

银鲳不同消化器官中消化酶活性的分布及其比较

周健恺¹, 徐善良^{2*}, 邱成功¹, 方增冰¹, 陈 萃¹

(1. 宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211; 2. 宁波大学 应用海洋生物技术教育部重点实验室, 浙江 宁波 315211)

摘要: 为了解野生与养殖条件下银鲳不同消化器官中消化酶活性的分布, 比较研究了野生银鲳成鱼和养殖银鲳幼鱼的消化酶(蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶)活性。结果表明: (1)成鱼胃中蛋白酶活性最大, 为 $0.47 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$, 侧囊中蛋白酶活性最小, 仅有 $0.05 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$; 成鱼肝中淀粉酶活性最大, 为 $0.08 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$, 直肠最小, 为 $0.01 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$; 肝的脂肪酶活性最大, 为 $10.63 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$, 中肠最小, 肝脂肪酶活性约为中肠的 9 倍。(2)幼鱼三种消化酶活性均为: 胃>肝>侧囊, 且银鲳幼鱼各消化酶活性总体上高于成鱼, 幼鱼胃中蛋白酶活性、淀粉酶活性、脂肪酶活性分别约为成鱼胃的 3 倍、12 倍和 1.5 倍。(3)银鲳成鱼和幼鱼的 A/P 值都小于 1, 且幼鱼各消化器官的 A/P 值都大于成鱼, A/P 值结果表明银鲳为偏肉食性鱼类, 野生的成鱼比养殖的幼鱼更适应肉食性。此外, 研究还发现银鲳的脂肪酶活性明显高于许多常见海水性鱼类, 推断其对脂肪的利用效率较高, 可以考虑在银鲳饲料的配制时适当提高饲料中脂肪的比例。

关键词: 银鲳; 成鱼; 幼鱼; 消化酶; 活性分布

中图分类号: S917.4

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2014) 04-0001-06

银鲳(*Pampus argenteus*)隶属鲈形目(Perciformes), 鲳科(Stromateidae), 鲳属(*Pampus*), 俗称车片鱼、白鲳、鲳鱼等, 为近海暖温性鱼类, 生长快、个体大、肉质细嫩鲜美, 广泛分布于我国沿海、波斯湾、阿拉伯海和印度洋等地区, 具有很高的经济价值^[1]。近年来, 由于过度捕捞, 其资源量已显著降低^[2], 因此, 迫切需要发展银鲳的人工养殖, 然而, 银鲳饲料问题一直是银鲳养殖过程中遇到的一个瓶颈, 也是当前的研究热点之一。从研究银鲳的消化生理入手, 是解决这一难题的途径之一。

消化酶活性是反映鱼类消化生理机能的一项重要指标, 也是配合饲料研制的科学依据。国内外对鱼类消化酶活性的研究报道较多^[3-5]。但是, 目前对银鲳的研究主要还是集中在对其营养成分分析^[6-8]、银鲳繁殖生物学等方面^[9-11], 对银鲳消化酶的研究也有涉及^[12-13], 但尚未见其成鱼与幼鱼消化酶的比较。有研究认为对幼鱼和成鱼消化酶活

性差异的研究有助于了解鱼类摄食、消化器官的发育, 以及解决从幼鱼到成鱼养殖生产中的饲料配制和投饲等问题^[14]。因此, 笔者以银鲳野生成鱼和养殖幼鱼为实验材料, 比较了银鲳成鱼和幼鱼的消化酶在不同消化器官中的活性, 旨在了解两者间的差异, 为银鲳配合饲料研制及优化养殖投饲技术提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

银鲳成鱼于 2012 年 8 月捕获于浙江舟山海域(N29°30', E122°30'), 取样 5 尾, 平均体长(18.1 ± 2.8) cm, 平均体重(213.7 ± 9.4) g。在船上直接进行活体解剖, 于冰盘上将其消化系统的各个部分(侧囊、食道、胃、盲囊、中肠、后肠、肝)逐一仔细分离, 用预冷的生理盐水反复冲洗后存入离心管, 超低温保存在液氮罐中待测。

收稿日期: 2013-03-05.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家海洋局海洋公益性行业科研专项(201105009-3); 国家星火计划引导项目(S2013C220066); 宁波市重大攻关项目(2012C10020)。

