

不同蛋白含量饲料对南方鲇胃蛋白酶和淀粉酶活性的影响

黄 峰¹ 严安生¹ 张桂蓉¹ 邹桂伟²

(1. 华中农业大学水产学院农业部淡水水产增养殖生物学重点实验室, 武汉 430070;

2. 中国水产科学研究院长江水产研究所, 荆州 434000)

摘要: 为探讨营养、饲料与鱼类消化酶之间的相互作用, 采用蛋白含量分别为 44.8%、29.1% 和 13.3% 的饲料饲养南方鲇 (*Silurus meridionalis*), 并在第 0d、15d、25d 和 50d 对胰脏、胃黏膜、前肠黏膜和后肠黏膜的胃蛋白酶(酸性蛋白酶)和淀粉酶活性进行了动态分析。结果显示: 1) 饲料中蛋白含量为 29.1%—44.8% 时南方鲇的生长速度显著快于低蛋白含量饲料(13.3%); 2) 在实验后期(25d 后), 中等蛋白含量饲料组南方鲇的生长速度比其他两组快, 此阶段该组鱼胃黏膜的胃蛋白酶活性呈上升趋势, 而另两组该酶活性则呈下降趋势; 低蛋白饲料组前肠黏膜和后肠黏膜的淀粉酶活性在实验后期急剧下降, 与该组鱼的生长最慢相关联; 3) 在实验的 50d 内, 不同蛋白含量饲料对胃蛋白酶和淀粉酶活性在各组织器官中的分布特征影响不大。实验期间, 南方鲇消化器官中这两种消化酶活性的变化情况表明, 在实验的不同阶段, 饲料中的蛋白含量对南方鲇胃蛋白酶和淀粉酶的合成、分泌和活性大小的影响是不同的。

关键词: 南方鲇; 消化酶; 胃蛋白酶; 淀粉酶; 饲料

中图分类号: S965.128 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2003)05-0451-06

在鱼类营养与饲料的研究中, 一般情况下注重的是, 实验前的试验方案设计和实验后鱼体的生长速度、饲料系数和转化效率等, 而对于实验过程中, 鱼体的代谢、消化机能等生理的动态变化则注意较少, 这样以来, 对于实验结果好坏的成因往往难以找到更科学的依据, 只能凭经验来进行分析。若能对试验过程中鱼类代谢、消化生理的动态变化等方面进行较细致的研究, 就很有可能诠释生长速度和饲料系数大小的原因之所在。

关于鱼类消化酶方面的研究报道很多, 但主要研究内容是鱼类消化酶的种类和理化特性、酶活性在鱼体内各组织器官中的分布规律、不同生长阶段消化酶活性的变化以及环境条件等因素对消化酶的影响等等。近些年来, 一些学者^[1,3]通过在饲养实验结束时测定鱼类的消化酶活性, 以寻求营养、饲料与消化酶之间的相互关系。但是对营养实验过程中消化酶活性的动态变化的研究报道仍然十分有限, 仅见 Kawai 和 Ikeda^[4]发表了不同饲料对鲤 (*Cyprinus carpio*) 肠管淀粉酶、麦芽糖酶和蛋白酶活性的动态

影响等少量报道。

本文从消化生理的角度, 进行了不同蛋白含量饲料对南方鲇 (*Silurus meridionalis chen*) 胃蛋白酶和淀粉酶动态影响的研究, 以探讨鱼类饲料中的蛋白含量与消化酶之间的互动作用, 为南方鲇的配合饲料研制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料鱼 同一批繁殖的南方鲇鱼苗先后用浮游动物、水蚯蚓和鱼肉进行培育, 至体重为 30.3 ± 2.6 g, 体长为 14.6 ± 0.3 cm, 随机取 5 尾南方鲇, 进行消化酶活性测定; 同时将这些幼鱼分为三个组(每组设一个重复), 分别用高、中、低蛋白含量的自制配合饲料, 饲喂于室外 6 个近似圆柱形的水族箱 ($\Phi 130$ cm $\times$ 65cm) 中, 每个水族箱放 25 尾鱼, 规格基本一致。

