,

温度胁迫鱼类消化酶活力和血清生化指标变化的研究对养殖生产有着实际意义。

银鲳(*Pampus argenteus*)在分类学上属鲈形目(Perciformes)、鲳科(Stromateidae)、鲳属,为暖水性中下层集群性鱼类,广泛分布于东南亚沿海、波斯湾、阿拉伯海和印度洋,在我国主要分布在东海北部和黄海南部(郑元甲等, 2003)。银鲳是一种价值较高的食用鱼类,具有全球性市场需求,其具有很高的食用价值,深受老百姓喜爱(施兆鸿等, 2005)。目前,银鲳的市场供应主要依靠海洋捕捞,但由于过度捕捞导致其渔获量显著降低(郑元甲等, 2003),因此开发银鲳的苗种培育及人工养殖技术已引起国内外学者的极

* 中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(东 2014Z02-1)资助

① 通讯作者:施兆鸿,研究员, E-mail: shizh@eastfishery.ac.cn

收稿日期: 2015-06-17, 收修改稿日期: 2015-07-24

大关注。施兆鸿等(2007)研究了银鲳的人工繁殖及苗种培育, Dadzie 等(2000)和赵峰等(2008)研究其摄食习性及年龄与生长, 而环境因子对银鲳生长及对生理生态的影响则少见报道。本研究通过对银鲳幼鱼进行温度急性胁迫, 探究其消化酶活性及血清生化指标对急性温度胁迫的响应, 以期对银鲳人工养殖提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 实验用鱼

实验在上海市水产研究所启东试验中心进行。材料取自中国水产科学研究院东海水产研究所当年人工繁育的体表无伤、体色正常的银鲳幼鱼, 平均体重为(18.8±7.2) g, 平均叉长为(9.1±1.1) cm。

1.2 饲养管理

实验时间: 2014年8月。实验前将幼鱼饲养在盐度为28±0.5, pH为7.9±0.5, 溶解氧为6–8 mg/L, 水温为27℃的水泥池中。24 h不间断充气, 饱食投喂, 每天早、晚各投喂1次, 检测水质和观察幼鱼活动情况。饲养用水经网滤、暗沉淀的天然海水, 换水量为50%/d。

1.3 实验设计

将180尾银鲳幼鱼平均、随机放入9个2.5 m×2.5 m的水泥池中。根据银鲳幼鱼的最适生长水温(24–28℃)以及本研究的目的, 为观察温度骤变后的生理生化指标变化规律, 实验设置22、27、32℃3个温度梯度, 以27℃为对照组, 每个梯度设3个重复, 每个重复20尾鱼, 组间无显著差异($P>0.05$)。实验开始前1 d停食。实验期间, 各实验组均不投食, 不同处理组通过换水在2 h内将水温同步调节至设定温度。采用专业冷热水机进行水温调控。实验设置4个取样时间, 分别为0、12、24、48 h。

1.4 样品采集

每个重复随机抽取3尾鱼, 每实验组9尾鱼, 用200 mg/L的MS-222做快速深度麻醉。麻醉后, 置于冰盘上采用尾静脉采血。血样于4℃冰箱中静置12 h, 在4℃、3500 r/min离心20 min制备血清, 上清液移置–70℃冰箱中保存备用。取血后立即解剖鱼取肠道, 去除内容物, 样品置于–20℃保存, 用于生化分析。

1.5 指标检测

肠道检测: 淀粉酶、脂肪酶、胃蛋白酶、胰蛋白

酶。血清指标检测: 血清总蛋白(TP)、葡萄糖(GLU)、乳酸(LD)、皮质醇(COR)、甘油三酯(TG)、肌酐(CREA)。各指标均采用专业试剂盒测试, 方法按说明书操作。其中, 总蛋白测定采用专业考马斯亮蓝蛋白测定试剂盒, 单位为g/L。

1.5.1 肠道消化酶活力定义 淀粉酶: 组织中每毫克蛋白在37℃与底物作用30 min, 水解10 mg淀粉定义为1个酶活力单位(U/mg prot); 脂肪酶: 在37℃条件下, 每克组织蛋白在本反应体系中与底物反应1 min, 每消耗1 μmol的底物为1个酶活力单位(U/g prot); 胃蛋白酶: 每毫升胃液37℃每分钟分解蛋白生成1 μg氨基酸相当于1个酶活力单位(U/mg prot); 胰蛋白酶: 在pH8.0, 37℃条件下, 每毫克蛋白中含有的胰蛋白酶每分钟使吸光度变化0.003即为1个酶活力单位(U/mg prot)。

1.5.2 血清生化指标活力定义 TP: 采用双缩脲法测定, 活力单位为mg prot/ml; GLU: 采用葡萄糖氧化法测定, 活力单位为mmol/L; LD: 采用NBT显色法测定, 活力单位为mmol/L; COR: 采用酶联免疫法测定, 活力单位为ng/ml; TG: 采用酶偶联比色法(单试剂型)测定, 活力单位为mmol/L; CREA: 采用肌氨酸氧化酶法测定, 活力单位为mmol/L。