第一作者: 周健恺(1990—), 男, 浙江绍兴人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 海水鱼类健康养殖。E-mail: zjk084775840@163.com

*通信作者: 徐善良(1962—), 男, 浙江舟山人, 副研究员, 主要研究方向: 海洋生物学。E-mail: xushanliang@nbu.edu.cn

银鲳幼鱼饲养于浙江省海洋水产养殖研究所洞头基地, 取样 50 尾, 平均体重(2.61 ± 1.05) g, 平均体长(4.70 ± 0.22) cm. 养殖水温为 $25 \sim 27^\circ\text{C}$, 每天投饵 3 次, 饲料为“鱼宝”饲料和马鲛鱼鱼肉按 1:1 配制而成. 经测定, 饲料干物质中含粗脂肪 6.4%, 粗蛋白 61.93%, 灰分 13.02%, 幼鱼采样前 1 d 停食. 由于幼鱼尚小, 肠道较难完整分离, 仅分离测定侧囊、胃和肝 3 个组织, 其他取样方法同上, 也放入液氮罐中低温保存.

1.2 酶液制备

将用液氮保存的银鲳成鱼和幼鱼的消化器官组织分别取出, 于低温下解冻, 用预冷的生理盐水冲净, 然后加入 4 倍体积预冷生理盐水, 匀浆后用冷冻离心机于 4°C , $2500 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 条件下离心 10 min, 取上清液置于 4°C 下保存, 24 h 内测定完毕.

1.3 酶活力测定

1.3.1 蛋白酶

采用福林-酚试剂法^[15]测定蛋白酶. 在 pH 7.5 和底物酪蛋白质量浓度为 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的反应条件下, 40°C 水浴 20 min, 以酶液每 1 min 内水解酪蛋白产生 $1 \mu\text{g}$ 酪氨酸作为 1 个酶活力单位(U).

1.3.2 淀粉酶

采用碘-比色法^[16]测定淀粉酶. 在 37°C 水浴和 pH 7.5 的反应条件下反应 7.5 min, 以酶液每 1 min 内水解淀粉产生 $1 \mu\text{g}$ 葡萄糖作为 1 个淀粉酶活力单位(U).

1.3.3 脂肪酶

采用聚乙烯醇橄榄油乳化液水解法^[15]测定脂肪酶. 在 pH 7.5 和 30°C 水浴的反应条件下, 以酶液每 1 min 水解脂肪产生 $1 \mu\text{g}$ 脂肪酸作为 1 个酶活力单位(U).

1.4 鱼类 A/P 值

A/P 值为淀粉酶比活力/蛋白酶比活力的值, 其可作为鱼类摄食食性和营养状况的指标来指导投饵^[17].

1.5 数据处理

采用 SPSS 13.0 软件对测定所得数据进行单因素方差分析(One-Way ANOVA), 用 Duncan 氏多重比较法分析各组间的差异显著性. 描述性统计结果用平均值 $\pm$ 标准差(mean $\pm$ SE)表示, $P < 0.05$ 表示具有显著性差异.

2 结果与分析

2.1 成鱼消化酶活性的分布

2.1.1 蛋白酶活性分布

银鲳成鱼各消化器官中蛋白酶活性分布如图 1 所示. 蛋白酶活性胃中最大, 为 $0.47 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$, 侧囊最小, 仅有 $0.05 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$, 显著低于其他部位($P < 0.05$), 胃蛋白酶活性约为侧囊的 10 倍; 蛋白酶活性依次为胃>中肠>幽门盲囊>食道>直肠>肝>侧囊; 胃和中肠的蛋白酶活性显著大于其他 5 个组织($P < 0.05$), 食道、肝、盲囊和直肠四者之间差异不显著($P > 0.05$).

