维普资讯 http://www.cqvip.com

第 27 卷第 6 期
2003 年 12 月

水 产 学 报
JOURNAL OF FISHERIES OF CHINA

Vol.27, No.6
Dec.,2003

文章编号:1000 - 0615(2003)06 - 0558 - 06

不同饲料对黄鳝消化酶活性的影响

杨代勤[1], 严安生[2], 陈 芳[1], 阮国良[1], 方长琰[1]

(1.长江大学动物科学学院,湖北 荆州 434025; 2.华中农业大学水产学院,湖北 武汉 430070)

摘要: 进行了黄鳝喜食的天然动物性饵料蚯蚓、鲢肌肉和配合饲料对黄鳝消化酶活性影响的比较研究。结果表明:(1)黄鳝各消化组织中蛋白酶活性均以摄食蚯蚓组增加幅度最大,其次为摄食鲢肌肉组,而以摄食配合饲料的蛋白酶活性增加最小;(2)胰蛋白酶的活性变化则以摄食鲢肌肉组的增加幅度最大,以摄食蚯蚓组次之,摄取配合饲料组的增加幅度最小;(3)淀粉酶的活性以摄取配合饲料的黄鳝的增加幅度最大,其次为摄食鲢肌肉组,增加幅度最小的为摄取蚯蚓组个体;(4)脂肪酶的活性变化以摄取鲢肌肉的增加幅度最大,其次为摄食蚯蚓的,摄食配合饲料组增加幅度最小。这表明不同饲料对黄鳝消化器官消化酶的活性影响不同,这可能与不同饲料的营养组成、性质有关,食物中的不同营养物质会刺激黄鳝消化器官分泌相应的消化酶,以便更好地消化所摄取的食物。

关键词:黄鳝;动物饵料;配合饲料;消化酶

中图分类号:S963 **文献标识码**:A

Effects of different diets on activities of digestive enzymes of *Monopterus albus*

YANG Dai-qin[1], YAN An-sheng[2], CHEN Fang[1], RUAN Guo-liang[1], FANG Chang-yan[1]

(1. *Animal Science Faculty, Yangtze University, Jingzhou* 434025, *China*;
2. *Fishery College, Huazhong Agricultural University, Wuhan* 430070, *China*)

Abstract: Effects of different diets (Pheretima, flesh of silver carp, formulated diets) on the activities of digestive enzymes of *Monopterus albus* were studied. The results showed: (1) The activities of protease in the individuals that fed on different diets from higher to lower were in the descending sequence of earth worm (Pheretima), flesh of silver carp and formulated diets; (2) The activities of trypsin in the individuals that fed on different diets from higher to lower were in the descending sequence of flesh of silver carp, worm and formulated diets; (3) The activities of amylase in the individuals that fed on different diets from higher to lower were in the descending sequence of formulated diets, flesh of silver carp and worm; (4) The activities of lipase in the individuals that fed on different diets from higher to lower were in the descending sequence of flesh of silver carp, worm and formulated diets. This suggested that the different diets that *M. albus* fed on could affect the activities of digestive enzymes differently, and this might be that different nutritional matter could stimulate digestive organs to secrete relevant digestive enzymes to digest relevant nutritional matter better.

收稿日期:2002-09-24

资助项目:湖北省科技厅重点项目(20002P0805)和重大项目(2001AA201A01)资助

作者简介:杨代勤(1966 -),男,湖北公安人,教授,博士,主要从事鱼类营养与养殖研究。E-mail:yangdaiq@163.com

维普资讯 http://www.cqvip.com

Key words: *Monopterus albus*; animal diets; formulated diets; digestive enzymes

研究鱼类的消化生理和消化酶的特性是进行鱼类人工配合饲料研究的基础,国内外对鱼类的消化酶进行了广泛研究[1-6],而且随着对鱼类消化酶研究的不断深入,研究领域也在不断扩大,包括鱼类的消化酶的种类、活性分布特点、消化酶的理化特性,消化酶与鱼类摄食、食性、营养、饲料的关系也已开始探讨[7-11],这对于解决鱼类的配合饲料问题,提高鱼类对配合饲料的利用有重要的指导意义。在解决黄鳝的配合饲料的过程中,为提高黄鳝对配合饲料的消化利用率,开展了黄鳝消化生理的研究,并在对黄鳝消化酶的活性分布和理化特性研究的基础上,进行了不同饲料对黄鳝消化酶活性的影响的探讨,以期为解决黄鳝的配合饲料问题提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用黄鳝为长江大学黄鳝养殖基地人工饲养的个体,在选取过程中,注意大小规格基本一致,个体平均重 42.8±3.5g。试验开始前先饥饿 3d,并测定黄鳝消化酶的活性。试验阶段分别用自配的配合饲料(主要原料为白鱼粉、豆饼、酵母、α-淀粉等)、蚯蚓、鲢肉投喂黄鳝,各饲料的主要营养成分见表1。每一种饲料设 3 个平行对照组,每组放养黄鳝 50 尾,养殖 30d 后,分别测定摄食不同饲料组的黄鳝消化酶的活性。测定消化酶时每组分别取 3 个样品,且所选取的各样品黄鳝个体大小基本一致,平均个体重 68.3±5.7g。

