

文章编号: 1674-5566(2009)03-0289-06

盐度对大麻哈鱼幼鱼消化酶及碱性磷酸酶活力的影响

支兵杰¹, 刘伟², 赵春刚², 段莹莹¹

(1 东北农业大学动物科技学院水产养殖系, 黑龙江 哈尔滨 150030;

2 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070)

摘要:以淡水组(盐度 0)为对照,通过对大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta* Walbaum)幼鱼[体重为(26.57±6.32)g 全长为(14.44±1.05)cm]不同盐度(5、10、15、20)下 130 d 的饲养实验,研究了盐度对大麻哈鱼幼鱼消化器官(胃、幽门盲囊、肠和肝脏)中蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶及碱性磷酸酶比活力影响。结果表明:幼鱼在 30 d 时胃和肠中蛋白酶比活力均高于 130 d 时的蛋白酶比活力;实验 30 d 时,胃蛋白酶、淀粉酶比活力各盐度组差异不显著($P > 0.05$),肠蛋白酶比活力在盐度 10 组显著高于 20 组($P < 0.05$);130 d 时,盐度 15 组与 20 组胃蛋白酶比活力差异显著($P < 0.05$),对照组肠蛋白酶比活力显著高于盐度 5、10 和 20 组。对照组幽门盲囊蛋白酶、淀粉酶活力均显示最高。肝中蛋白酶比活力极低,而淀粉酶、脂肪酶比活力均达最高值。碱性磷酸酶活力在盐度 10 的大麻哈鱼幼鱼肠组织中最高。

关键词:大麻哈鱼幼鱼;消化酶;盐度;比活力

中图分类号: S 917 **文献标识码:** A

Effects of salinity on digestive enzyme and alkaline phosphatase activity of young chum salmon (*Oncorhynchus keta* Walbaum)

ZHIBing-jie¹, LIU Wei², ZHAO Chun-gang², DUAN Ying-ying¹

(1. Fisheries Department of Northeast Agriculture University Harbin 150030, China;

2. Heilongjiang River Fisheries Research Institute Chinese Academy of Fishery Sciences Harbin 150070, China)

Abstract: Studies were conducted on the effect of salinity on protease, amylase, lipase and alkali phosphatase activity of young chum salmon (*Oncorhynchus keta* Walbaum) [body weight: (26.57±6.32) g, total length: (14.44±1.05) cm] digestive organs which were stomach, pyloric caeca, intestines and liver. Five different salinities were set which were 0, 5, 10, 15 and 20 respectively, and fish in freshwater served as the control. The adaptative salinity experiments lasted for 130 days and there were triplicates in each treatment. The results showed that stomach and intestinal protease activity of 30 days was higher than that of 130 days in young chum salmon. In 30 days, the activity of stomach protease and amylase had no significant difference ($P > 0.05$) in five salinity groups, intestinal protease activity of 10 group was significantly higher than that of 20 ($P < 0.05$); in 130 days, stomach protease activity of 10 and 15 groups had significant difference ($P < 0.05$), intestinal protease activity of 0 group was significantly higher than that of 5, 10 and 20 ($P < 0.05$).

收稿日期: 2008-10-27

基金项目: 黑龙江省国际合作项目 WB06B16(2006-2008)

作者简介: 支兵杰(1981-), 男, 山东菏泽人, 硕士研究生, 专业方向为鱼类生理学。E-mail: bingjiezh510@yahoo.com.cn

通讯作者: 刘伟, E-mail: liuweil020@yahoo.com.cn

The activities of pyloric caeca protease and amylase were the highest when the salinity was 0. The protease activity of liver was very low, but the activities of liver amylase and lipase were the highest in each salinity. The activity of alkaline phosphatase was the highest when the salinity was 10 in intestinal tissue of young chum salmon.