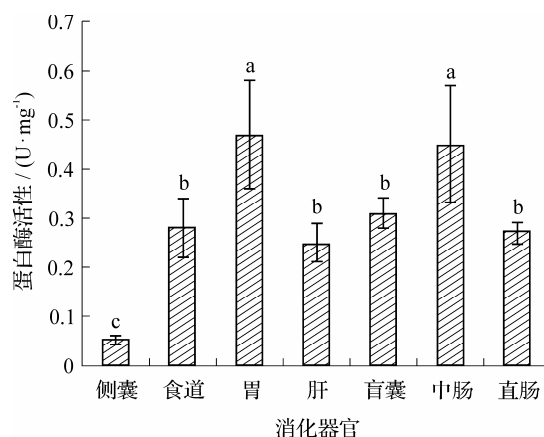


图 1 银鲳成鱼不同消化器官的蛋白酶活性

2.1.2 淀粉酶活性分布

银鲳成鱼各消化器官的脂肪酶活性依次为: 肝>中肠>食道>胃>盲囊>侧囊>直肠(图 2), 肝的淀粉酶活性最大, 为 $0.08 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$, 显著大于其他消化器官的淀粉酶活性; 直肠淀粉酶活性最小, 为 $0.01 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$, 显著小于其他消化器官($P < 0.05$), 食道、

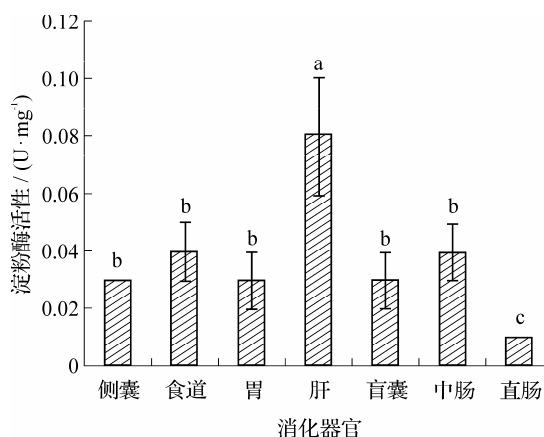


图 2 银鲳成鱼不同消化器官的淀粉酶活性

侧囊、胃肝、盲囊、中肠之间无显著性差异($P>0.05$).

2.1.3 脂肪酶活性分布

脂肪酶活性在银鲳成鱼各消化器官的分布如图3所示, 依次为: 肝>盲囊>胃>食道>侧囊>直肠>中肠. 肝的脂肪酶活性最大为 $10.63 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$, 中肠最小为 $1.22 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$, 肝的脂肪酶活性约为中肠的9倍; 胃、肝和盲囊的脂肪酶活性均显著大于其他消化器官($P<0.05$), 但三者间无显著性差异.

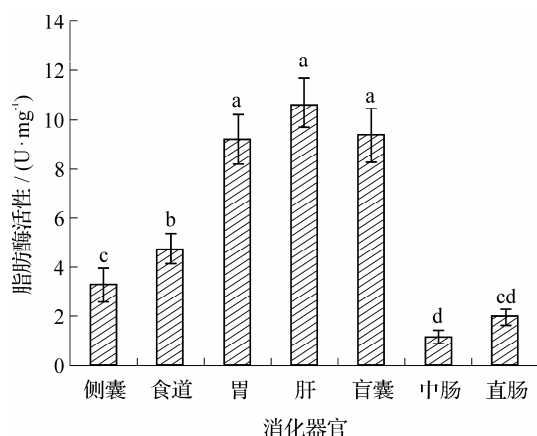


图3 银鲳成鱼不同消化器官的脂肪酶活性

2.2 幼鱼消化酶活性的分布

2.2.1 蛋白酶的活性分布

银鲳幼鱼各消化器官的蛋白酶活性依次为: 胃>肝>侧囊(图4), 分别为 $1.37 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ 、 $0.43 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ 和 $0.36 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$, 胃的蛋白酶活性显著大于肝和侧囊($P<0.05$).

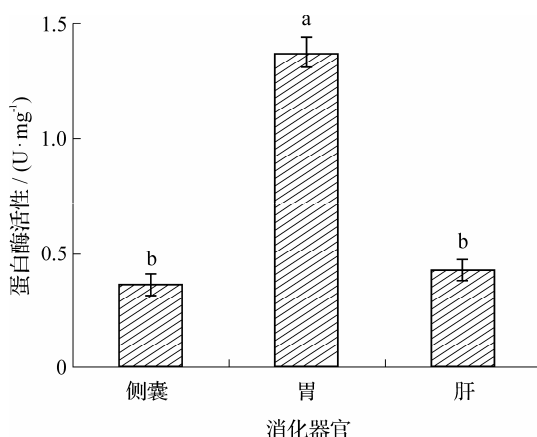


图4 银鲳幼鱼不同消化器官的蛋白酶活性

2.2.2 淀粉酶的活性分布

银鲳幼鱼各消化器官的淀粉酶活性依次为胃>肝>侧囊(图5), 分别为 $0.36 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ 、 $0.31 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ 和

$0.28 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$, 三者之间有显著性差异($P<0.05$).