在饲养期间(6 月下旬至 8 月中旬) 分阶段分别取样, 分析测定南方鲇幼鱼胰脏、胃黏膜、前肠黏膜和后肠黏膜的消化酶活性大小。以分养的当天作第

收稿日期: 2002-10-26; 修订日期: 2002-12-22

基金项目: 教育部高等学校博士学科点专项基金(编号: 970402); 农业部淡水种质资源与生物技术重点开放实验室基金资助

作者简介: 黄 峰(1966—), 男, 江西丰城人; 博士、副教授; 研究方向为水产动物营养与饲料

感谢导师严安生教授和熊邦喜教授、王明学教授、谢从新教授、周洁教授等对本文所给予的指导和帮助

0d 计, 分别在分养后的第 15、25 和 50d 随机从各组中捞取实验鱼 5—6 尾进行酶分析测定。

1.2 饲料 以鱼粉、酪蛋白为主要蛋白源, 采用人工配方设计出蛋白含量分别为 44.8%、29.1% 和 13.3% 的南方鲇配合饲料, 称之为高蛋白饲料、中蛋白饲料、低蛋白饲料。在这些饲料中, 鱼粉和添加剂

混合物(矿物质和维生素混合物)的含量均分别为 15%、5.5%, 其不同的蛋白含量用酪蛋白调节, 用 α -淀粉作填充料进行配方设计(表 1)。矿物质和维生素混合物配方参阅斑点叉尾的相关配方作适当修改^[5]。经分析测定, 这三种饲料的营养成分含量见表 2。

表 1 不同蛋白含量饲料的配方(%)
Tab 1 The concentration of Some raw materials in different protein content diet

原料 Ingredient	高蛋白饲料 High protein diet	中蛋白饲料 Intermediate protein diet	低蛋白饲料 Low protein diet
鱼粉 Fish meal	15	15	15
酪蛋白 Casein	40	20	0
矿物质和维生素预混料 Ash & vitamin mixture	5.5	5.5	5.5

表 2 实验饲料的化学组成(%)
Tab 2 The chemical composition of diet using in studies respectively

饲料种类 Type of diet	水分 Water	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude oil	粗灰分 Crude ash	其他成分 Others
高蛋白饲料 High protein diet	8.9	44.8	5.0	8.5	32.8
中蛋白饲料 Intermediate protein diet	8.4	29.1	5.2	7.6	49.7
低蛋白饲料 Low protein diet	8.5	13.3	5.0	6.5	66.7

1.3 酶分析样品制备 酶分析样品制备程序基本一致, 参照黄峰、严安生^[6,7]的方法进行。

1.4 胃蛋白酶活性测定 采用 Folin 酚试剂法^[8], 以 1.0% 牛血红蛋白作底物, Folin 试剂显色, 用 Backman 分光光度计于 680nm 波长测吸光值(A)。胃蛋白酶活性大小用 1g 新鲜组织在 30℃、pH2.5 的条件下, 1min 内牛血红蛋白经蛋白酶分解作用所产生的酪氨酸的量($\mu\text{g}\cdot\text{Tyr}/\text{g}\cdot\text{min}$)来表示。

1.5 淀粉酶活性测定 参照 Bernfield^[8]方法经适当修改, 以 1.0% 可溶性淀粉作底物, DNS 显色, 用 Beckman 分光光度计于 540nm 波长测吸光值(A)。淀粉酶活性大小用 1g 新鲜组织在 25℃、pH8.0 条件下, 1min 内使可溶性淀粉分解产生麦芽糖的毫克数($\text{mg}\cdot\text{maltose}/\text{g}\cdot\text{min}$)来表示。

2 结果

2.1 不同蛋白饲料对南方鲇生长的影响

摄食不同蛋白饲料的南方鲇生长情况大致可分为三个阶段。第一个阶段(0—15d)三个组生长均十分缓慢, 第二阶段(15—25d)高蛋白(44.8%)饲料组南方鲇的生长速度明显比其他两组快, 第三阶段(25—50d)高、低蛋白饲料组生长较慢, 而中蛋白(29.1%)饲料组的生长速度明显加快(图 1)。

