

# 鳊鱼、青鱼、草鱼、鲤、鲫、鲢消化酶活性的研究

吴婷婷

(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 无锡 214081)

朱晓鸣

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

**摘要** 鳊鱼、青鱼、草鱼、鲤、鲫、鲢肝脏蛋白酶活性低于肠蛋白酶。肠蛋白酶活性, 鳊鱼最高, 其余依次为青鱼、鲤、鲢、草鱼、鲫。鳊鱼、鲢的肠蛋白酶活性由前肠向后肠递减; 而青鱼、鲤、草鱼的则由前肠向后肠递增; 鲫则中肠活性最低。六种鱼不同组织的脂肪酶活性因鱼而异。青鱼、鳊鱼、鲤、鲢肝脏中脂肪酶活性低于肠脂肪酶活性( $P < 0.01$ ); 而草鱼和鲫肝脏中脂肪酶活性与肠脂肪酶活性差异不明显( $P > 0.05$ )。六种鱼肝脏中脂肪酶活性由高到低依次为鳊鱼 > 鲢 > 鲫 > 草鱼 > 青鱼 > 鲤; 肠脂肪酶活性顺序为鳊鱼 > 鲢 > 青鱼 > 鲤 > 草鱼 > 鲫。脂肪酶活性与鱼类食性无明显相关性。不同组织间淀粉酶活性存在差异。鳊鱼的肝脏和肠均有较高淀粉酶活性, 青鱼和鲫肝脏中淀粉酶活性低于肠中的; 草鱼、鲤和鲢肝脏中淀粉酶活性高于肠中的, 但差异不显著。六种鱼中鳊鱼的肝脏淀粉酶活性明显高于其它五种无胃鱼, 它们的淀粉酶活性顺序依次为鳊鱼 > 鲢 > 鲤 > 草鱼 > 青鱼 > 鲫; 肠淀粉酶活性顺序为鳊鱼 > 鲫 > 鲤 > 青鱼 > 鲢 > 草鱼。

**关键词** 鳊鱼, 青鱼, 草鱼, 鲤, 鲫, 鲢, 消化酶, 活性

随着鱼类养殖业发展, 鱼类消化酶研究越来越得到重视。国外对鱼类消化酶也进行了一些研究, Hsu 和 Wu<sup>[9]</sup>研究了淡水鱼类的摄食行为与消化酶之间相互关系, Bitterlich<sup>[7]</sup>研究了鲢、鳙胰蛋白酶活性及其在肠道内分布, Jones 等<sup>[10]</sup>研究了肉食性鱼类、杂食性鱼类和草食性鱼类蛋白酶活性; 国内黄耀桐<sup>[3]</sup>研究了草鱼肠道和肝胰脏蛋白酶活性, 倪寿文等<sup>[4-6]</sup>进行了草鱼、鲤、鲢、鳙和尼罗罗非鱼脂肪酶、淀粉酶、蛋白酶活性比较。本文主要研究鳊鱼 *Siniperca chautsi*、青鱼 *Mylopharyngodon piceus*、草鱼 *Ctenopharyngodon idellus*、鲤 *Cyprinus carpio*、鲫 *Carassius auratus* 和鲢 *Hypophthalmichthys molitrix* 六种不同食性鱼类消化道各部位及肝脏中蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶活性, 以及在肠道内的分布情况。这对配制它们的人工饵料有重要意义。

收稿日期: 1994-05-20。

## 材 料 与 方 法

### (一) 试验鱼

鳊鱼、青鱼、草鱼、鲤、鲫、鲢均采自中国水产科学研究院淡水渔业研究中心试验场。规格见表 1。

表 1 试验鱼的规格

Table 1 Size and weight of the fish studied

种 类 Species	体长(厘米) Body length(cm)	体重(克) Body weight(g)
鳊鱼 Mandarin fish	25.10±4.10	0.55±0.17
青鱼 Black carp	55.50±1.75	2.67±0.26
草鱼 Grass carp	47.31±2.45	1.93±0.22
鲤 Common carp	19.44±0.24	0.23±0.01
鲫 Crucian carp	33.30±2.41	1.05±0.13
鲢 Silver Carp	34.07±4.53	0.78±0.24