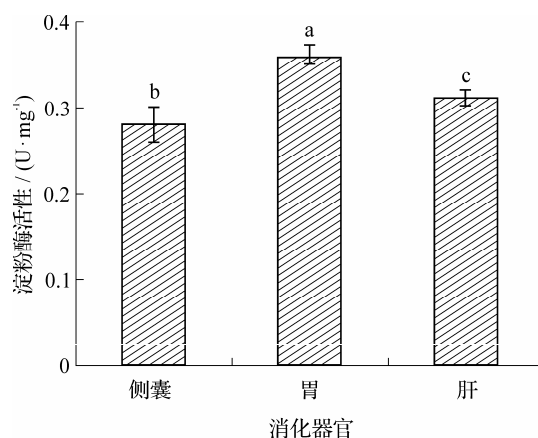


图5 银鲳幼鱼不同消化器官的淀粉酶活性

2.2.3 脂肪酶的活性分布

银鲳幼鱼各消化器官的脂肪酶活性依次为胃>肝>侧囊(图6), 分别为 $12.60 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ 、 $11.63 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ 和 $9.18 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$, 侧囊脂肪酶活性显著小于胃和肝($P<0.05$).

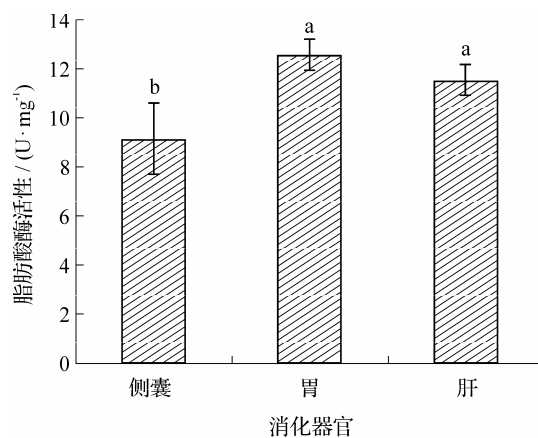


图6 银鲳幼鱼不同消化器官的脂肪酶活性

2.3 银鲳成鱼与幼鱼 A/P 值比较

银鲳成鱼与幼鱼各消化器官的 A/P 值见表1, 由表中可见, 银鲳成鱼和幼鱼各消化器官的 A/P 值都小于1; 此外, 幼鱼各个消化器官的 A/P 值都大于成鱼, 其中幼鱼胃的 A/P 值约为成鱼胃的4倍, 幼鱼肝的 A/P 值约为成鱼的2倍.

3 讨论

3.1 银鲳消化酶活性的分布特点

不同鱼类其分泌蛋白酶的部位和形式不同, 杨金海等^[18]研究发现长鳍篮子鱼(*Siganus cana-*

表1 银鲳成鱼与幼鱼不同消化器官的A/P值

器官	侧囊	食道	胃	肝	盲囊	中肠	直肠
成鱼	0.60	0.14	0.06	0.32	0.10	0.09	0.04
幼鱼	0.78	—	0.26	0.72	—	—	—

liculatus)肠道蛋白酶活性明显高于肝脏,而倪寿文等^[19]则发现草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)、鲤(*Cyprinus carpio*)肝胰脏蛋白酶活性明显高于肠道。本研究结果表明,银鲳成鱼和幼鱼皆表现为胃中蛋白酶活性最高,而肝脏中蛋白酶活性却很低,这与对卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*)^[14]、大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)^[20]、牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)^[21]消化酶研究得出的结果一致,说明这些鱼类的胃是蛋白质类营养物质消化的主要器官之一。Dask等^[22]研究认为肝脏主要分泌蛋白酶原,需进入肠道后在肠激活酶的作用下被激活,才能催化蛋白质分解,这与银鲳胃及中肠的蛋白酶活性表现相符。而银鲳的侧囊为食道前端的特化结构,其主要功能为机械研磨食物,辅助胃的消化,因此其蛋白酶活力最低。