1.6 数据分析

所得数据以平均值±标准差(Mean±SD)表示, 实验结果用SPSS19软件进行统计与分析, 运用单因素方差分析(One-way ANOVA), 检测急性温度胁迫后银鲳幼鱼消化酶指标及血清生化指标, 先进行方差齐性检验, 不满足方差齐性时, 对数据进行自然对数或平方根转换, 采用Duncan's检验进行多重比较, $P<0.05$ 即认为有显著性差异。运用Excel 2010绘制图表。

2 结果

2.1 肠道消化酶

2.1.1 淀粉酶 低温胁迫后, 银鲳幼鱼肠道淀粉酶活力在22℃实验组随着时间的延长, 出现了缓慢下降的趋势, 48 h下降至最低点, 并且与实验初始时有显著性差异($P<0.05$); 而高温32℃实验组则出现了波动, 在24 h出现了最高值, 48 h又恢复到初始活力。在24 h, 32℃实验组与其余两处理组酶活力呈显著差异($P<0.05$) (图1)。

2.1.2 脂肪酶 急性温度胁迫后, 高温和低温的2个实验组脂肪酶活力出现相同的变化趋势(图2), 其酶活力在12 h时均显著上升, 与实验初始时差异显著

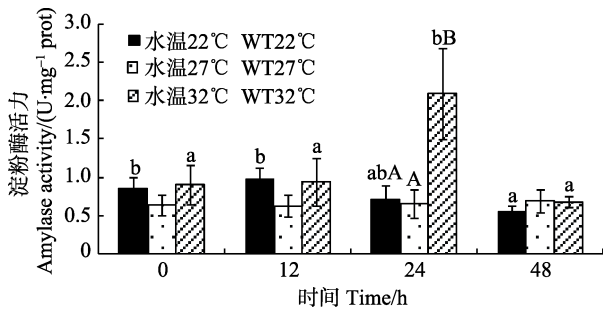


图1 急性温度胁迫对银鲳幼鱼肠道淀粉酶活力的影响
Fig.1 Effects of acute temperature stress on the activity of amylase intestines of *P. argenteus* juveniles

注：不同大写字母表示同一时间点中存在显著差异 ($P<0.05$)，不同小写字母表示同一温度组中存在显著差异 ($P<0.05$)，下同

Note: Different uppercase letters indicated significant difference at the same time point ($P<0.05$). Different lowercase letters indicated significant difference in the same temperature group ($P<0.05$). The same applied to the followings

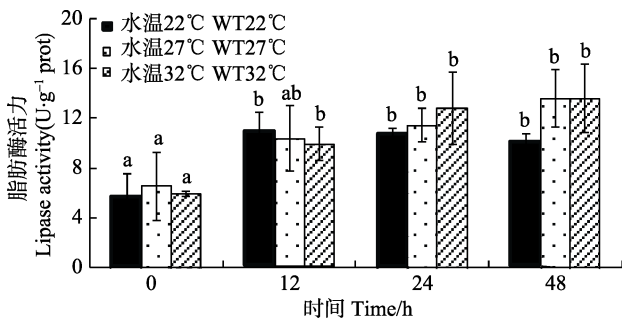


图2 急性温度胁迫对银鲳幼鱼肠道脂肪酶活力的影响
Fig.2 Effects of acute temperature stress on the activity of lipase in intestines of *P. argenteus* juveniles

($P<0.05$)，对照组亦出现相同的变化趋势，其最高值出现在 48 h。在同一时间，不同处理组均未出现显著性差异($P>0.05$)。

2.1.3 胃蛋白酶 急性低温胁迫对胃蛋白酶活力在 48 h 中未见显著变化($P>0.05$)(图3)。而在急性高温胁迫(32°C 实验组)后随着时间的延长，胃蛋白酶活力上升，24 h 时与实验初始时之间有显著性差异($P<0.05$)。在同一时间，不同处理组未出现显著差异($P>0.05$)。

2.1.4 胰蛋白酶 急性温度胁迫后，22°C 实验组在不同时间点之间差异不显著($P>0.05$)(图4)。32°C 实验组出现上升趋势，24 h 上升至最大值($P<0.05$)。对照组胰蛋白酶活力也随着时间的延长，出现上升趋势，48 h 上升到最大值($P<0.05$)。不同处理组在同一时间亦差异显著($P<0.05$)，在 24、48 h，32°C 实验组与其余 2 个处理组出现显著差异。