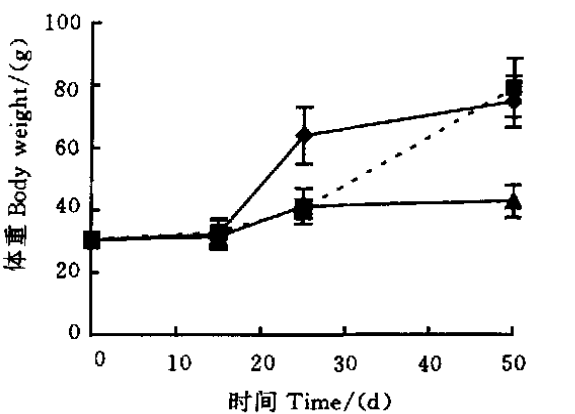


图 1 摄食不同蛋白饲料时南方鲇体重的变化
Fig 1 Changes of body weight *S. meridionalis* feeding on different protein content feed

2.2 不同蛋白饲料对南方鲇胃蛋白酶活性的影响
2.2.1 不同蛋白饲料对南方鲇胃蛋白酶活性分布的影响 实验过程中, 三个组南方鲇胃黏膜中的胃蛋白酶(或酸性蛋白酶)活性显著高于其他三个组织或器官中的($p < 0.05$), 是其他组织器官中的 11—62 倍。第 0d 时, 高、中、低蛋白饲料组胃黏膜中的胃蛋白酶活性均为 $4311.64\mu\text{g}\cdot\text{Tyr}/\text{g}\cdot\text{min}$, 第 15d 时分别为 3732.98 、 1783.61 、 $2512.67\mu\text{g}\cdot\text{Tyr}/\text{g}\cdot\text{min}$, 第 25d 时为 3732.98 、 905.28 、 $1338.06\mu\text{g}\cdot\text{Tyr}/\text{g}\cdot\text{min}$, 实验结束时的酶活性则分别 1904.03 、 1661.55 、 $1254.10\mu\text{g}\cdot\text{Tyr}/\text{g}\cdot\text{min}$ (表 3)。

表 3 不同蛋白含量饲料对南方鲇胃蛋白酶活性($\mu\text{g}\cdot\text{Tyr}/\text{g}\cdot\text{min}$) 的影响

Tab. 3 Pepsin activities in *S. meridionalis* fed diet of differene protein levels(Mean $\pm$ S. E)

饲料种类 Diet	饲养天数 Days of rearing(d)	组织或器官 Tissues or organs			
		胰脏 Pancreas	胃黏膜 Stomach	前肠黏膜 Foregut	后肠黏膜 Hindgut
高蛋白饲料 High protein diet	0	266.04 $\pm$ 38.41(3)	4311.46 $\pm$ 290.20(5)	208.98 $\pm$ 86.88(5)	395.59 $\pm$ 90.01(4)
	15	362.64 $\pm$ 33.48(4)	3732.98 $\pm$ 610.23(6)	154.03 $\pm$ 52.26(6)	130.73 $\pm$ 49.83(4)
	25	180.60 $\pm$ 52.16(6)	2395.00 $\pm$ 361.59(6)	56.25 $\pm$ 18.56(6)	38.40 $\pm$ 11.18(6)
	50	267.72 $\pm$ 92.09(6)	1904.03 $\pm$ 229.87(6)	90.54 $\pm$ 12.81(6)	80.01 $\pm$ 9.49(5)
中蛋白饲料 Intermediate protein diet	15	444.72 $\pm$ 151.18(4)	1783.61 $\pm$ 261.95(6)	109.85 $\pm$ 14.91(6)	113.08 $\pm$ 21.69(6)
	25	63.88 $\pm$ 27.38(4)	905.28 $\pm$ 70.93(5)	33.68 $\pm$ 9.26(6)	28.02 $\pm$ 9.38(6)
	50	149.02 $\pm$ 35.95(6)	1661.55 $\pm$ 372.37(6)	104.96 $\pm$ 75.41(6)	102.87 $\pm$ 38.78(5)
低蛋白饲料 Low protein diet	15	246.86 $\pm$ 70.53(4)	2512.67 $\pm$ 200.59(5)	74.14 $\pm$ 19.13(6)	55.92 $\pm$ 18.83(4)
	25	330.29 $\pm$ 74.16(6)	1338.06 $\pm$ 257.84(6)	96.90 $\pm$ 15.07(6)	128.45 $\pm$ 26.99(6)
	50	159.12 $\pm$ 38.81(5)	1254.10 $\pm$ 251.42(5)	82.06 $\pm$ 22.70(5)	77.28 $\pm$ 17.96(5)