### (二) 酶液的制备

活鱼运回后,测定体长和体重,置冰盘上解剖,取出全部肝脏和消化道放入-80℃冰箱中保存。酶活性测定前将组织取出,在室温下自然解冻,剔除脂肪和消化道内含物。将肠分为前肠、中肠和后肠(鳊鱼分为胃、幽门垂和肠)。分别取肝脏和前、中、后肠,称重,加入适量冷却(4℃)无离子水,匀浆,随后在 4℃、13000r. p. m 下离心 30 分钟,取上清液置于 4℃冰箱中待用(不超过 12 小时)。

### (三) 酶活性测定

1. 蛋白酶活性测定 采用福林试剂法<sup>[1]</sup>。在 25℃恒温下,加待测酶液样品 0.1 毫升和 0.4 毫升 0.01NHCl,置 37℃保温数分钟,加入 2%血红蛋白,混匀。反应一定时间后立即加入 5%三氯乙酸,离心去沉淀,加入 0.5NNaOH,再加 Folin-phenol,置于 25℃一定时间后,在 660nm 测定光密度。

2. 脂肪酶活性测定 采用聚乙烯醇橄榄油乳化液水解法<sup>[11]</sup>。

3. 淀粉酶活性测定 采用淀粉-碘显色法<sup>[1]</sup>。

## 结 果

### (一) 鳊鱼、青鱼、草鱼、鲤、鲫、鲢不同组织(肝脏、肠、胃)消化酶活性比较

1. 蛋白酶活性比较 表 2 表明六种鱼肝脏中蛋白酶活性都较低,分别低于它们肠道中蛋白酶活性。这是因为肝脏是一种消化腺,储存糖元和分泌胆汁,并对中间代谢和抵抗消化道中毒物起重要作用(表 2)。

2. 脂肪酶活性比较 六种鱼类不同组织脂肪酶活性因鱼而异。鳊鱼、青鱼、鲤、鲢肝脏中脂肪酶活性显著低于肠道中的( $p < 0.01$ );而草鱼和鲫肝脏中脂肪酶活性与肠道中的差异不明显( $p > 0.05$ )(表 2)。

3. 淀粉酶活性比较 不同组织间淀粉酶活性存在差异。鳊鱼的肝脏、肠和胃均有较高淀粉酶活性;青鱼和鲫肝脏中淀粉酶活性明显低于肠内的( $p < 0.01$ );草鱼、鲤和鲢肝脏淀粉酶活性高于肠内的,但差异不显著( $p > 0.05$ )(表 2)。