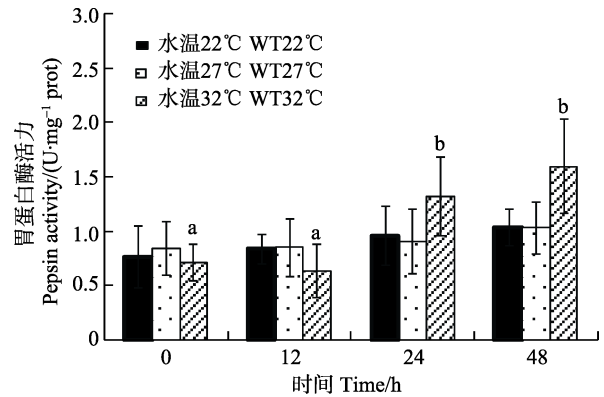


图3 急性温度胁迫对银鲳幼鱼肠道胃蛋白酶活力的影响
Fig.3 Effects of acute temperature stress on the activity of pepsin in intestines of *P. argenteus* juveniles

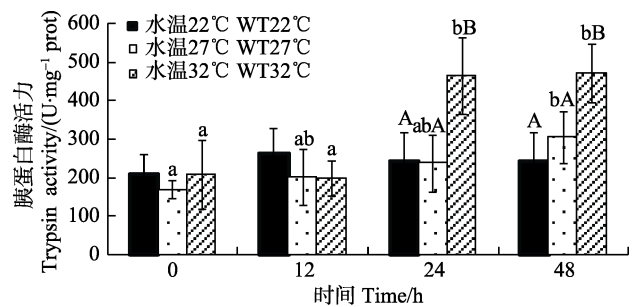


图4 急性温度胁迫对银鲳幼鱼肠道胰蛋白酶活力的影响
Fig.4 Effects of acute temperature stress on the activity of trypsin in intestines of *P. argenteus* juveniles

2.2 血清指标

2.2.1 血清总蛋白 银鲳幼鱼血清总蛋白含量在温度胁迫下的变化见图5。从图5可以看出，22°C 实验组出现波动，12 h 降低到最低值($P<0.05$)，24 h 恢复到初始值，48 h 仍维持初始值。32°C 实验组血清总蛋白活力随时间延长下降，12 h 下降到最低值($P<0.05$)，随后维持最低值。低温胁迫与高温胁迫处理组之间在 24、48 h 有显著差异($P<0.05$)。

2.2.2 葡萄糖 急性温度胁迫后，22°C 实验组血清中 GLU 含量缓慢上升(图6)，48 h 上升到最大值

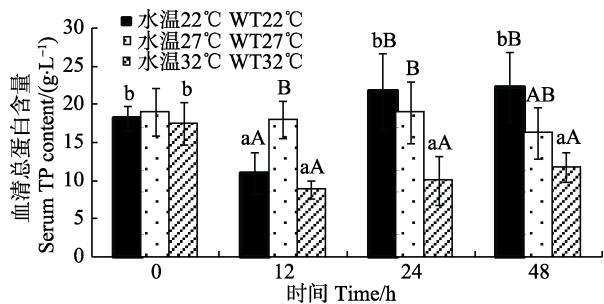


图5 急性温度胁迫对银鲳幼鱼血清总蛋白含量的影响
Fig.5 Effects of acute temperature stress on the serum TP content of *P. argenteus* juveniles

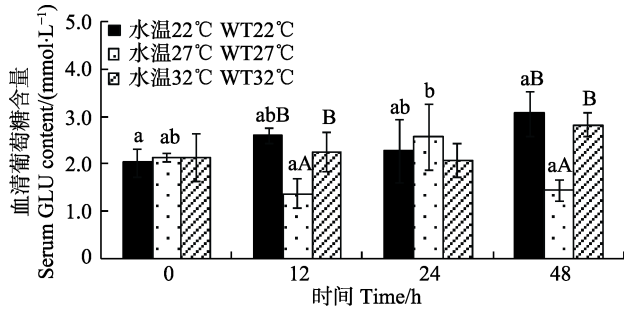


图 6 急性温度胁迫对银鲳幼鱼血清葡萄糖含量的影响
Fig.6 Effects of acute temperature stress on the serum GLU content of *P. argenteus* juveniles

($P < 0.05$); 32°C 实验组含量未出现显著差异($P > 0.05$)。在 12、48 h, 对照组均与实验组出现显著性差异($P < 0.05$)。

2.2.3 乳酸 急性温度胁迫下, 银鲳幼鱼血清乳酸含量 22°C 实验组出现波动(图 7), 12 h 缓慢上升, 24 h 又恢复到初始值, 48 h 达到峰值($P < 0.05$); 32°C 实验组在 12h 降低到谷值($P < 0.05$), 48 h 又恢复到初始值; 对照组在 24h 达到峰值, 48 h 恢复到初始值。不同处理组在实验开始后均与对照组之间出现显著性差异($P < 0.05$)。