研究发现,淀粉酶的分泌在不同鱼类存在一定差异。有的鱼类是由肝胰脏一种器官分泌,有的鱼类肠道、幽门垂等器官也可分泌淀粉酶^[23-24]。朱爱意等^[20]研究认为,大黄鱼肝胰脏是淀粉酶产生的主要器官;而付新华等^[3]研究大菱鲆(*Ophthalmus maximus*)消化淀粉后发现,其主要在幽门盲囊和前肠部,胃几乎不参加淀粉的消化。本研究结果则表明银鲳成鱼肝胰脏的淀粉酶活力最强,肠和胃的淀粉酶活力较弱,这与黑鲷^[25]、黄鳍鲷(*Sparuslatus Houttuyn*)^[26]淀粉酶的研究结果一致。而银鲳幼鱼肝脏和胃肠的淀粉酶活性很接近,这可能与幼鱼的消化器官尚未发育完善有关,因此银鲳的肝胰脏是淀粉酶生成的中心器官。

Dask等^[22]认为肝胰脏是鱼类脂肪酶的主要生成器官,而脂肪酶的活性存在于消化系统各个部分。本研究结果正好印证了此点,银鲳消化系统中各部分都检测到了脂肪酶活性,且肝脏的脂肪酶活性在成鱼中最高,幼鱼中肝脏的脂肪酶活性仅次于胃,这可能与幼鱼消化器官尚未发育完善有关。此外,通过对比发现,银鲳脂肪酶活性明显大于卵形鲳鲹^[14]、黑鲷^[25]、黄姑鱼(*Nibea albiflora*)^[27]、

牙鲆^[28]、条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)^[29]等常见海水鱼类。因此可以认为银鲳对脂肪的利用效率比这些鱼类更高,而且有研究也表明饲料中较高的脂肪含量有助于银鲳的生长^[12],这应该与银鲳较高的脂肪酶含量有关。因此,可以考虑在银鲳饲料的配制中适当提高脂肪的比例以促进银鲳的生长。

3.2 成鱼和幼鱼消化酶活性分布的比较

鱼体所需营养成分在不同生长阶段具有差异,随着消化器官不断发育、完善,消化酶分泌功能不断增强,各种消化酶活性也随之变化。Munilla等^[30]对大菱鲆消化酶研究证实,淀粉酶和蛋白酶活性的比值与年龄成负相关,王宏田等^[28]研究也认为,随着牙鲆的生长,蛋白酶活性增强,淀粉酶活性减弱。本研究结果中,银鲳幼鱼各消化酶活性总体上均高于成鱼,如幼鱼胃中蛋白酶活性、淀粉酶活性、脂肪酶活性分别约为成鱼胃的3倍、12倍和1.5倍。幼鱼的蛋白酶活性大于成鱼,这可能是因为幼鱼阶段是鱼类生长发育最快的时期,蛋白质新陈代谢旺盛,因此其蛋白酶活性要高于发育完善的成鱼。幼鱼的淀粉酶活性显著大于成鱼,这可能是幼鱼对长期食用人工配制饲料的一种适应,因为人工饲料中掺入了一定比例的玉米淀粉等以增加饲料的粘结性。区又君等^[14]研究也发现,卵形鲳鲹成鱼蛋白酶和淀粉酶活性均小于幼鱼,这与本研究结果一致。此外,有研究指出鱼类脂肪酶活性与食物中脂肪含量呈正相关关系,银鲳幼鱼的脂肪酶活性略大于成鱼^[31],这个差异也可能是幼鱼饲料中脂肪含量较高造成的。

3.3 食性与消化酶活性的关系

鱼类的消化酶组成总是与其食性密切相关,Agrawal等^[32]比较了肉食性、草食性、杂食性鱼类的淀粉酶和脂肪酶的活性,发现草食性鱼类具有较高的淀粉酶活性,而肉食性鱼类具有较高的脂肪酶活性。Biesio等^[17]则提出,可采用A/P的值作为鱼类摄食食性和营养状况的指标来指导投饵。A/P值大于1时,鱼的食性为植食性或偏植食性;A/P值