表1 3种饲料的主要营养成分

Tab.1 Nutritional composition of the three test diets (% dry weight)

营养成分 nutritional composition	蚯蚓 earthworm	鲢肉 flesh of silver carp	配合饲料 formulated diet
粗蛋白质 protein	70.93	68.27	39.02
粗脂肪 fat	7.91	12.26	7.28
碳水化合物 carbohydrate	18.22	16.38	37.58
灰分 ash	2.94	3.09	16.12

1.2 饲料营养成分的分析

蛋白质采用 GB6432-86 凯氏微量定氮法,脂肪采用 GB6433-86 索氏抽提法,灰分采用 GB6538-86 马福炉灼烧法,碳水化合物采用减量法。

1.3 消化酶的分析

1.3.1 粗酶液制备

将活鳝杀死,立即解剖,迅速取出所有内脏,置于冰块中,分离出胃、肠道和肝脏,剪开胃和肠道,将肠道等分为 2 段,用冰冻重蒸水冲洗胃和肠内壁,经脱脂棉球轻轻擦拭干净后,分别刮下其粘膜。每个样品设 3 个重复。将获得的样品放入匀浆器中,同时将匀浆器外套置于冰水中,低温下匀浆,匀浆液经高速冷冻离心机离心 30min(12 000r·min^{-1}),所得上清液即为消化酶样品,置于冰箱中保存,24h 内测定完所有酶活性指标。

1.3.2 酶活性测定

蛋白酶活性的测定 采用福林-酚试剂法。将 1mL 粗酶液与 1mL 1%酪蛋白磷酸缓冲液(pH8.5)混合,35℃水浴 15min,以 3mL 10%的三氯乙酸终止反应,680nm 波长下测定酶活力。蛋白酶活性大小用 1g 新鲜组织在 35℃、pH 为 8.5 条件下,1 min 分解酪蛋白产生 1μg 酪氨酸定为 1 个活性单位来表示 [μgTyr(g·min)$^{-1}$]。

胰蛋白酶活性的测定 以 Na-对甲苯磺酰-L-精氨酸甲酯酸盐(TAME)作底物,先将 29.0 mg

维普资讯 http://www.cqvip.com

TAME 和 222mg $CaCl_2$ 溶于 100mL 0.05mol·L^{-1}、pH9.0 Tris - HCl 缓冲液中，35℃预热，加入 0.2mL 粗酶液，立即混合均匀，并计时，于 247nm 波长处测吸光值(A)，每隔 30s 读一次数，共计 2 min，根据时间 - 吸光值的关系曲线中的直线部分，任选一时间间隔与相应的吸光值的增量(ΔA)来计算胰蛋白酶活性。胰蛋白酶活性大小用 1g 新鲜组织在 35℃、pH9.0 条件下，1 min 内所产生的吸光值的变化量(增量)来表示[ΔA247·$(g·min)^{-1}$]。

淀粉酶活性的测定 用 DNS 法。将 0.5mL 粗酶液与 2mL 1.0%淀粉 - 磷酸缓冲液(pH8.0)混合，30℃水浴 15min，DNS 显色，煮沸后冷却，540nm 波长测定酶活力。淀粉酶活性大小用 1g 新鲜组织在 30℃、pH8.0 条件下，1 min 内使可溶性淀粉分解产生麦芽糖的毫克数来表示[mg maltose·$(g·min)^{-1}$]。