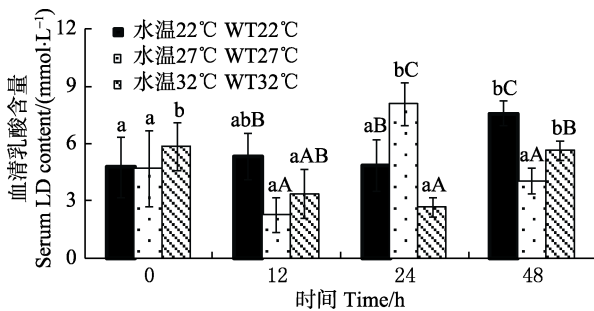


图 7 急性温度胁迫对银鲳幼鱼血清乳酸含量的影响
Fig.7 Effects of acute temperature stress on the serum LD content of *P. argenteus* juveniles

2.2.4 皮质醇 22°C 实验组血清皮质醇含量在急性温度胁迫后出现缓慢上升趋势(图 8)。48 h 上升到最大值($P < 0.05$); 32°C 实验组呈先上升后下降的变化趋势, 在 24 h 时上升到最大值, 48 h 又下降, 下降到最小值, 且低于初始值($P < 0.05$); 对照组在不同时间其含量亦出现显著差异, 在 12 h 下降到最小值, 24 h 上升到最大值, 且最大值大于初始值, 48 h 下降到最小值($P < 0.05$)。不同处理组在同一时间亦差异显著($P < 0.05$), 在 12h 实验组与对照组差异显著, 在 48 h, 22°C 实验组与其余 2 个处理组差异显著($P < 0.05$)。

2.2.5 甘油三酯 急性温度胁迫后, 22°C 实验组中银鲳幼鱼的血清甘油三酯含量出现波浪式变化的趋势(图 9), 在 24 h 出现峰值, 随后 48 h 下降到初始值

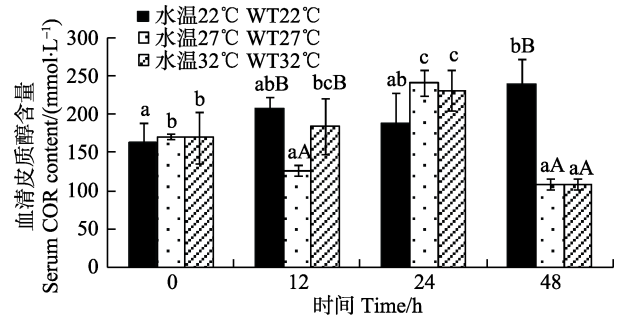


图 8 急性温度胁迫对银鲳幼鱼血清皮质醇含量的影响
Fig.8 Effects of acute temperature stress on the serum COR content of *P. argenteus* juveniles

($P < 0.05$); 32°C 实验组出现下降, 在 24 h 下降到最低值, 与实验初始间差异显著($P < 0.05$)。22°C 实验组在 12 h 和 24 h 与对照组之间差异显著; 32°C 实验组在 48 h 与对照组之间差异显著($P < 0.05$)。

2.2.6 肌酐 血清肌酐含量在急性温度胁迫下的变化如图 10。22°C 实验组出现先下降后上升、再下降的趋势, 且各取样点之间呈显著性差异($P < 0.05$); 32°C 实验组出现上升趋势, 48 h 上升到最大值($P < 0.05$)。在 12 h 时, 22°C 实验组与其余 2 个处理组差异显著; 在 48 h 时, 32°C 实验组与其余 2 个处理组差异显著($P < 0.05$)。

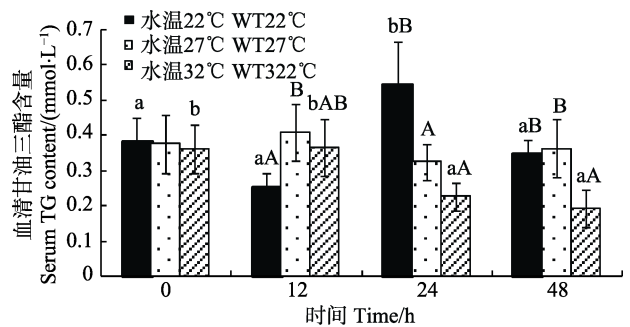


图 9 急性温度胁迫对银鲳幼鱼血清甘油三酯含量的影响
Fig.9 Effects of acute temperature stress on the serum TG content of *P. argenteus* juveniles

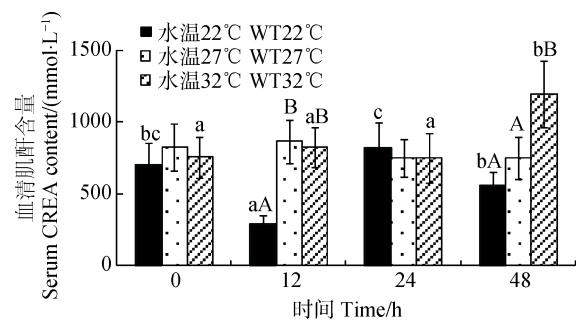


图 10 急性温度胁迫对银鲳幼鱼血清肌酐含量的影响
Fig.10 Effects of acute temperature stress on the serum CREA content of *P. argenteus* juveniles