2.2.2 不同蛋白含量饲料对南方鲇各消化组织器官胃蛋白酶活性的影响 表 3 还显示了摄食三种不同蛋白含量饲料的南方鲇胃蛋白酶活性在同一组织器官(胰脏、胃黏膜、前肠黏膜和后肠黏膜)中的动态变化情况。由于胃蛋白酶是在酸性条件下才具有对食物进行消化的作用,故胰脏、前肠黏膜和后肠黏膜分泌的酸性蛋白酶在肠道内的碱性条件下对食物的消化意义不大。三个组南方鲇胃黏膜中的胃蛋白酶活性在实验前期(0—25d)均呈递减趋势,但此阶段高蛋白饲料组的该酶活性显著大于其他两组的($p < 0.05$)。试验后期(25d 后),饲喂中蛋白饲料的南方鲇胃黏膜的胃蛋白酶活性呈递增趋势,而其他两组仍呈递减趋势。

2.3 不同蛋白饲料对南方鲇淀粉酶活性的影响

2.3.1 不同蛋白饲料对南方鲇淀粉酶活性分布的影响 三个不同蛋白含量饲料组南方鲇胰脏淀粉酶活性在整个实验期间远大于胃黏膜、前肠黏膜和后肠黏膜中的(表 4)($p < 0.05$)。实验前胰脏淀粉酶活性为 $1.35\text{mg}\cdot\text{maltose}/\text{g}\cdot\text{min}$,第 15d 时高、中、低蛋白饲料组胰脏淀粉酶活性分别为 1.46、1.17、 $1.41\text{mg}\cdot\text{maltose}/\text{g}\cdot\text{min}$,第 25d 时为 6.65、4.56、 $4.33\text{mg}\cdot\text{maltose}/\text{g}\cdot\text{min}$,第 50d 时分别为 6.47、6.76、 $6.10\text{mg}\cdot\text{maltose}/\text{g}\cdot\text{min}$ 。虽然三个组南方鲇前肠黏膜和后肠黏膜的淀粉酶活性比胰脏中的要小,但仍表现为具有较强的该酶活性,且后肠黏膜的淀粉酶活性比前肠黏膜稍大(表 4)。

表 4 不同蛋白含量饲料对南方鲇胰蛋白酶活性($\text{mg}\cdot\text{maltose}/\text{g}\cdot\text{min}$)的影响

Tab. 4 Amylase activities in *S. meridionalis* fed diet of different protein levels