脂肪酶活性的测定 脂肪酶活性的测定采用聚乙烯醇橄榄油乳化液水解法。取 0.025mol·L^{-1} pH7.5 磷酸缓冲液 5mL 和 4mL 聚乙烯醇橄榄油作乳化液，置 30℃水浴中预热 5 ~ 10min，然后加入粗酶液 1mL，保温 15min，立即加入 95%乙醇 15mL，终止反应。加酚酞指示剂 3 滴，用 0.05mol·L^{-1} NaOH 标准液滴定至微红色。并同时做空白对照，对照样品中的乙醇在酶液前加入。脂肪酶活性大小用 1g 新鲜组织在 30℃、pH7.5 条件下，1 min 使脂肪分解产生 1μg 分子脂肪酸的量来表示[μg fatty acid·$(g·min)^{-1}$]。

1.4 数据的处理

用最小显著极差法(LSD)进行试验数据的统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同饲料对蛋白酶活性的影响

用蚯蚓、鲢肉和配合饲料分别饲喂黄鳝 30d 后，其消化系统内的蛋白酶活性变化见表 2。从表 2 可以看出，黄鳝摄取不同饲料后，其胃、前肠、后肠和肝脏的蛋白酶活性的分布规律与试验开始前测定的一样，仍以胃内的蛋白酶活性最高，前肠次之，肝脏最低，其蛋白酶的活性分布规律没有改变。但从每种组织的酶活性看，其活性大小发生了变化，均比试验开始的活性增加了，但投喂不同的饲料，活性增加的幅度不一样。各组织中均以用蚯蚓喂养的个体的蛋白酶活性增加的幅度最大，使胃、前肠和后肠中的蛋白酶的活性显著性增加($P<0.05$)；用鲢肉喂养的增加幅度次之，仅使前肠中的蛋白酶活性显著性增加($P<0.05$)，其它组织则增加不显著($P>0.05$)；而用配合饲料喂养的黄鳝各组织中蛋白酶活性的增加均不显著($P>0.05$)。

表 2 不同饲料对黄鳝蛋白酶活性的影响

Tab.2 Effect of different diets on protease activities of *M. albus* μgTyr·$(g·min)^{-1}$

组 织 tissues	试验开始 initial test	蚯 蚓 earthworm	鲢 肉 flesh of silver carp	配合饲料 formulated diet
胃 stomach	2267.23 ± 12.45a	2458.87 ± 18.11b	2382.44 ± 18.77a	2273.22 ± 19.41a
前肠 foregut	1658.67 ± 9.46a	1972.31 ± 15.23b	1905.38 ± 18.26b	1738.32 ± 16.45a
后肠 hindgut	825.89 ± 11.23a	975.32 ± 14.81b	912.81 ± 15.61a	858.18 ± 10.58a
肝脏 liver	573.21 ± 7.72a	673.58 ± 11.82a	658.61 ± 16.30a	605.37 ± 16.45a

注：同行中数尾字母相同的数之间差异不显著($P>0.05$)，数尾字母为 a 与 b 之间相差显著($P<0.05$)

Notes: the difference between the numbers that have the same letter at end in horizotal row is not significant($P>0.05$), the difference between the numbers which letter at end in horizontal row is a and b is significant($P<0.05$)

2.2 不同饲料对胰蛋白酶活性的影响

用蚯蚓、鲢肉和配合饲料分别饲喂黄鳝 30d 后，其消化系统内的胰蛋白酶活性变化见表 3。从表 3 可以看出，黄鳝摄取不同饲料后，其胃、前肠、后肠和肝脏的胰蛋白酶活性的分布规律与试验开始时测定

维普资讯 http://www.cqvip.com

的消化酶活性分布规律一样,仍以前肠内的胰蛋白酶活性最高,胃的次之,肝脏的最低,其胰蛋白酶的活性分布规律没有改变。但从每种组织的酶活性看,其活性大小发生了变化,均比试验开始的活性增加了,但投喂不同的饲料,活性增加的幅度不一样,用鲢喂养的个体胃和前肠的胰蛋白酶活性极显著增加($P<0.01$),后肠和肝脏的也显著性增加($P<0.05$);但用蚯蚓喂养的仅胃和前肠的显著性增加($P<0.05$),后肠和肝脏的则增加不显著($P>0.05$);而用配合饲料喂养的个体各组织中的胰蛋白酶活性增加均不显著($P>0.05$)。

表3 不同饲料对黄鳝胰蛋白酶活性的影响

Tab.3 Effect of different diets on trypsin activities of *M. albus* △A247·(g·min)$^{-1}$