3 讨论

3.1 急性温度胁迫对银鲳幼鱼肠道消化酶活力的影响

在近岸水体及养殖水体中,由于季节变动和人类活动的影响(李洁等, 2010), 温度可能产生波动, 对鱼类产生应激作用, 导致鱼体内消化酶活力发生变化。罗奇等(2010)研究温度和 pH 对条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)幼鱼消化酶活力的影响、梅景良等(2004)研究温度和 pH 对黑鲷(*Sparus macrocephalus*)主要消化酶活性的影响的结果中显示, 随着温度的升高, 条石鲷和黑鲷的肠道内淀粉酶活力均呈现先升高后降低的趋势, 与本研究在高温胁迫后银鲳幼鱼肠道内淀粉酶活力变化相同, 这说明高温胁迫破坏了银鲳幼鱼淀粉酶的结构, 导致变性失活。在本研究的低温组中, 淀粉酶活力随时间延长出现下降的趋势, 表明低温胁迫抑制了淀粉酶的活性。

罗奇等(2010)对条石鲷的研究表明, 随着温度升高脂肪酶活力下降, 这与本研究结果相反。同样, 在梅景良等(2004)对黑鲷的研究中, 脂肪酶活力呈现先升高后降低的趋势, 也与本研究结果不同。这可能是实验条件不同所致, 本研究只设置了 48 h 的实验, 也可能在 48 h 后出现与上述结果相同的结果。脂肪酶是脂质代谢中比较重要的酶类, 它能够水解脂肪为甘油一酯、甘油二酯和游离脂肪酸(杨汉博等, 2007), 最终产物是脂肪酸和甘油, 为鱼体提供能量和必需脂肪酸。在本研究中, 脂肪酶含量在高温胁迫和低温胁迫一样, 都呈现持续升高的现象, 说明温度胁迫并没有破坏银鲳幼鱼脂肪酶的活性, 脂肪酶含量继续增加, 使得脂肪被其水解, 为银鲳幼鱼提供能量和必需脂肪酸。另外, 在本研究的 48 h 过程中, 未对银鲳幼鱼进行投喂, 但在解剖时消化道中仍有残存的食物, 脂肪酶活力的上升可能是因为银鲳幼鱼先对食物进行水解葡萄糖, 当水解的葡萄糖不足以提供鱼体必需的能量时, 机体转由脂肪提供所需的能量, 导致本研究中各实验组脂肪酶活力均出现上升趋势, 且随温度的上升酶活力也同步升高。

李希国等(2006)研究温度对黄鳍鲷(*Sparus latus*)主要消化酶活性的影响中显示, 胃蛋白酶随温度的升高呈现先升高后降低的趋势, 这与本研究结果不同。本研究中仅在高温组胃蛋白酶含量出现升高的趋势, 表明高温胁迫没有破坏其活性, 低温胁迫对银鲳幼鱼胃蛋白酶活力变化没有影响, 胰蛋白酶的变化同胃蛋白酶。

3.2 急性温度胁迫对银鲳幼鱼血清生化指标的影响

陈超等(2012)研究低温胁迫对七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)幼鱼血清生化指标的影响中, TP 随着时间延长, 含量逐渐下降, 这与本研究高温组结果相同, 而本研究的低温胁迫组, TP 呈现先下降后上升的趋势。TP 是机体蛋白质的重要来源之一, 提供机体所需能量及修补受损组织。TP 含量的高低, 在一定程度上反映了机体对蛋白质的消化吸收和利用的程度及代谢能力的强弱(黄金凤等, 2013)。本研究高温组出现的含量变化, 推测原因是因为银鲳幼鱼在受到高温胁迫后, 导致肝脏合成蛋白的能力下降, 因此 TP 含量随之下降。血清总蛋白的含量不仅与鱼类摄食的饲料蛋白质及内源蛋白质的分解有关, 还受外界环境因子的制约, 因此, 其含量的多少还可以反映鱼体的健康状况及对周围环境的适应能力(黄金凤等, 2013)。在本研究的低温组, 银鲳幼鱼刚刚受到低温胁迫后, 肝脏合成蛋白的能力下降, TP 含量也随之下降, 随后又上升, 可能是因为银鲳幼鱼适应这个温度之后, 肝脏合成蛋白能力恢复, 导致 TP 含量也恢复到初始含量。