Key words: young chum salmon; digestive enzymes; salinity; activity

盐度是鱼类生活的重要环境条件,也是影响鱼类生理活动的重要因子之一^[1-2]。盐度变化对鱼类渗透压和代谢有明显影响,可影响鱼类消化酶活性,进而影响食物的消化吸收,最终影响鱼类的生长发育^[3-4]。庄平等^[5]研究了短时间盐度的变化对施氏鲟血液生化指标及消化酶活力的影响。而有关在鱼类生长发育过程中盐度对消化酶活性的影响方面的研究至今报道较少。我国人工增殖放流大麻哈鱼研究已有 50 多年历史,很多学者在大麻哈鱼资源增殖、群体结构及生态保护方面有较多研究^[6-7],但对大麻哈鱼幼鱼生物学研究尚少。幼鱼降河阶段外界环境对其生理、生长和生存状况影响很大^[8],水体盐度对大麻哈鱼消化生理与消化酶适应性影响研究未见报道。我们在人工培育大麻哈鱼幼鱼实验中,研究了幼鱼生长过程消化酶活力随盐度的变化情况,探讨了幼鱼消化酶系统对盐度的适应性,为大麻哈鱼在淡水中或低盐度水中培育、幼鱼洄游生态生理和驯化养殖积累实验数据和研究资料。

1 材料与方法

1.1 实验鱼的饲养

实验用大麻哈鱼苗来自东宁放流站,带水充氧运回实验室,饲养在 5 组 3 个重复循环控温水族箱(30 cm×40 cm×50 cm)内,待达到一定规格时开始实验。水源为地下水,经充分曝气后,用过滤器净化、紫外线杀菌处理。实验期间各组水温控制在(17±1.5)℃,用 Na₂CO₃ 调节 pH(7.2±0.5),充气增氧,保持水中溶氧在 7.8 mg/L 以上。日投喂 2 次,分别在 8:00 和 16:00,日投饵量为鱼体重的 2.5%~3.0%,投喂 30 min 后吸去水中残饵。定时排污,更换滤布,每周换水 1 次,换水量为总容积的 35%,并测水温、pH、溶氧等水质条件,保证各实验组条件基本一致。

1.2 实验设计

实验设 5 个盐度组,盐度分别是 0、5、10、15 和 20。盐度调节用地下水加海水素配制而成,用盐度计测定。每组各设 3 个平行,每一平行放养 20 尾,每组 60 尾鱼。按鱼体大小接近和健康原则,随机分配放入各组。大麻哈鱼幼鱼初始体重为(26.57±6.32)g,全长为(14.44±1.05)cm。盐度在 2 周内逐渐加到实验各组盐度,到达实验盐度后饲养 30 d 取样一次,每缸取样 8 尾,每组采 24 尾,采样时鱼体重(77.72±15.73)g,全长(18.62±1.14)cm;继续饲养 100 d 第二次采样,采样数量同上,鱼体重(138.24±9.95)g,全长(26.59±0.57)cm。实验期间,各组鱼生长正常,均未出现死亡现象。

1.3 样品制备

采样前 24 h 停食。各实验组每缸随机取 8 尾鱼。将实验鱼脊椎处死,在冰盘上解剖,取出全部消化器官,剔除脂肪,分别将肠道、胃、幽门盲囊(第一次未采集)和肝脏称重,剪开胃和肠道,用预冷重蒸水快速冲洗,并用脱脂棉小心擦干,将获得的样品放入 -20℃ 冰箱保存。测定时,先在 4℃ 冰箱里将组织解冻,再在冰盘内将样品剪碎,加入 9 倍体积的预冷重蒸水,用 FSH II 高速组织匀浆机,低温下匀浆,以 3 500 r/min 离心 10 min,所得上清液即为消化酶样品,置于 4℃ 冰箱中保存待用,24 h 内完成所有酶活性指标的测定。脂肪酶测定时用 0.86% 生理盐水,加入 4 倍体积稀释,匀浆,碱性磷酸酶为 1% 的组织匀浆液。在解剖取样过程中用精密 pH 试纸测定 pH,测得胃 pH 为 1.5~2.0,肠道 pH 为 8.0~9.0,幽门盲囊 pH 为 7.0~8.0。

1.4 酶活力测定

1.4.1 消化酶

胃蛋白酶采用福林酚试剂法^[9]。在 pH 9.8(测定胃蛋白酶时 pH 为 2.6)、底物酪蛋白质量浓度为 1.0 mg/mL 条件下,在 37℃ 温浴 15 min 以酶液 1 min 水解干酪素产生 1 μg 酪氨酸作为一个酶活力单位(U)。

淀粉酶采用以可溶性淀粉为底物的 3,5-二硝基水杨酸显色法。在 pH 6.9 和 25℃ 水浴条件下,以酶液 1 min 内水解淀粉生成 1 μg 麦芽糖的酶量为一个酶活力单位(U)。