组织 tissues	试验开始 initial test	蚯蚓 earthworm	鲢肉 flesh of silver carp	配合饲料 formulated diet
胃 stomach	13.72 ±2.18a	18.21 ± 2.56b	19.18 ± 2.17c	14.58 ± 2.01a
前肠 foregut	20.81 ± 3.22a	27.33 ± 2.87b	29.37 ± 2.67c	22.16 ± 1.89a
后肠 hindgut	8.77 ± 1.72a	11.27 ± 2.18a	13.15 ± 2.10b	9.36 ± 1.24a
肝脏 liver	3.33 ± 0.75a	4.08 ±1.59a	5.17 ± 1.11b	3.65 ± 0.57a

注:同行中数尾字母相同的数之间差异不显著($P>0.05$),数尾字母为a与b的两数之间相差显著($P<0.05$),数尾字母为a与c的两数之间差异极显著($P<0.01$)

Notes: the difference between the numbers that have the same letter at end in horizontal row is not significant($P>0.05$), the difference between the numbers which letter at end in horizontal row is a and b is significant($P<0.05$), but a and c is very significant($P<0.01$)

2.3 不同饲料对淀粉酶活性的影响

用蚯蚓、鲢肉和配合饲料分别饲喂黄鳝30d后,其消化系统内的淀粉酶活性变化见表4。从表4可以看出,黄鳝摄取不同饲料后,其胃、前肠、后肠和肝脏的淀粉酶活性的分布规律与试验开始时黄鳝的消化酶活性分布规律一样,仍以后肠内的淀粉酶活性最高,前肠的次之,胃的最低,其淀粉酶的活性分布规律没有改变。但从每种组织的酶活性看,其活性大小发生了变化,均比试验开始时的活性增加了,但投喂不同的饲料,活性增加的幅度不一样,各组织中均以用配合饲料喂养的个体的淀粉酶活性增加的幅度最大,使胃、后肠和肝脏的淀粉酶活性极显著增加($P<0.01$),前肠的淀粉酶活性显著性增加($P<0.05$),用鲢喂养的增加幅度次之,仅使胃和肝脏的淀粉酶的活性显著性增加($P<0.05$),以蚯蚓喂养的增加幅度最小,仅使肝脏的淀粉酶活性显著性增加($P<0.05$)。

表4 不同饲料对黄鳝淀粉酶活性的影响

Tab.4 Effect of different diets on amylase activities of *M. albus* mg maltose·(g·min)$^{-1}$

组织 tissues	试验开始 initial test	蚯蚓 earthworm	鲢肉 flesh of silver carp	配合饲料 formulated diet
胃 stomach	1.12 ±0.25a	1.87± 0.21b	1.75± 0.35b	2.01± 0.48c
前肠 foregut	6.23 ±1.17a	7.08±1.89a	7.82± 2.08a	8.58± 1.52b
后肠 hindgut	7.93± 1.26a	8.87± 2.31a	9.13± 1.89a	12.26± 2.97c
肝脏 liver	5.13± 2.01a	7.05± 1.12b	7.37± 1.51b	9.06± 2.13c

注:同表3

Notes: the notes is the same as the notes of Tab.3

2.4 不同饲料对脂肪酶活性的影响

用蚯蚓、鲢肉和配合饲料分别饲喂黄鳝30d后,其消化系统内的脂肪酶活性变化见表5。从表5可以看出,黄鳝摄取不同饲料后,其胃、前肠、后肠和肝脏的脂肪酶活性的分布规律与试验开始时黄鳝消化酶活性分布规律一样,仍以后肠内的脂肪酶活性最高,肝脏的次之,胃的最低,其脂肪酶的活性分布规律没有改变。但从每种组织的脂肪酶活性看,其活性大小发生了变化,均比试验开始时的活性增加了,但投喂不同的饲料,活性增加的幅度不一样,各组织中均以用鲢喂养的个体的脂肪酶活性增加的幅度最大,摄食鲢的个体其各组织中的脂肪酶活性均极显著增加($P<0.01$),用蚯蚓喂养的增加幅度次之,摄

维普资讯 http://www.cqvip.com

食蚯蚓的个体各组织中的脂肪酶活性均只显著性增加($P<0.05$),而以配合饲料喂养的增加幅度最小,摄食配合饲料后仅使胃和肝脏的脂肪酶活性显著性增加($P<0.05$)。

表5 不同饲料对黄鳝脂肪酶活性的影响

Tab.5 Effect of different diets on lipase activities of *M. albus* μg fatty acid·(g·min)$^{-1}$