GLU 作为鱼体的主要能源物质, 一般认为, 在低温胁迫的早期, 鱼体以血糖代谢增加为主, 即体内的糖原转化为 GLU, 使得 GLU 含量增加, 加快糖的分解代谢(陈超等, 2012), 产生热量以增强御寒功能。机体在代谢产热过程中, 糖大量消耗, 机体和脏器组织的抗寒能力下降(邵同先等, 2002)。随着低温胁迫的加强或胁迫时间的延长, 机体将大量的 GLU 分解成三磷酸腺苷(ATP)提供能量, 又使 GLU 浓度下降。本研究并没得出与此规律相符的结果, GLU 的含量在一直升高。同样常玉梅等(2006)、陈超等(2012)研究在低温胁迫对鲤(*Cyprinus carpio*)及七带石斑鱼血清生化指标影响时也并未发现低温胁迫使血清 GLU 升高的现象, 而是在低温胁迫的后期血清中糖原含量增加。在本研究中, 随着低温胁迫时间的延长, 银鲳幼鱼产生不适反应, 血清中 GLU 含量激增; 胁迫后, 肾上腺髓质释放的肾上腺素量增加, 使得肝脏糖原异生作用增强, 促使糖原分解成 GLU 进入血液, 导致血糖升高(Tort *et al.*, 1996), 在本研究中, GLU 在高温胁迫后, 含量有所上升, 但差异不显著。

GLU 随着血液循环被送到各个器官分解产生热量, 在这一过程中会产生 H₂O、CO₂ 和丙酮酸, 产生的丙酮酸将和氢结合, 然后生成 LD。如果鱼体的能量代谢正常, 就不会产生 LD 堆积, LD 将被血液带至肝脏, 进一步分解为 H₂O 和 CO₂, 产生热量, 消除疲

劳, 过多的 LD 将使弱碱性的体液呈现酸性, 影响细胞吸收营养和氧气, 削弱细胞的正常功能。在本研究中, 低温胁迫实验组 LD 含量持续上升, 说明低温胁迫造成了 LD 堆积, 影响银鲳幼鱼体细胞正常功能; 而高温组出现了 LD 含量呈先下降后上升的趋势, 说明在胁迫前期, 银鲳幼鱼为适应环境, LD 被血液带到肝脏, 进一步分解为 H₂O 和 CO₂, 产生热量, 维持细胞正常生理功能, 随着胁迫时间的延长出现 LD 堆积现象, 银鲳幼鱼细胞生理功能被破坏, 影响鱼体健康。

COR 是一项反映评估鱼类应激反应强弱的重要指标。当鱼类处于急性应激状态下, 鱼体的 COR 含量在几个小时之内急剧升高, 鱼类由于急性温度胁迫而处在应激状态, 通过下丘脑—垂体—肾间组织产生皮质醇等类固醇, 释放到血液中(Vijayan *et al*, 1990)。COR 含量在短期的升高可促进体蛋白分解, 加速脂肪的氧化, 促进糖类的合成等, 从而使机体获得足够的能量来抵御温度胁迫。但是 COR 水平过高或长期持续在较高的水平, 则会对鱼体造成负面影响(Gregory *et al*, 1999)。在急性低温胁迫下, 鱼体 COR 含量会显著升高(强俊等, 2012; 刘波等, 2011), 本研究在低温胁迫组得出相同的实验结论, 而何杰等(2014)研究中随着温度的降低, 4 种不同品系的罗非鱼(*Tilapia* sp.)COR 水平均呈现先上升后下降的趋势, 这与本研究结果不同; 通常情况下, 应激鱼类血清 COR 水平开始呈上升趋势, 随着时间的延长而逐渐下降, 显示了鱼体对新环境进行了适应(何杰等, 2013)。本研究高温组得出了相同的实验结论, 说明随着时间的延长, 银鲳幼鱼适应了新的环境温度。本研究对照组 COR 含量也发生了变化, 与实验期间对银鲳幼鱼进行的饥饿处理有关。COR 还是鱼类调节代谢系统的重要激素。有研究表明, COR 参与肝脏代谢的调节, 使得机体各组织对 GLU 的利用率降低(王晶晶等, 2011)。

TG 的含量反映了动物体内脂肪沉积的情况(位莹莹等, 2013; Coma *et al*, 1995), TG 在血液中均由脂蛋白载运, 是动物细胞贮脂的主要形式和细胞膜的重要组成部分(Coma *et al*, 1995)。常玉梅等(2006)认为, 低温对肝脏的损伤阻碍了 TG 通过肠肝循环途径进入肝脏被重吸收, 致使血清中 TG 的含量有所下降(冀德伟等, 2009), 本研究高温胁迫组得出了相同的实验结论。冀德伟等(2009)研究不同低温胁迫时间对大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)血清生化指标的影响, 结果显示, 低温胁迫后, TG 含量出现先下降后升高的趋势, 与本研究结果不同。本研究在 TG 含量呈先下降后升高之后, 在 48 h 又出现下降的趋势, 说明肝脏损伤比较严重, 使得银鲳幼鱼出现两次 TG 含量下降。