脂肪酶测定用南京建成生物工程公司生产的试剂盒进行检测。在 37℃,每毫克组织蛋白在本反应体系中与底物反应 1 min 每消耗 1 μmol 底物为一个酶活力单位(U)。

1.4.2 碱性磷酸酶

用南京建成生物工程研究所研制的试剂盒来测定。在 37℃,每克组织蛋白与基质作用 15 min 产生 1 mg 酚为一个酶活力单位(U)。

1.4.3 蛋白浓度与酶活单位

总蛋白测定方法:酶液蛋白含量以牛血清蛋白为标准,用双缩脲法测定^[10]。

酶液中蛋白质的含量酶活性以比活力表示,比活力=酶活力/蛋白含量 [U/(mg·prot)]^[11]。

1.5 数据统计分析

实验数据用(平均值±标准误差)表示,并利用 SPSS 11.5 版统计分析软件和 Excel 2003 统计分析,在单因子方差分析(ANOVA)的基础上采用 Duncan 氏多重比较法检验组间是否存在显著差异, P < 0.05 认为存在显著性差异。

2 结果与分析

2.1 蛋白酶

盐度对大麻哈幼鱼蛋白酶比活力的影响见表 1。在同一盐度下,30 d 时胃和肠道蛋白酶比活力,高于 130 d 时的蛋白酶比活力。30 d 时,胃蛋白酶比活力最高值出现在盐度 20,胃蛋白酶比活力在 5 个实验盐度下差异不显著(P > 0.05);肠道蛋白酶比活力最高值在盐度 10,肠道中的蛋白酶比活力在盐度 10 与盐度 20 之间差异显著(P < 0.05);在盐度 0~15,肠蛋白酶比活力稍高于胃蛋白酶比活力;在盐度 0、5 和 20 下,肝脏中的蛋白酶比活力很低,其它盐度下未测出活性。在 130 d 时,在同一盐度下,胃蛋白酶比活力高于肠和幽门盲囊蛋白酶比活力,且胃蛋白酶比活力最高值出现在盐度 20,而肠和幽门盲囊蛋白酶比活力最高值均在盐度 0,胃蛋白酶比活力在盐度 15 与 20 之间差异显著(P < 0.05),肠蛋白酶比活力在盐度 0 与 5、10、20 之间差异显著(P < 0.05);幽门盲囊蛋白酶比活力在盐度 0 与 10 之间差异显著(P < 0.05);肝脏蛋白酶比活力未检出;在各盐度下蛋白酶比活力高低顺序依次为:胃 > 幽门盲囊 > 肠 > 肝。

表 1 盐度对大麻哈鱼幼鱼蛋白酶比活力的影响(平均值±标准差)

Tab 1 Effect of salinity on protease specific activity in young chum salmon (Mean±SD)

盐度	U/(mg·prot)							
	胃蛋白酶比活力		肠蛋白酶比活力		肝脏蛋白酶比活力		幽门盲囊蛋白酶比活力	
	30 d	130 d	30 d	130 d	30 d	130 d	130 d	
0	34.65±14.13	17.43±0.15 ^{bc}	35.6±13.46 ^{bc}	15.97±10.66 ^a	0.34±0.04	—	17.36±12.69 ^a	
5	25.28±12.3	16.78±4.64 ^{bc}	27.23±3.83 ^{bc}	5.5±4.42 ^b	0.12±0.83	—	12.8±2.98 ^{ab}	
10	33.72±2.73	15.62±9.84 ^{bc}	37.97±15.62 ^b	3.73±2.96 ^b	—	—	6.72±4.5 ^b	
15	26.92±16.62	14.52±3.91 ^b	31.7±16.58 ^{bc}	8.12±4.38 ^{ab}	—	—	9.65±2.65 ^{ab}	
20	41.01±8.38	27.84±10.25 ^c	13.41±6.23 ^c	5.6±1.9 ^b	0.16±0.11	—	9.79±3.92 ^{ab}	