组 织 tissues	试验开始 initial test	蚯 蚓 earthworm	鲢 肉 flesh of silver carp	配合饲料 formulated diet
胃 stomach	8.37±1.21a	12.35±2.18b	14.08±2.97c	10.22±2.61b
前肠 foregut	18.25±2.68a	23.57±2.67b	25.68±4.07c	21.03±3.17a
后肠 hindgut	28.15±3.63a	35.73±6.21b	39.22±7.58c	31.62±5.45a
肝脏 liver	25.27±3.31a	33.25±4.89b	35.92±6.47c	30.58±4.21b

注:同表3

Notes: the notes is the same as the notes of Tab.3

3 讨论

试验结果表明,黄鳝通过摄食不同饲料30d后,其组织的消化酶的活性发生了变化,与开始前相比,胃、前肠、后肠和肝脏的蛋白酶、胰蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶的活性都有增加,这可能是黄鳝在试验开始时测定的黄鳝因为饥饿了3d未摄食,而试验结束时分析的黄鳝为摄食的个体,由于黄鳝摄食,消化道内有食物存在,食物会刺激黄鳝的组织分泌各种消化酶以消化食物所致。这在很多鱼类上得到了证实,Uys等[12]研究胡鲇(*Clarias gariepinus*)、Takii等[13]研究鳗鲡、钱国英[3]研究鳜等鱼类的消化酶时均发现鱼类摄食会引起消化酶活性的变化,食物能刺激消化酶的分泌。

黄鳝摄取不同的饲料其组织中蛋白酶、胰蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶的活性变化幅度不一样。摄取蚯蚓时蛋白酶的增加幅度最大,摄取鲢肉时胰蛋白酶和脂肪酶的活性增加最大,而摄取配合饲料时则淀粉酶的活性增加最大,这可能与不同饲料的营养组成、性质等不同有关。蚯蚓和鲢肉为动物性鲜饵料,且蛋白质含量高,可能更能刺激蛋白酶的分泌,使其活性较高,这在很多研究中也发现了这一点。Caruso等[14]用鲜活饵料和配合饲料喂养腋斑小鲷(*Pagellus acarne*)20d后,发现摄食鲜活饵料的鱼的蛋白酶、弹性蛋白酶的总量比摄食配合饲料的要高,且蛋白酶活性的增加与鱼的生长有关;Ragyanszki[10]研究鲤的幼鱼消化酶、Barahi等[15]研究大口鲈的消化酶、Pedersen等[16]研究大西洋鲱(*Clupea harengus*)幼鱼的消化酶均发现鱼类蛋白酶的分泌和活性大小与所摄取的食物性质和数量有关。用配合饲料养殖黄鳝,其淀粉酶的活性增加幅度最大,而蛋白酶与胰蛋白酶的增加幅度最少,这可能因为配合饲料虽然营养较全面,但蛋白质含量较低,且蛋白质不仅有动物蛋白、而且还有植物蛋白,同时饲料中淀粉含量较高所引起的。Jollivet等[8]和Rosch等[17]的研究也证实了这一结果。

食物对胰蛋白酶和脂肪酶的活性也会产生影响。Fountoulaki等[18]用4种不同的饲料喂养金头鲷时,发现脂肪含量高的饲料会增加脂肪酶的活性,同时使淀粉酶的活性降低;脂肪含量低而碳水化合物高时,则脂肪酶的活性会降低而淀粉酶的活性会增加;Hjelmeland等[19]发现摄食聚苯乙烯的大西洋鲱的胰蛋白酶的活性比不摄食的高,而摄食与聚苯乙烯同样大小的活饵料的鱼,其胰蛋白酶的活性最高;Abi-Ayad等[7]分别用活饵料、混合饲料(50%活饵料+50%干饲料)和干饲料饲养金鱼2~3周后,发现金鱼的胰蛋白酶活性因饲料不同而不同,天然饵料组和混合组的金鱼的胰蛋白酶活性要比配合饲料组的高,且以天然饵料组的最高。本试验也表明,用天然饵料喂养黄鳝,其胰蛋白酶的活性较配合饲料组的高,脂肪含量低的饵料会降低黄鳝的脂肪酶的活性。因此,饲料不同,饲料中营养组成及质量不同,都会影响到黄鳝的消化酶的活性。

参考文献:

[1] Long L Q, Xiong B X. Preliminary study on digestive enzymes of eel (*Anguilla japonica*)[J]. J Huazhong Agri Univ, 1996, 15(3): 275-278. [龙良启,熊邦喜. 池养鳗鲡胃肠组织消化酶的初步研究[J]. 华中农业大学学报, 1996, 15(3): 275-278.]