表 2 六种试验鱼的消化酶活力  
Table 2 Digestive enzyme activity of six species of fish

种类 Species	组织 Tissue	酶活力(单位/分·克蛋白) Activity(unit/min. g. pro.)		
		蛋白酶 Protease	脂肪酶 Lipase	淀粉酶 Amylase
鳊鱼 Mandarin fish	胃 Stomach	508.0±107.0	257.0±84.0	22.1±14.8
	幽门垂 Pyloric caeca	16.4±6.2	253.0±97.0	19.3±16.6
	肠 Intestine	16.4±10.2	379.0±165.0	26.2±22.2
	肝 Liver	3.7±4.6	186.0±72.0	20.9±14.9
青鱼 Black carp	前肠 Foregut	9.2±2.8	176.0±35.0	12.5±7.9
	中肠 Midgut	12.3±6.4	197.0±64.0	7.6±5.8
	后肠 Hindgut	54.8±7.5	251.0±122.0	9.4±6.8
	肝 Liver	4.7±2.4	82.4±46.0	4.7±2.4
草鱼 Grass carp	前肠 Foregut	8.4±2.0	143.0±67.0	6.5±3.5
	中肠 Midgut	8.5±4.0	131.0±46.0	7.3±3.9
	后肠 Hindgut	13.4±2.2	174.0±31.0	4.2±2.1
	肝 Liver	3.6±2.1	101.0±52.0	8.9±7.3
鲤 Common carp	前肠 Foregut	13.3±2.8	139.0±50.0	9.1±5.0
	中肠 Midgut	17.7±7.4	183.0±32.0	11.0±7.2
	后肠 Hindgut	25.9±3.5	114.0±39.0	12.7±6.2
	肝 Liver	9.6±6.6	69.0±31.0	11.4±7.5
鲫 Crucian carp	前肠 Foregut	8.9±4.4	137.0±48.0	16.3±10.3
	中肠 Midgut	6.4±2.7	98.0±51.0	12.7±1.7
	后肠 Hindgut	11.4±8.4	93.0±86.0	20.0±11.0
	肝 Liver	3.4±2.0	108.0±32.0	5.9±3.7
鲢 Silver carp	前肠 Foregut	23.6±16.4	329.0±204.0	9.0±5.3
	中肠 Midgut	18.0±11.6	261.0±110.0	9.3±8.9
	后肠 Hindgut	19.2±7.3	180.0±65.0	10.2±9.5
	肝 Liver	6.9±3.2	115.0±33.0	12.5±7.2

## (二)六种鱼的消化酶活性比较

1. 蛋白酶活性比较 肝脏中蛋白酶活性都较低。六种鱼肝脏中蛋白酶活性大小依次为鲤>鲢>青鱼>鳊鱼>草鱼>鲫,但鳊鱼、草鱼和鲫的肝脏蛋白酶活性很相近。肠道中蛋白酶活性顺序为鳊鱼>青鱼>鲤>鲢>草鱼>鲫。

2. 脂肪酶活性比较 六种鱼肝脏脂肪酶活性依次为鳊鱼>鲢>鲫>草鱼>青鱼>鲤;肠脂肪酶活性顺序是鳊鱼>鲢>青鱼>鲤>草鱼>鲫。

3. 淀粉酶活性比较 六种鱼肝脏淀粉酶活性依次为鳊鱼>鲢>鲤>草鱼>鲫>青鱼。鳊鱼肝脏淀粉酶活性明显高于其它五种鱼,鲢和鲤的酶活性相近,青鱼和鲫明显低于鳊鱼、鲢和鲤,草鱼处于它们之间。肠淀粉酶活性依次为鳊鱼>鲫>鲤>青鱼>鲢>草鱼。其中鳊鱼和鲫的肠淀粉酶活性明显高于其它四种鱼。虽然鲤肠淀粉酶活性高于青鱼、鲢、

草鱼,但它们之间没有显著差异。

### (三)六种鱼的肠道不同部位消化酶差异

1. 蛋白酶差异 从图 1 中看到,鳊鱼胃内蛋白酶活性显著地高于幽门垂和肠道( $p < 0.01$ );青鱼的蛋白酶活性在后肠中最高,显著地高于前、中肠( $p < 0.05$ );草鱼、鲤、鲫的蛋白酶活性在后肠最高,但与前、中肠的差异不明显;鲢的蛋白酶活性在前肠最高,显著高于后肠( $p < 0.05$ )。