小于1时,鱼的食性则为肉食性或偏肉食性。本实验结果表明,银鲳幼鱼与成鱼的A/P值都小于1,符合银鲳为偏肉食性鱼类的事实,也与彭士明等^[33]利用碳氮稳定同位素技术分析东海银鲳食性得出的结果相一致。有研究表明鱼类消化酶会对食物产生适应调整^[34],如Kawai^[35]试验证明了鱼类肠道的消化酶活性可以适应饲料性质,或者说饲料性质可以影响消化酶活性。因此,由于食物的差别,野生的银鲳成鱼的A/P值要小于养殖的银鲳幼鱼的A/P值,亦即成鱼要比幼鱼更偏向于肉食性。

参考文献:

- [1] 倪勇, 张列士. 上海鱼类志[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1990:336-337.
- [2] Yang W T, Li J, Yue G H. Multiplex genotyping of novel microsatellites from silver pomfret (*Pampus argenteus*) and cross-amplification in other pomfret species[J]. Molecular Ecology Notes, 2006(6):1073-1075.
- [3] 付新华, 孙谧, 孙世春. 大菱鲆消化酶的活力[J]. 中国水产科学, 2005, 12(1): 26-32.
- [4] 马爱军, 柳学周, 吴莹莹, 等. 消化酶在半滑舌鲷成鱼体内的分布及仔稚幼鱼期的活性变化[J]. 海洋水产研究, 2006, 27(2):43-48.
- [5] 田宏杰, 庄平, 章龙珍, 等. 水温对施氏鲟幼鱼消化酶活力的影响[J]. 中国水产科学, 2007, 14(1):126-131.
- [6] 赵峰, 宋超, 施兆鸿, 等. 野生银鲳幼鱼主要营养成分的测定与评价[J]. 营养学报, 2008, 30(4):425-426.
- [7] 施兆鸿, 黄旭雄, 李伟微, 等. 养殖银鲳幼鱼体脂含量及脂肪酸组成的变化[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(4):436-439.
- [8] 彭士明, 黄旭雄, 赵峰, 等. 野生与养殖银鲳幼鱼氨基酸含量的比较[J]. 海洋渔业, 2008, 30(1):26-30.
- [9] 施兆鸿, 高露姣, 谢营梁, 等. 舟山渔场银鲳和灰鲳繁殖特性的比较[J]. 水产学报, 2006, 30(5):647-652.
- [10] 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[J]. 海洋渔业, 2005, 27(3):246-251.
- [11] 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[J]. 海洋水产研究, 2007, 28: 540-549.
- [12] 彭士明, 尹飞, 孙鹏, 不同饲料对银鲳幼鱼增重率、肝脏脂酶及抗氧化酶活性的影响[J]. 水产学报, 2010, 34(6):949-954.
- [13] 尹飞, 彭士明, 孙鹏. 低盐胁迫对银鲳幼鱼肠道消化酶活力的影响[J]. 海洋渔业, 2010, 32(2):160-165.
- [14] 区又君, 罗奇, 李加儿, 等. 卵形鲳鲹消化酶活性的研究 I: 成鱼和幼鱼消化酶活性在不同消化器官中的分布及其比较[J]. 南方水产科学, 2011, 7(1):50-55.
- [15] 王富荣. 生物工程分析与检验[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2005:204-207.
- [16] 胡思玉, 白建梅, 葛传龙, 等. 昆明裂腹鱼淀粉酶活性研究[J]. 水产科学, 2007, 26(4):234-236.
- [17] Biesiot P M, Capuzzo J M. Change in digestive enzyme activities during early development of the American lobster *Homarus americanus*, IW[J]. Mar Biol Ecol, 1990, 136(2):107-122.
- [18] 杨金海, 章龙珍, 庄平, 等. 人工养殖长鳍篮子鱼消化道指数及3种消化酶活性分布[J]. 海洋科学, 2009, 33(7):43-50.
- [19] 倪寿文, 桂远明, 刘焕亮. 草鱼、鲤、鲢、鳙和尼罗罗非鲫肝脏和肠道蛋白酶活性的初步探讨[J]. 动物学报, 1993, 39(2):160-168.
- [20] 朱爱意, 褚学林. 大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)消化道不同部位两种消化酶的活力分布及其受温度、pH的影响[J]. 海洋与湖沼, 2007, 37(6):561-567.
- [21] 冯俊荣, 陈营, 刘红梅. 牙鲆幼鱼消化能力与肠道蛋白酶活性的研究[J]. 水产科学, 2006, 25(4):163-165.
- [22] Dask M, Tripathi D. Studies on the digestive enzymes of *Ctenopharyngodon idella*[J]. Aquatic, 1991, 92(1):21-30.
- [23] 乔秀亭, 张美婷, 宋学君, 等. 鲤鱼肝脏、脾脏蛋白活性研究[J]. 水利渔业, 1999, 9(4):9-10.
- [24] Jany K O. Studies on the digestive enzymes of the stomachless bony fish, *Carassius auratus*[J]. Comp Biochem Physiol, 1976, 536:31-38.
- [25] 梅景良, 马燕梅, 张红星, 等. 夏、冬两季黑鲷消化酶活力的比较[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2005, 35(6):1001-1004.
- [26] 李希国, 李加儿, 区又君. 黄鳍鲷主要消化酶活性在消化道不同部位的比较研究[J]. 海洋水产研究, 2005, 26(5):34-38.
- [27] 朱爱意, 谢佳彦, 江丽华. pH和温度对黄姑鱼主要消化酶活力的影响[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2011, 29(6):531-536.
- [28] 王宏田, 张培军. 牙鲆体内消化酶活性的研究[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(5):472-476.
- [29] 区又君, 罗奇, 艾丽, 等. 消化酶在条石鲷成鱼体内的分布及pH对消化酶活力的影响[J]. 氨基酸和生物资源, 2010, 32(3):1-4.
- [30] Munilla M R, Stark J R. Metabolism in marine flatfish: VI. Effect of nutritional state on digestion in turbot, *Scophthalmus maximus* L.[J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry, 1990,