[2] Wu T T, Zhu X M. Study on the activities of digestive enzymes of *Siniperca chuatsi*, *Mylopharyngodon piceus*, *Ctenopharyngodon idellus*,

维普资讯 http://www.cqvip.com

Cyprinus carpio haematopterus, *Carassius auratus auratus*, *Hypophthalmichthys molitrix*[J].J Fish Sci China,1994,(2):10－17.[吴婷婷,朱晓鸣.鳜鱼、青鱼、草鱼、鲤、鲫、鲢消化酶活性的研究[J].中国水产科学,1994,(2):10－17.]

[3] Qian G Y. Change of digestive enzymes activities in intestinal canal of domesticated mandarin fish[J].J Zhejiang Agri Univ, 1998,24(2):201－210.[钱国英.不同驯食方式对鳜鱼胃、肠道消化酶活性的影响[J].浙江农业大学学报,1998,24(2):201－210.]

[4] Huang F, Yan A S. Study on trypsin in silver carp and bighead carp[J].J Fish China,1996,20(1):68－71.[黄 峰,严安生.鲢、鳙胰蛋白酶的研究[J].水产学报,1996,20(1):68－71.]

[5] Gui Y M, Wu Y. The effect of temperature on the main digestive enzyme activities of grass carp,common carp, silver carp and bighead carp [J].J Dalian Fish Coll, 1993,8(4):1－8.[桂远明,吴 垠.温度对草鱼、鲤、鲢、鳙主要消化酶活性的影响[J].大连水产学院学报,1993,8(4):1－8.]

[6] Agrawal V P, Sastry K V. Digestive enzymes of three teleost fishes[J]. Acta Physiol Humg,1985,46:93－98.

[7] Abi-Ayad A, Kestemont P. Comparison of the nutritional status of goldfish(*Carassius auratus*)larvae fed with live,mixed or dry diet[J].Aquac, 1994,128(1):163－176.

[8] Jollivet D, Gabaudan J. Some effects of physical state and dietary level of starch,temperature and meal size on turbot (*Scophthalmus maximus*) digestive process[J]. Copenhagen-Denmark-Ices,1988, 17－20.

[9] Krogdahl A, Lea T. Soybean proteinase inhibitors affect intestinal trypsin activities and amino acid digestibilities in rainbow trout(*Oncorhynchus mykiss*) [J].Comp Biochem Physiol,1994, 107A:403－409.

[10] Ragyanszki M. Preliminary investigations on the proteolytic digestive enzymes of carp fry[J].Aquaculture Jung, (Szarvas),1980, 2:27－30.

[11] Muzaffar-Bazaz M, Keshavanath P. Effect of feeding different levels of sardine oil on growth, muscle composition and digestive enzyme activities of mahseer,Torkhrdree[J].Aquac, 1993, 115, (1－2) : 111－119.

[12] Uys W, Hecht, T. Changes in digestive enzyme activities of catfish, *Clarias gariepinus*[J].Aquac, 1987,63:243－250.

[13] Takii K,Shimeno S. Changes in digestive enzyme activities in eel after feeding[J]. Bull Jap Fish Soc Sci, 1985,51:2027－2031.

[14] Caruso G,Genovese L. Effect of two diets on the enzymatic activity of Pagellus acarne in intensive rearing[J].Ostende Belgium European Aquaculture Soc,1993,19:332.

[15] Barahi V, Lovell R T. Degestive enzyme activities in striped bass from first feeding through larva development[J]. Trans Am Fish Soc,1986, 115:478－484.

[16] Pedersen B H, Nilssen E M. Variations in the content of trypsin and trypsinogen in larval herring(*Clupea harengus*)digesting copepod nauplii [J].Mar Biol,1987,94(2):171－181.

[17] Rosch R, Senger H. Development of dry food for larvae of *Coregonus lacaretus* L. I.Growth,food digestion and fat absorption[J].Aquac, 1990,91:101－115.

[18] Fountoulaki E, Alexi M N. Effect of diet composition on digestive fluid volume and activity of digestive enzymes of gilthead bream[C]. 5th Hellenic Symposium on Oceanography and Fisheries,Kavala, Greece,April,15－18,1997. 165－168.

[19] Hjelmeland K, Pedersen B H. 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.