CREA 是肌肉组织中储能物质肌酸代谢的终产物, 鱼类 CREA 经过肾小球滤过而排出体外, 因此鱼体内 CREA 的含量是反映肾和鳃的排泄功能的重要标志(位莹莹等, 2013; 冀德伟等, 2009)。本研究在低温胁迫后, CREA 含量先下降后上升再下降, 因为胁迫前期银鲳幼鱼通过排泄 CREA 来维持体内正常的新陈代谢, 随着胁迫时间的延长, 对银鲳幼鱼的肾脏和鳃造成了一定的损伤, 使得 CREA 大量积累, 最后适应了新的环境, CREA 含量又恢复到初始数值。这符合冀德伟等(2009)提出的观点, 低温下鱼体血清 CREA 水平升高是温度对实验鱼的肾脏和鳃造成损伤, 而使其对 CREA 的滤过或排泄功能弱化所致。高温组 CREA 含量一直呈现上升趋势, 说明高温胁迫已经对银鲳幼鱼造成了不可逆的损害, 导致其鳃和肾脏的滤过或排泄功能减弱。

本研究在银鲳幼鱼最适生活水温(27℃)的基础上, 分别设置了高温胁迫组和低温胁迫组。研究表明, 急性温度胁迫会对银鲳幼鱼的肝脏、消化系统及排泄器官造成一定的损伤。因此, 在实际生产和集约化养殖过程中, 应尽量避免急性温度胁迫或减少急性温度胁迫的时间来降低银鲳幼鱼的应激反应。

参 考 文 献

- 王晶晶, 刘文斌, 鲁康乐, 等. 吡啶甲酸铬对热应激异育银鲫血清生化指标的影响. 淡水渔业, 2011, 41(2):51-56
- 刘波, 王美圭, 谢骏, 等. 低温应激对吉富罗非鱼血清生化指标及肝脏 HSP70 基因表达的影响. 生态学报, 2011, 31(17): 4866-4873
- 李洁, 黄国强, 张秀梅, 等. 高温—最佳温度循环对褐牙鲆生长、能量分配和身体成分的影响. 水产学报, 2010, 34(8): 91-98
- 李希国, 李加儿, 区又君. 温度对黄鳍鲷主要消化酶活性的影响. 南方水产, 2006, 2(1): 43-48
- 杨汉博, 王峰. 动物消化道脂肪酶研究概述. 饲料广角, 2009(5): 33-35
- 何杰, 强俊, 朱志祥, 等. 两种不同低温应激方法对吉富罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)死亡率、血清皮质醇和天然免疫因子的影响. 海洋与湖沼, 2013, 44(4): 919-925
- 何杰, 强俊, 徐跑, 等. 低温驯化下 4 种不同品系罗非鱼血清皮质醇与免疫相关指标的变化. 中国水产科学, 2014, 21(2): 266-274
- 位莹莹, 徐奇友, 李晋南, 等. 不同蛋白质水平饲料中添加 α -酮戊二酸对松浦镜鲤生长性能、体成分和血清生化指标的影响. 动物营养学报, 2013, 25(12): 2958-2965
- 张铁涛, 张志强, 高秀华, 等. 冬毛生长期公貂对不同蛋白质水平日粮营养物质消化率及氮代谢的比较研究. 动物营养学报, 2010, 22(3): 723-728
- 陈超, 施兆鸿, 薛宝贵, 等. 低温胁迫对七带石斑鱼幼鱼血清生化指标的影响. 水产学报, 2012, 36(8): 1249-1255