饲料种类 Diet	饲养天数 Days of rearing(d)	组织或器官 Tissues or organs			
		胰脏 Pancreas	胃黏膜 Stomach	前肠黏膜 Foregut	后肠黏膜 Hindgut
高蛋白饲料 High protein diet	0	1.35 $\pm$ 0.29(3)	0.26 $\pm$ 0.09(5)	0.67 $\pm$ 0.07(5)	0.67 $\pm$ 0.07(5)
	15	1.46 $\pm$ 0.46(4)	0.69 $\pm$ 0.13(6)	0.58 $\pm$ 0.09(6)	0.47 $\pm$ 0.08(4)
	25	6.65 $\pm$ 1.20(6)	0.35 $\pm$ 0.08(6)	1.10 $\pm$ 0.14(6)	1.18 $\pm$ 0.23(6)
	50	6.47 $\pm$ 0.57(6)	0.40 $\pm$ 0.05(6)	1.27 $\pm$ 0.13(6)	1.84 $\pm$ 0.42(6)
中蛋白饲料 Intermediate protein diet	15	1.17 $\pm$ 0.38(4)	0.44 $\pm$ 0.10(6)	0.47 $\pm$ 0.08(6)	0.56 $\pm$ 0.08(6)
	25	4.56 $\pm$ 0.80(6)	0.33 $\pm$ 0.05(6)	1.29 $\pm$ 0.30(6)	1.84 $\pm$ 0.31(6)
	50	6.76 $\pm$ 0.68(6)	0.51 $\pm$ 0.08(6)	1.91 $\pm$ 0.17(6)	2.71 $\pm$ 0.76(6)
低蛋白饲料 Low protein diet	15	1.41 $\pm$ 0.53(4)	0.16 $\pm$ 0.06(5)	0.45 $\pm$ 0.04(6)	0.23 $\pm$ 0.05(6)
	25	4.33 $\pm$ 0.73(5)	0.35 $\pm$ 0.06(6)	1.50 $\pm$ 0.32(6)	2.20 $\pm$ 0.35(5)
	50	6.10 $\pm$ 2.09(5)	0.41 $\pm$ 0.10(5)	1.06 $\pm$ 0.14(5)	1.21 $\pm$ 0.20(5)

2.3.2 不同蛋白含量饲料对南方鲇各消化组织器官淀粉酶活性的影响 南方鲇摄食不同蛋白含量饲料时, 胰脏、胃黏膜、前肠黏膜和后肠黏膜中的淀粉酶活性的动态变化情况见表 4。从中可以看出, 三个组南方鲇胰脏淀粉酶活性在实验的前期(前 15d)几乎没有变化, 且各组间的胰脏淀粉酶活性差异不大($p > 0.05$); 15d—25d 三个组该酶活性均呈快速增加趋势, 但高蛋白饲料组的该酶活性明显大于其他两组的($p < 0.05$); 第 25d—50d, 高蛋白饲料组的胰脏该酶活性稍有降低, 中蛋白饲料组和低蛋白饲料组的增加速度减慢, 在实验结束时, 三个组的胰脏淀粉酶活性大小差异不显著($p < 0.05$)。实验前期(25d 内), 三个组南方鲇前肠黏膜和后肠黏膜淀粉酶活性均先呈弱的下降趋势, 尔后呈现上升趋势; 但在 25d—50d 期间, 高、中蛋白饲料组南方鲇前肠黏膜和后肠黏膜的该酶活性仍继续缓慢增强, 而低蛋白饲料组这两种组织中的该酶活性则呈下降趋势。在此阶段, 中蛋白饲料组前肠黏膜和后肠黏膜的淀粉酶活性大于高蛋白饲料组的($p < 0.05$)。

3 讨论

3.1 不同蛋白饲料对南方鲇生长的影响 从结果看来, 第二阶段高蛋白饲料组生长最快, 第三阶段中蛋白饲料组的生长最快, 到实验结束时, 中蛋白饲料组的南方鲇体重最大, 其次为高蛋白饲料组的, 中蛋白饲料与高蛋白饲料的体重差异不显著, 而低蛋白饲料组的最低(图 1)。这说明当饲料的蛋白含量在 29.1%—48.8% 范围内, 南方鲇的生长明显比低蛋白含量(13.3%)饲料的快, 从实验结束时的体重来分析, 蛋白含量达到 44.8% 时, 南方鲇的生长速度反而减慢, 因此作者建议南方鲇配合饲料的蛋白含量以 29%—44% 为宜。这一结果比虹鳟、鳙鲢等鱼类对蛋白质的需求量要低一些^[9]。

3.2 不同蛋白含量饲料对鱼类消化酶活性变化的影响 有关鱼类消化酶的研究报道很多, 近些年来, 鱼类饲料与消化酶之间的关系已引起鱼类生物学家的注意, 特别是饲料对消化酶的影响越来越受到关注。如 Rosch 和 Segner^[10] 认为配合饲料使白鲑(*Coregonus lavretus*) 肠中氨肽酶、麦芽糖酶和非特异性酯酶的活性比活饵料组的高。用鱼粉作蛋白源的配合饲料使草鱼前肠的蛋白酶活性比用大豆粉蛋白源的高^[11]。Munilla Moran 和 Stark^[12] 认为 6 日龄仔鱼、30 日龄大菱鲈(*Scophthalmus maximus*) 摄食桡足类时的消化酶分布形式、活性与不摄食桡足类的存