- 95(3):625-634.
- [31] 尾崎久雄. 鱼类消化生理学[M]. 吴尚忠, 译. 上海: 上海科技出版社, 1983:548-551.
- [32] Agrawal V P, Sastry K V, Kaushab S K. Digestive enzymes of three teleost fishes[J]. Acta Physiologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 1975, 46(2):93-95.
- [33] 彭士明, 施兆鸿, 尹飞. 利用碳氮稳定同位素技术分析东海银鲳食性[J]. 生态学杂志, 2011, 30(7):1565-1569.
- [34] 谢一荣, 吴锐全. 鱼类消化酶研究及其在水产养殖中的应用[J]. 广东饲料, 2005, 14(2):15-18.
- [35] Kawai S, Ikeda S. Effects of dietary changes on the activities of digestive enzymes in carp intestine[J]. Bull Japan Soc Science Fish, 1972, 38(3):265-269.

Distribution and Comparison of Digestive Enzyme Activity of *Pampus argenteus* in Different Digestive Organs

ZHOU Jian-kai¹, XU Shan-liang^{2*}, QIU Cheng-gong¹, FANG Zeng-bing¹, CHEN Ping¹

(1.School of Marine Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2. Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology of Ministry of Education, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: In order to understand the nutritional needs of *Pampus argenteus* in wild and cultivated conditions, the activity of digestive enzymes (protease, amylase, lipase) of wild adult and cultivated young pomfret in different digestive organs are studied. The results show that: (1) The highest protease activity in stomach is found to be $0.47 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$, and the lowest in lateral sac is identified to be $0.05 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$; The highest amylase activity in liver is $0.08 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$, and the lowest in rectum is $0.01 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$; The highest Hepatic lipase activity is $10.63 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$ and is about 9 times as large as midgut. (2) Three digestive enzyme activities of juvenile are in the following ascending order: stomach > liver > lateral sac, and the activity of the digestive enzyme of young pomfret is noted to be generally higher than that of adults. The activities of protease, amylase, lipase of juveniles in stomach are approximately 3 times, 12 times and 1.5 times as large as those of the adults, respectively. (3) The A/P values of adult and juvenile are both less than 1, and the A/P values of digestive organs in juvenile are higher than those of in adults, The A/P results indicate that *Pampus argenteus* is partially carnivorous fish, and wild adult pomfrets have developed carnivorous adaptation better than farmed young pomfrets. In addition, we also find that the lipase activity of pomfret is significantly higher than that of many common seawater fish, so we conclude that the utilization efficiency of fat is higher in pomfrets, based on which we may consider to increase the fat ratio in the preparation of silver pomfret feed.

Key words: *Pampus argenteus*; adult; young; digestive enzyme; activity distribution

(责任编辑 章践立)