- 邵同先, 张苏亚, 康健, 等. 低温环境对家兔血清蛋白、血糖和钙含量的影响. 环境与健康杂志, 2002, 19(5): 379-380
- 罗奇, 区又君, 艾丽, 等. 温度和 pH 对条石鲷幼鱼消化酶活力的影响. 热带海洋学报, 2010, 29(5): 154-158
- 郑元甲, 陈雪忠, 程家骅, 等. 东海大陆架生物资源与环境. 上海: 上海科学技术出版社, 2003, 379-388
- 赵峰, 宋超, 施兆鸿, 等. 野生银鲳幼鱼主要营养成分的测定与分析. 营养学报, 2008, 30(4): 425-426
- 施兆鸿, 马凌波, 高露姣, 等. 人工育苗条件下银鲳仔稚幼鱼摄食与生长特性. 海洋水产研究, 2007, 28(4): 38-46
- 施兆鸿, 王建钢, 高露姣, 等. 银鲳繁殖生物学及人工繁育技术的研究进展. 海洋渔业, 2005, 27(3): 246-250
- 黄金凤, 徐奇友, 王常安, 等. 温度和饲料蛋白质水平对松浦镜鲤幼鱼血清生化指标的影响. 大连海洋大学学报, 2013, 28(2): 185-190
- 梅景良, 马燕梅. 温度和 pH 对黑鲷主要消化酶活性的影响. 集美大学学报(自然科学版), 2004, 9(3): 226-230
- 常玉梅, 匡友谊, 曹鼎臣, 等. 低温胁迫对鲤血液学和血清生化指标的影响. 水产学报, 2006, 30(5): 701-706
- 强俊, 杨弘, 王辉, 等. 急性温度应激对吉富品系尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*) 幼鱼生化指标和肝脏 HSP70 mRNA 表达的影响. 海洋与湖沼, 2012, 43(5): 943-953
- 冀德伟, 李星云, 王天柱, 等. 不同低温胁迫时间对大黄鱼血清生化指标的影响. 水产科学, 2009, 28(1): 1-4
- Coma J, Carrion D, Zimmeman D. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirement of pigs. J Anim Sci, 1995, 73(2): 472-481
- Dadzie BS, Abouls-Seedo F, Al-Qattan E. The food and feeding habits of the silver pomfret *Pampus argenteus*(Euphrasen), in Kuwait waters. J Appl Ichthyol, 2000, 16(2): 61-67
- Gregory TR, Wood CM. The effects of chronic plasma cortisol elevation on the feeding behaviour, growth, competitive ability, and swimming performance of juvenile rainbow trout. Physiol Biochem Zool, 1999, 72(3): 286-295
- Munillá-Moran R, Saborido Rey F. Digestive enzymes in marine species. II. Amylase activities in gut from seabream (*Sparus aurata*), turbot (*Scophthalmus maximus*) and redfish (*Sebastes mentella*). Comp Biochem Phys B, Biochem Mol Biol, 1996, 113 (4): 827-834
- Tort L, Sunyer JO, Gómez E, et al. Crowding stress induces changes in serum haemolytic and agglutinating activity in the gilthead sea bream *Sparus aurata*. Vet Immunol Immunopathol, 1996, 51(1-2): 179-188
- Vijayan MM, Leatherland JF. High stocking density affects cortisol secretion and tissue distribution in brook charr, *Salvelinus fontinalis*. J Endocrinol, 1990, 124(2): 311-318
- Wakeling JM, Cole NJ, Kemp KM, et al. The biomechanics and evolutionary significance of thermal acclimation in the common carp *Cyprinus carpio*. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 2000, 279(2):657-665
- Wang CF, Xie SQ, Zhu XM, et al. Effects of age and dietary protein level on digestive enzyme activity and gene expression of *Pelteobagrus fulvideaco* larvae. Aquaculture, 2006, 254(s1-4): 554-562

(编辑 江润林)

Effects of Temperature Stress on Activities of Digestive Enzymes and Serum Biochemical Indices of *Pampus argenteus* Juveniles

SHI Zhaohong^{1,2}①, XIE Mingmei^{1,2}, PENG Shiming¹, ZHANG Chenjie¹, GAO Quaxin¹

(1. Key Laboratory of East China Sea & Oceanic Fishery Resources Exploitation and Utilization, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090;

2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306)

Abstract To investigate how temperature affects activities of digestive enzymes and serum biochemical indices of *Pampus argenteus* juveniles, in this study we tested their biochemical indices in experimental temperature groups (22°C and 32°C), and the control group (27°C). *P. argenteus* juveniles were randomly assigned to three replicates in each group and reared for 48 h. In the 22°C group, the activities of pepsin and trypsin in the gut showed no significant change ($P>0.05$). However, the amylase activity was decreased whereas the lipase activity was increased ($P<0.05$). In the 32°C group, activities of lipase, pepsin, and trypsin were significantly enhanced ($P<0.05$), but amylase activity was first increased followed by a decline ($P<0.05$). In the 22°C group, the contents of glucose (GLU), lactic acid (LD), and cortisol (COR) were raised ($P<0.05$); the levels of triglyceride (TG) and creatinine (CREA) showed a decrease-increase-decrease pattern ($P<0.05$); the content of total serum protein (TP) dropped first and then went up ($P<0.05$). In the 32°C group, levels of TP and TG were decreased; no significant changes were observed in the GLU level ($P>0.05$); LD decreased first and then increased, whereas COR altered in an opposite way ($P<0.05$); the content of CREA was elevated. There were also significant differences in gut and serum between different experimental temperature groups at the same time point. These results indicated that the acute temperature stress might jeopardize the digestive and excretory systems of *P. argenteus* juveniles, therefore it should be avoided in the process of industrial aquaculture to improve the living condition of *P. argenteus* juveniles.

Key words Temperature stress; *Pampus argenteus* juveniles; Digestive enzymes; Serum biochemical indices

① Corresponding author: SHI Zhaohong, E-mail: shizh@eastfishery.ac.cn