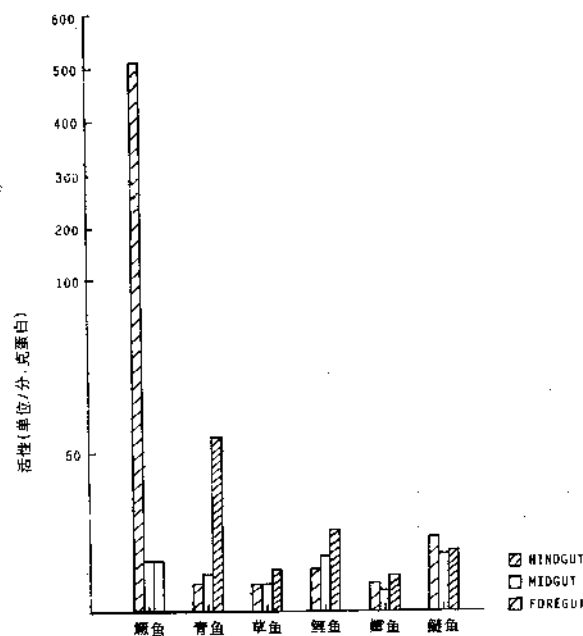


图 1 鳊鱼、青鱼、草鱼、鲤、鲫、鲢肠道不同部分蛋白酶活性

Fig. 1 Protease activities in different parts of intestine in fish studied

2. 脂肪酶差异 从图 2 看出,鳊鱼、青鱼后肠的脂肪酶活性明显高于前肠和中肠( $p < 0.01$ 和  $p < 0.05$ );鲢的脂肪酶活性显示了前肠高于后肠( $p < 0.05$ );草鱼后肠的脂肪酶活性高于中肠( $p < 0.05$ ),而与前肠无显著差异;鲤、鲫的脂肪酶活性在肠道各部位差异不明显。相对而言,鲤中肠的脂肪酶活性略高,而鲫前肠中略高。

3. 淀粉酶差异 图 3 表明鳊鱼整个消化道中也存在淀粉酶,而且活性也较高,其余五种无胃鱼类肠道中淀粉酶活性均无明显差异。

比较图 2 和图 3,我们看到除鳊鱼外,五种无胃鱼类的肠道各部位脂肪酶活性和淀粉酶活性变化有互补现象,即淀粉酶活性高的部位脂肪酶活性低;相反,脂肪酶活性高的,淀粉酶活性低。