在显著性差异。鱼类蛋白酶活性与所摄取的食物性质和数量有关^[1,13,14]。摄食聚苯乙烯的大西洋鲱(*Clupea harengus*) 的胰蛋白酶活性比不摄食组的高, 摄食与聚苯乙烯同样大小的活饵料的幼鱼, 其肠中的胰蛋白酶活性最高^[15]。角叉菜聚糖微黏合饲料使高首鲟(*Acipenser transmontanus*) 幼鱼肠道刷状缘的碱性磷酸酶、氨肽酶 M 和非特异性酯酶的活性降低^[16]。鲤食物加入牛胰蛋白酶时会大大降低肝胰脏中蛋白酶水解酶的活性^[17]。饲养 2—3 周后, 金鱼(*Carassius auratus*) 胰蛋白酶活性因饲料(活饵料、混合饲料和干饲料)不同而不同^[18]。鲜活食物使 *Pagellus acarne* 的蛋白酶、淀粉酶和弹性蛋白酶的总量比配合饲料组高, 且酶活性的增长与生长率有关^[19]。使用不同饲料引起 *Dicentrarchus labrax* 的酶和脂肪产生变化^[20]。

但是仔细阅读有关资料发现, 上述情况一般是将实验结束时的酶活性结果进行比较, 而且大多数报道都集中在胰蛋白酶、(碱性)蛋白酶和淀粉酶等几种消化酶上, 很少有学者对实验过程中鱼类消化酶活性的动态变化进行比较, 尤其是食物或蛋白水平不同对鱼类胃蛋白酶活性动态变化影响, 尚未见报道。

本研究发现, 不同蛋白含量饲料对南方鲇胃黏膜中的胃蛋白酶活性具有较明显的影响。在实验前期(25d 内) 高蛋白饲料组的该酶活性明显大于其他两个组的, 低蛋白饲料组的次之, 而中蛋白饲料组的最小, 在这段时间内, 高蛋白饲料组南方鲇生长速度比其他两个组的快; 第 25d 以后, 中蛋白饲料组南方鲇胃黏膜中的胃蛋白酶活性呈增加趋势, 而高、低蛋白饲料组胃黏膜中的该酶活性仍呈弱的下降趋势(表 3), 在此阶段, 中蛋白饲料组南方鲇的生长速度(日增重 1.56g) 明显比另两个组的快(图 1), 这说明饲料中的蛋白水平变化对南方鲇胃黏膜胃蛋白酶活性大小或变化趋势产生了影响, 且这种影响与生长速度具有一定的适应性。而三个组南方鲇胃黏膜胃蛋白酶活性在实验前期(25d 内) 均呈下降趋势, 则表明南方鲇对人工配合饲料存在一段时间的适应。

三个不同蛋白含量饲料组南方鲇胰脏的淀粉酶活性在整个实验期间的变化趋势基本相同, 即第一阶段和第三阶段酶活性增加较慢, 第二阶段酶活性增加最快, 但在第 25d 时, 高蛋白饲料组胰脏淀粉酶活性显著大于另两个组的(表 4), 结合对应阶段南方鲇的生长情况, 可以看出, 胰脏中的淀粉酶活性变化与生长之间的关系不十分密切。

三个组前肠黏膜和后肠黏膜淀粉酶活性在实验前期(0—25d)的变化趋势基本相同,即先降低后上升,但实验后期(25d以后)的情况有所不同,即高、中蛋白饲料组这两种组织中的淀粉酶活性呈递增趋势,而低蛋白饲料组则呈明显的降低趋势,此阶段低蛋白饲料组南方鲇的生长速度是最慢的(表4)。这表明在实验后期南方鲇的生长与前肠黏膜和后肠黏膜淀粉酶活性大小或动态变化可能存在一定的相关性。