注:同一列上方参数有一个字母相同则无显著差异(P > 0.05),反之,则有显著差异(P < 0.05),“—”表示未测出活性,表 2、3 4 同此。

2.2 淀粉酶

盐度对大麻哈鱼幼鱼淀粉酶比活力的影响见表 2。盐度对大麻哈鱼幼鱼淀粉酶比活力的影响较小,在同一时间段,同一组织除幽门盲囊外在实验盐度下淀粉酶比活力差异不显著 ($P > 0.05$)。肝脏的淀粉酶比活力最高,而且肝脏的淀粉酶比活力在 30 d 时低于 130 d 时的淀粉酶比活力,在 30 d 和 130 d 时,肝脏淀粉酶比活力最高值分别在盐度 10 和 15。而胃和肠道淀粉酶比活力在 30 d 时高于 130 d 时淀粉酶比活力,其淀粉酶比活力最高值分别在盐度 20 和 0。幽门盲囊淀粉酶比活力最高值在盐度 0,在盐度 0 与其它盐度差异显著 ($P < 0.05$)。

表 2 盐度对大麻哈鱼幼鱼淀粉酶活力的影响
Tab 2 Effect of salinity on amylase specific activity in young chum salmon U/(mg·prot)

盐度	胃淀粉酶比活力		肠淀粉酶比活力		肝脏淀粉酶比活力		幽门盲囊淀粉酶比活力
	30 d	130 d	30 d	130 d	30 d	130 d	130 d
0	4.78±1.18	—	2.46±0.92	1.57±0.71	23.02±13.85	30.57±5.36	3.49±2.68 ^a
5	5.37±3.09	0.78±0.75	1.78±0.25	1.16±0.84	17.8±5.79	29.45±11.72	1.31±0.72 ^b
10	6.84±1.32	1.47±0.71	0.92±0.21	0.44±0.21	24.09±3.23	35.22±14	1±0.4 ^b
15	3.91±1.88	—	1.93±0.68	1.38±1.24	16.4±5.08	35.92±16.32	1.22±0.77 ^b
20	7.11±2.2	1.72±1.14	1.71±0.32	1.25±0.9	22.02±6.69	24.56±5.84	1.15±1 ^b

2.3 脂肪酶

盐度对大麻哈鱼幼鱼脂肪酶活力的影响见表 3。肝脏脂肪酶活力在所有测定组织中最高,在 30 d 时,脂肪酶比活力在盐度 5、10 与 20、15、0 之间差异显著 ($P < 0.05$),在盐度 20、15 与 0 之间也存在显著性差异 ($P < 0.05$),肝脏脂肪酶比活力最高值在盐度 0,在 130 d 时,肝脏中的脂肪酶比活力随盐度变化差异不明显 ($P > 0.05$);肠道脂肪酶比活力较高,在 30 d 时,最高值在盐度 20,各实验盐度组之间差异不显著 ($P > 0.05$),在 130 d 时,肠道脂肪酶在盐度 5、10 与 0、15 间差异显著 ($P < 0.05$),而 0 与 20 间差异明显 ($P < 0.05$);胃脂肪酶比活力在盐度 0~15 范围,30 d 与 130 d 酶比活力差别较大,在 30 d 时脂肪酶比活力高于 130 d 时的脂肪酶比活力,在 30 d 时,盐度 5 与 10 间差异显著 ($P < 0.05$),而在 130 d 盐度 20 时脂肪酶比活力显著高于其它盐度 ($P < 0.05$);在盐度 0、5、15 和 20 时,同阶段测定脂肪酶比活力大小顺序为肝脏 > 肠 > 胃。在 130 d 时,幽门盲囊脂肪酶比活力在盐度 15 时最低,但各盐度组差异不显著 ($P > 0.05$);在盐度 0 和 15 时,脂肪酶比活力高低顺序为肝脏 > 肠 > 幽门盲囊 > 胃。

表 3 盐度对大麻哈鱼幼鱼脂肪酶比活力的影响
Tab 3 Effect of salinity on lipase specific activity in young chum salmon U/(mg·prot)