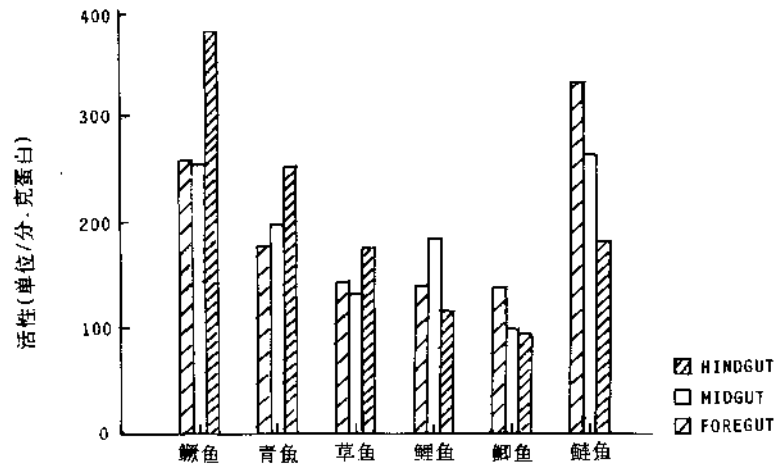


图2 鳊鱼、青鱼、草鱼、鲤鱼、鲫鱼、鲢肠道不同部分脂肪酶活性

Fig. 2 Lipase activities in different parts of intestine in fish studied

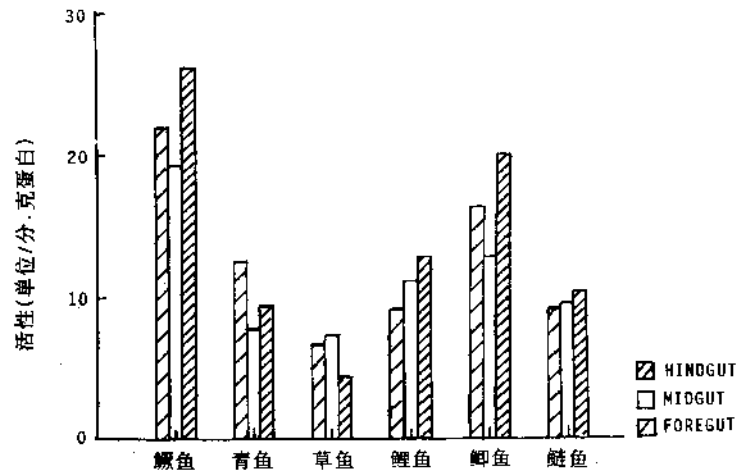


图3 鳊鱼、青鱼、草鱼、鲤鱼、鲫鱼、鲢肠道不同部分淀粉酶活性

Fig. 3 Amylase activities in different parts of intestine in fish studied

## 讨 论

### (一) 鱼类蛋白酶活性与食性关系

比较和分析鳊鱼、青鱼、草鱼、鲤鱼、鲫鱼、鲢肠道中蛋白酶活性强度,发现它们与食性有一定关系。肉食性鱼类(鳊鱼、青鱼)的蛋白酶活性明显高于杂食性鱼类(鲤鱼);杂食性鱼类(鲤鱼)又高于滤食性鱼类(鲢);滤食性鱼类(鲢)又高于草食性鱼类(草鱼、鲫鱼)。这表明鱼类

蛋白酶活性与饵料组成关系更密切,随饲料中蛋白质含量增多而增加。黄耀桐等<sup>[3]</sup>指出,在饲料蛋白质含量为 32—40% 范围内,无论肝胰脏或肠道蛋白酶活性都随饲料中蛋白质含量的增高而升高。Mukhopadhyay<sup>[12]</sup>指出,两栖胡子鲇肠道蛋白水解酶活性随饲料蛋白质含量从 25% 至 50% 而显著增高。Kawai 等<sup>[11]</sup>对鱼类消化酶的研究也指出,鲤蛋白酶活性随饲料鱼粉含量由 20% 增至 80% 而增高。这些结果与我们实验结果一致。然而黄耀桐等的实验指出,肝脏中蛋白酶活性比肠中的稍高。这与我们实验结果不一致。我们认为,这是因为我们仍给草鱼投喂草类,给青鱼喂螺蛳,给鳊鱼喂活的小鱼虾,鲤、鲫、鲢搭养在成鱼池中,以池中藻类、浮游生物、吃食鱼吃剩的饵料或排泄物中碎屑为饵,而黄耀桐等是以不同蛋白质含量配合饲料喂养草鱼,从而造成结果不一致。由此间接证明,当饲料组成变化时,鱼类蛋白酶活性及其分布也会发生变化。另外一个原因是 pH 对蛋白酶活性的影响,据黄耀桐报道,草鱼肝脏、肠道蛋白酶最大活性的 pH 值分别为 7.0 和 6.5。我们在测定蛋白酶活性时,于反应液中加 0.4 毫升 0.01NHCl,使 pH 偏低,造成肝脏中蛋白酶活性测定值较低。

由于鱼类食性不同,消化道的构造差异很大。鳊鱼具有膨大的胃,数目众多的幽门垂,而肠道很短。无胃类的青鱼、草鱼、鲤、鲫、鲢的肠道长度差异很大,这些差异也会影响肠道内消化酶的数量,延长食物在消化道中时间,增加消化酶与食糜的接触,有利于食物的消化吸收。

### (二)关于肠道不同部位蛋白酶活性的差异

我们实验中,鳊鱼、鲢蛋白酶活性由前肠向后肠逐渐下降,尤其鳊鱼胃内蛋白酶活性比肠部的高得多,鲢前肠蛋白酶活性比后肠的高,但差异不明显。青鱼、鲤、鲫、草鱼肠道蛋白酶活性前肠向后肠逐渐升高,其中青鱼的前后肠之间蛋白酶活性差异显著。草鱼和鲫的前后肠之间蛋白酶活性差异不明显。Bitterlich<sup>[7]</sup>在鲢、Hofer<sup>[8]</sup>在莫桑比克罗非鱼、Uys<sup>[13]</sup>在尖齿鲶、倪寿文等<sup>[6]</sup>在草鱼、鲤、鲢、鳊、尼罗罗非鱼的研究指出,肠蛋白酶活性由前肠向后肠逐渐下降,这与我们对鳊鱼和鲢研究的结果一致,而对青鱼、鲤、鲫、草鱼研究的结果不一致。黄耀桐等认为草鱼肠道蛋白酶活性以后肠最高,前、中肠次之,彼此间差异不明显,这与本文中对草鱼的研究结果相一致。我们认为,鱼类肠道不同部位蛋白酶活性不一定有规律性变化,而是因鱼而异。这个问题还有待进一步研究。