参考文献:

- [1] Baragi V, Lovell R T. Digestive enzyme activities in striped bass from first feeding through larva development [J]. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 1986, **115**: 478—484
- [2] Calu CL, Zambonino Infante JLZ. Effect of the molecular form of dietary nitrogen supply on sea bass larvae: Response of pancreatic enzymes and intestinal peptidases. [J]. *Fish. physiol. Biochem* 1995, **14** (3): 209—214
- [3] Pedersen BH, Ugelstad I, Hjelmeland K. Effects of a transitory, low food supply in the early life of larval herring (*Clupea harengus*) on mortality, growth and digestive capacity [J]. *Mar. Biol.* 1990, **107** (1): 61—66
- [4] Kawai S, Ikeda S. Studies on the digestive enzymes of fishes. II. Effect of dietary change in the activities of digestive enzymes in carp intestine [J]. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 1972, **38**: 265—270
- [5] National Research Council. Nutrient Requirement of Fish [M]. Washington, National Academy Press. 1993
- [6] Huang F, Yan A, Wang X. Studies on trypsin in silver carp and big-head carp [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1996, **20**(1): 68—71. [黄峰、严安生、汪小东等, 鲢、鳙胰蛋白酶的研究. 水产学报, 1996, **20**(1): 68—71]
- [7] Huang F, Yan A S, Zhang G R, et al. The protease and amylase of *Hypophthalmichthys molitrix* and *Aristichthys nobilis* [J]. *Journal of Fishery Science of China*, 1999, **6**(2): 14—17. [黄峰、严安生、张桂蓉等, 鲢、鳙蛋白酶和淀粉酶的研究. 中国水产科学, 1999, **6** (2): 14—17]
- [8] Jiang CK. Activity Measuring for Implemental Enzyme [M]. Shanghai: Science and Technology Press, 1982. [蒋传葵. 工具酶的活力测定. 上海科学技术出版社, 1982]
- [9] Li A J. Feed and Nutriology of Aquatic Animal [M]. Beijing: Agricultural Press, 1996. [李爱杰, 水产动物营养与饲料学. 北京: 中国农业出版社, 1996]
- [10] Rosch R, Senger H. Development of dry food for larvae of *Coregonus lacareus* L. I. Growth, food digestion and fat absorption [J]. *Aquaculture*, 1990, **91**: 101—115
- [11] Tian LX, Lin D. Changes in digestive enzyme activities in grass carp *Ctenopharyngodon idellus* after feeding of two test diets [J]. *Acta Hydrobiologia Sinica*, 1993, **17**(1): 58—65 [田丽霞、林鼎, 草鱼摄食两种蛋白质饲料后消化酶活性变动比较. 水生生物学报, 1993, **17**(1): 58—65]
- [12] Munilla Moran R, Stark J R. Protein digestion in early turbot larvae, *Scophthalmus maximus* (L.) [J]. *Aquaculture*. 1989, **81**(3—4): 315—327
- [13] Pedersen BH, Nilssen E M, Hjelmeland K. Variations in the content of trypsin and trypsinogen in larval herring (*Clupea harengus*) digesting copepod nauplii [J]. *Mar. Biol.* 1987, **94**(2): 171—181
- [14] Ragyanszki M. Preliminary investigations on the proteolytic digestive enzymes of carp fry [J]. *Aquacult. Jung.* (Szarvas). 1980, **2**: 27—30. (abstract)
- [15] Hjelmeland K, Pedersen BH, Nilssen EM. Trypsin content in intestines of herring larvae, *Clupea harengus*, ingesting inert polystyrene spheres or live Crustacea prey. [J]. *Mar. Biol.* 1988, **98**(3): 331—335
- [16] Gawlicka A, McLaughlin L, Hung S S O, de la Noue J. Limitations of carnageenan microbound diets for feeding white sturgeon, *Acipenser transmontanus*, larvae [J]. *Aquaculture* 1996, **141**(3—4): 245—265
- [17] Dabrowski K, Glogowski J. Studies on the proreolytic enzymes of invertebrates constituting fish food [J]. *Hydrobiologia*. 1977a, **52**: 171—174
- [18] Abi Ayad A, Kestemont P. Comparison of the nutritional status of goldfish (*Carassius auratus*) larvae fed with live, mixed or dry diet [J]. *Aquaculture* 1994, **128**(1—2): 163—176
- [19] Caruso G, Genovese L, Greco S. Effect of two diets on the enzymatic activity of *Pagellus acarne* (Brunnerich 1768) in intensive rearing [J]. *From Discovery To Commercialization*. Carrillo, -M.; Dahle, -L.; Morales, -J.; Sorgeloos, -P.; Sørensen, 2N.; Wyban, 2J. 2Eds. Oostende2Belgium European2Aquaculture2Soc. 1993, **19**: 332
- [20] Lemaire P, Drai P, Mathieu A, Lemaire S, Carriere S, Giudicelli J, Lafaurie M. Changes with different diets in plasma enzymes (GOT, GPT, LDH, ALP) and plasma lipids (cholesterol, triglycerides) of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. *Aquaculture*. 1991, **93**(1): 63—75