盐度	胃脂肪酶比活力		肠脂肪酶比活力		肝脏脂肪酶比活力		幽门盲囊脂肪酶比活力
	30 d	130 d	30 d	130 d	30 d	130 d	130 d
0	13.63±2.24 ^{ab}	5.52±0.45 ^a	24.14±3.49	19.19±3.05 ^a	61.72±9.57 ^a	27.19±6.99	17.11±2.91
5	11.35±3.29 ^a	7.92±2.01 ^a	13.68±1.96	8.12±2.31 ^b	29.26±8.83 ^b	32.2±9.14	16.28±2.74
10	24.8±5.22 ^b	7.14±2.49 ^a	23.22±2.45	7.29±2.16 ^b	32.91±6.1 ^b	27.24±5.43	14.84±3.11
15	13.87±3.6 ^{ab}	5.25±0.76 ^a	21.07±4.37	16.43±3.07 ^{ac}	46.94±5.55 ^c	29.93±7.84	12.09±1.14
20	21.84±4.69 ^{ab}	19.97±1.87 ^b	27.25±5.39	12.52±2.62 ^{bc}	46.38±5.77 ^c	34.08±7.59	17.18±1.9

2.4 碱性磷酸酶

盐度对大麻哈鱼幼鱼碱性磷酸酶比活力的影响见表 4。在各盐度实验阶段,胃中的碱性磷酸酶比活力最低,在 30 d 时,胃中碱性磷酸酶比活力在盐度 10 与 15 间差异显著 ($P < 0.05$),而在 130 d 时,胃中碱性磷酸酶比活力在各实验盐度下差异不显著 ($P > 0.05$);在同一盐度下,30 d 时胃和肠道中的碱性磷酸酶比活力高于 130 d 时的酶比活力;在 30 d 时,盐度 10 组中的肠道碱性磷酸酶比活力在所有组织中最高,而在 130 d 时,肠道碱性磷酸酶比活力最高值在盐度 0,在盐度 5、10、20 与 0、15 之间差异

显著 ($P < 0.05$), 在盐度 0 与 15 差异也显著 ($P < 0.05$); 盐度对肝脏碱性磷酸酶比活力在同一阶段影响较小, 在 30 d 和 130 d 时碱性磷酸酶在各个盐度组差异不显著 ($P > 0.05$); 在 130 d 时, 幽门盲囊碱性磷酸酶比活力在盐度 5~20 时呈下降趋势, 最高值出现在盐度 5, 且在盐度 0、5、10 与 15、20 之间差异显著 ($P < 0.05$)。

表 4 盐度对大麻哈鱼幼鱼碱性磷酸酶比活力的影响

Tab 4 Effect of salinity on alkaline phosphatase specific activity in young chum salmon

盐度	U/(g·prot)						
	胃碱性磷酸酶比活力		肠碱性磷酸酶比活力		肝脏碱性磷酸酶比活力		幽门盲囊碱性磷酸酶比活力
	30 d	130 d	30 d	130 d	30 d	130 d	130 d
0	26.04±5.35 ^{ab}	8.32±1.93	322.43±13.31	299.34±8.9 ^a	217.31±17.31	277.32±13.32	202.04±7.05 ^a
5	21.94±3.61 ^{ab}	11.13±3.18	229.86±10.38	128.87±6.7 ^b	167.62±4.26	194.03±12.64	224.41±8.97 ^a
10	39.07±6.1 ^a	13.1±3.21	427.24±15.36	91.59±3.41 ^b	234.53±14.7	179.27±9.22	201.01±12.4 ^a
15	16.48±1.82 ^b	10.41±2.28	332.23±11.58	228.97±4.6 ^c	192.98±12.33	189.94±10.9	102.42±8.51 ^b
20	24.51±4.69 ^{ab}	16.55±2.58	212.46±9.17	134.99±9.12 ^b	208.59±19.68	245.9±16.54	99.08±8.49 ^b

3 讨论

3.1 盐度对鱼类消化酶的影响

盐度对鱼类生理活动的影响是多方面的, 对其消化酶活性作用的影响也不同。Fang 等^[12]认为鱼体肠道中的蛋白酶活力随着盐度的不同会发生变化, 但鱼类可以通过产生同工酶保持正常的消化水平。对于海水鱼类, 生存环境中具有相对较高的盐度水平, 消化酶的活力与盐度的升高一般呈正相关。陈品键等^[13]在不同盐度水体中培育真鲷 (*Pagrosomus major*) 时发现, α 淀粉酶、蛋白酶和脂肪酶比活力在不同盐度下的变化趋势是一致的, 当盐度为 25 时, 比活力最大, 且盐度对真鲷脂肪酶活力影响最大。汤鸿^[14]研究了鲈鱼 (*Scamber japonicus*) 幽门垂的羧酸酯酶在 Co^{+} 存在下, 可促使活性提高 25.5%。可见某些海水中特有元素会影响消化道的内环境, 从而影响消化酶活性。关于盐度对淡水种类的影响作用研究较少, 庄平等^[5]发现高盐度 (25) 组施氏鲟幼鱼消化酶的活力均低于低盐度组, 认为 pH 值及无机离子直接对酶产生作用是盐度影响消化酶活力的主要原因。而对洄游性鱼类, 尤其是具有广盐性生理机制的太平洋鲑鱼类, 盐度作用表现出的结果相当复杂, 且有较大的个体差异^[15]。

本实验发现, 胃蛋白酶比活力在盐度 15 以上时明显上升, 而肠和幽门盲囊蛋白酶比活力随盐度升高呈下降趋势, 这可能与大麻哈鱼本身的遗传和水环境有关。大麻哈鱼是溯河洄游性肉食鱼类, 在自然条件下, 从幼鱼开始直到性成熟这个阶段都在海洋中生活, 生活的水环境都是高盐度 (32.5 左右) 水域, 具有对海水环境适应的遗传基础。虽然幼鱼鳃等器官对水中离子有过滤作用, 但是随着其摄食大量的食物, 盐水随食物进入胃中, 由于某些金属离子是胃蛋白酶的激活剂, 引起蛋白酶活力的升高, 而经过胃的过滤, 进入肠和幽门盲囊中的离子种类就很少, 所以这两个器官蛋白酶活力受盐度影响较小。实验发现, 大麻哈鱼胃脂肪酶比活力在盐度 20 时最高。说明水中离子浓度影响脂肪酶比活力, 这与陈品键等^[13]对真鲷幼鱼的研究结果相近。

肝脏具有很高的淀粉酶活力, 这可能有两方面的原因, 一是肝脏可能是分泌淀粉酶的主要器官; 其次可能与适宜的离子浓度对肝脏淀粉酶的激活有关, 这与田相利等^[11]研究的盐度对半滑舌鳎幼鱼消化酶的影响结果相一致。

3.2 大麻哈鱼幼鱼消化生理的适应

盐度对大麻哈鱼各项生理活动有很大的影响。本实验 30 d 时大麻哈鱼幼鱼消化酶活性大都高于 130 d 时, 表现出实验前后期消化酶活性有较大差异。说明大麻哈鱼幼鱼在早期发育阶段已具有很强摄食消化能力, 消化生理机能已基本完善, 可以适应降河入海的迁移需要; 同时实验 30 d 时, 在盐度 15

以下胃肠道消化酶活力大多处于波动状态,可以认为,在此阶段大麻哈幼鱼处于对水环境盐度变化或离子浓度作用的应激和适应时期。在 130 d时,发现盐度对蛋白酶活力的影响均有明显变化,胃蛋白酶在盐度 20时表现出高活力,而肠道和幽门盲囊蛋白酶比活力分别在盐度 0时达最大值,肝脏蛋白酶很弱。可见,盐度对大麻哈幼鱼不同消化器官蛋白酶活力的影响在实验后期是不同的,显现出一定生理适应特力,后期肝的生理功能亦恢复稳定状态。肝脏淀粉酶比活力在 30 d和 130 d时最高值分别出现在盐度 10和 15。有学者认为在 10, 15盐度下,鱼类代谢能量消耗较大,故肝脏分解淀粉增强以补充体能的需要^[16]。肠道和胃脂肪酶比活力在盐度 20时出现较大和最大值,体现出消化系统各个消化器官之间互补与协作关系^[17]。

碱性磷酸酶在鱼类营养的吸收与利用中发挥着重要的作用^[18]。但是碱性磷酸酶在鱼类体内的确切功能及其生理作用尚不清楚^[19-20]。本研究结果显示,实验 30 d时不同盐度下胃和肠道碱性磷酸酶的活力均高于 130 d时,与消化酶活性变化规律基本一致。