EFFECT OF DIFFERENT DIETARY PROTEIN CONTENT ON ACTIVITIES OF PEPSIN AND AMYLASE OF *SILURUS MERIDIONALIS* CHEN

HUANG Feng¹, YAN AnSheng¹, ZHANG GuiRong¹ and ZOU GuoWei²

(¹ Key Lab of Biology in Freshwater Aquaculture and Enhancement, the Ministry of Agriculture, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070;

² Yangtze River Institute of Fisheries, Chinese Academy of Fishery Science, Jingzhou 434000)

Abstract: In order to research the relationship between the nutrients or feedstuffs and the digestive enzymes in fish, it was studied in this paper that the changes of pepsin or acid protease and amylase activities in pancreas, stomach, foregut and hindgut of *Silurus meridionalis* were measured at 0d, 15d, 25d and 50d with different protein content diet, containing protein 44.18%, 29.11% and 13.13% and naming high protein content diet (HPCD), intermediate protein content diet (IPCD) and low protein content diet (LPCD) respectively. The results are as follows:

1) *Silurus meridionalis* in HPCD and IPCD groups (44.18% and 29.11%) grow faster than does in LPCD group; In the anaphase (after 25d), the growth rate of this fish in IPCD group is biggest. It shows that the protein content in pellets is about 29.11% or little more, but not more than 45%.

2) During the former experiment (before 25d), the pepsin or acid protease activities in stomach show the tendency to decrease in all three groups. But in the later experiment (after 25d), the pepsin activity in stomach of *S. meridionalis* in the IPCD group tends to increase, while that to decrease in other two groups. These show that the protein content in diets can influence the pepsin activities in stomach of the fish. The acid protease activities in pancreas, foregut and hindgut are very low, they had very little action on digesting diet. Combined to the growth of this fish, it shows that there have some correlations between the changes of pepsin activities in stomach and growth after a period time of rearing.

3) In the whole experiment, the amylase activities in pancreas are higher than that in other three organs or tissues in the three groups. And in the earlier experiment (before 15d), the amylase activities in pancreas decreased slowly, but increased rapidly from 15d to 25d. Then this enzyme activity became stable after 25d in the HPCD group, but in other two groups the activities kept to increase.

4) During the whole the amylase activities fluctuated to some extent in all groups, but in the later period (after 25d), the amylase activities in the foregut and hindgut in the LPCD group decrease rapidly, but this enzyme activities still increase in the same time. These also suggest that amylase enzyme activities or their changes correlate to the growth of this species.

5) Over the whole experiment, the characters of the distribution of pepsin or acid protease and amylase activities to all tissues or organs studied are similar in all three groups. It shows that the protein content in diets did not influence the distribution of these two enzyme activities to all tissues or organs.

The changes of the two enzyme activities among the three groups in the experiment suggest that how much protein in diets influences the synthesis, secretion and action of pepsin in stomach and amylase of this species.

Key words: *Silurus meridionalis*, Digestive enzyme; Pepsin; Amylase; Diet