本实验设定的盐度在 0~20,大麻哈鱼幼鱼对高盐度的生理适应情况还有待进一步研究。

4 结论

大麻哈鱼幼鱼胃、幽门盲囊、肠道和肝脏中的消化酶和碱性磷酸酶在不同盐度和不同生长阶段其活力大小不同,胃和肠道中脂肪酶、碱性磷酸酶和蛋白酶比活力在 30 d时高于 130 d时。高盐度下大麻哈鱼胃的消化能力增强,而肠道和幽门盲囊在淡水中具有较高的消化酶活性,消化机能存在互补性,这可能是淡水广盐性大麻哈鱼类的消化特点之一。在培育大麻哈鱼幼鱼和研制其配合饲料时应依据此消化生理进行环境控制和营养调控。

参考文献:

- [1] 李明德. 鱼类生理学 [M]. 天津:天津科技翻译出版社, 1990.
- [2] 沈国英, 施炳章. 海洋生态学 [M]. 厦门:厦门大学出版社, 1990. 45-54.
- [3] 李希国, 李加儿, 区又君. 盐度对黄鳍鲷幼鱼消化酶活性的影响及消化酶活性的昼夜变化 [J]. 海洋水产研究, 2006, 27(1): 40-45.
- [4] 王云峰, 朱鑫华. 盐度对鱼类生态生理学特征的影响 [J]. 海洋科学集刊, 2002, 44: 151-158.
- [5] 庄平, 章龙珍, 田宏杰, 等. 盐度对施氏鲟幼鱼消化酶活力的影响 [J]. 中国水产科学, 2008, 15(2): 198-203.
- [6] 董崇智, 赵春刚, 王金, 等. 乌苏里江大麻哈鱼的溯河生殖群体结构 [J]. 中国水产科学, 1999, 6(3): 5-9.
- [7] 战培荣, 刘永, 卢玲, 等. 乌苏里江大麻哈鱼洄游通道环境质量初步评价 [J]. 黑龙江水产, 2002, 6: 35-36.
- [8] 刘伟, 潘伟志, 陈军, 等. 秋大麻哈幼鱼在淡、咸水中的培育与生长 [C]. 水产科技论坛, 2007, 183.
- [9] 潘青鲁, 王克行. 中国对虾幼体消化酶活力的实验研究 [J]. 水产学报, 1997, 21(1): 26-31.
- [10] 中山大学生物系. 生化技术导论 [M]. 北京:科学出版社, 1979. 42-54.
- [11] 田相利, 任晓伟, 董双林, 等. 温度和盐度对半滑舌鲷幼鱼消化酶活性的影响 [J]. 中国海洋大学学报, 2008, 38(6): 895-901.
- [12] Fang L S, Chiou S F. Effect of salinity on the activities of digestive protease from the tilapia fish *Oreochromis niloticus* in different culture environment [J]. *Comp Biochem Physiol* 1989, 93A: 439-443.
- [13] 陈品健, 王重刚, 郑森林. 盐度影响真鲷幼鱼消化酶活力的研究 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 1998, 37(5): 754-756.
- [14] 汤鸿, 锯缘青蟹胚胎和幼体消化酶与碱性磷酸酶活力的实验研究 [D]. 厦门大学海洋系博士论文集, 1995.
- [15] 尾崎久雄. 鱼类消化生理 (下) [M]. 李爱杰, 沈宗武, 译. 上海:上海科学技术出版社, 1985: 548-551.
- [16] Munilla Moran R, Saborido Rey F. Digestive enzymes in marine species II Amylase activities in gut from seabream (*Spinus aurata*), turbot (*Scophthalmus maximus*) and redfish (*Sebastes mentella*) [J]. *Comp Biochem Physiol* 1996, 113B (4): 827-834.
- [17] 叶继丹, 卢彤岩, 刘洪柏, 等. 六种鲟鱼消化酶活力的比较研究 [J]. 水生生物学报, 2003, 27(6): 590-595.
- [18] 王宏田, 徐永立, 张培军. 假雄牙鲈消化器官中碱性磷酸酶比活性的研究 [J]. 海洋科学集刊, 2001, 43: 157-160.
- [19] Narisawa S, Hofman M C, Ziomek C A, et al. Embryonic alkaline phosphatase is expressed at M phase in the spermatogenic lineage of the mouse [J]. *Development* 1993, 118: 1-7.
- [20] Polsta K, Bakker W W, Klok P A, et al. Dephosphorylation of endotoxin by alkaline phosphatase in vivo [J]. *Am J Pathol* 1997, 151(4): 1163-1169.