### (三)脂肪酶与食性关系

表 2 中六种鱼肝脏脂肪酶活性顺序为鳊鱼>鲢>鲫>草鱼>青鱼>鲤;肠脂肪酶活性顺序为鳊鱼>鲢>青鱼>鲤>草鱼>鲫,表明草食性草鱼肝脏脂肪酶活性比肉食性青鱼和杂食性鲤的强;摄食浮游生物的鲢肠脂肪酶和肝脂肪酶活性都强于肉食性青鱼和杂食性鲤。这说明鱼类脂肪酶活性与食性相关性不明显。

### (四)淀粉酶与食性关系

表 2 中肝脏淀粉酶活性顺序是鳊鱼>鲢>鲤>草鱼>鲫>青鱼;肠淀粉酶活性顺序是鳊鱼>鲫>鲤>青鱼>鲢>草鱼。但各种鱼肠道各部位淀粉酶活性差异不明显,表明鱼类淀粉酶活性与食性无明显的相关性。

## 参 考 文 献

- [1] 中山大学生物系生化微生物教研室编,1979.生化技术导论.科学出版社。
- [2] 上海市医学化验所等编,1979.临床生化检验(上册).上海科技出版社。
- [3] 黄耀桐、刘永坚,1988.草鱼肠道肝胰脏蛋白酶活性初步研究.水生生物学报,12(4):328—333。
- [4] 倪寿文、桂远明、刘焕亮,1990.草鱼、鲤、鲢、鳙和尼罗非鲫脂肪酶活性的比较研究.大连水产学院学报,5(3,4):19—24。
- [5] 倪寿文、桂远明、刘焕亮,1992.草鱼、鲤、鲢、鳙和尼罗非鲫淀粉酶的比较研究.大连水产学院学报,7(1):24—31。
- [6] 倪寿文、桂远明、刘焕亮,1993.草鱼、鲤、鲢、鳙和尼罗非鲫肝胰脏和肠道蛋白酶活性的初步探讨.动物学报,39(2):160—168。
- [7] Bitterlich, G. , 1985. Digestive enzyme patterns of two stomachless filter feeders silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* Val. , and bighead carp, *Aristichthys nobilis* Rich. J. Fish Biol. ,27:103—112.
- [8] Hofer, R. , 1982. Protein digestion and proteolytic activity in the digestive tract of an omnivorous cyprinid, *Comp. Biochem. Physiol.* ,72a:55—63.
- [9] Hsu, Y. L. and I. L. Wu, 1979. The relationship between feeding habits and digestive proteases of some freshwater fishes. *Bull. Inst. Zool. , Acad. Sin.* ,18(1):45—53.
- [10] Jonas, E. et al. , 1983. Proteolytic digestive enzymes of carnivorous (*Silurus glanis* L. ), herbivorous (*Hypophthalmichthys molitrix* Val. ), and omnivorous (*Cyprinus carpio* L. ) fishes. *Aquaculture*, 30:145—154.
- [11] Kawai, S. and S. Ikeda, 1972. Studies on digestive enzymes of fish , II, Effect of dietary change on the activity of digestive enzymes in carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* , 38: 265—270.
- [12] Mukhopadhyay, P. K. , 1978. Studies on intestinal protease: Isolation purification and effect of dietary proteins on alkaline protease activity of the air-breathing fish, *Clarias batrachus* (Linn. ). *Hydrobiologia*, 57(1): 11—15.
- [13] Uys, W. and T. Hecht, 1987. Assays on the digestive enzymes of sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae). *Aquaculture*, 63:301—313.

## STUDIES ON THE ACTIVITY OF DIGESTIVE ENZYMES IN MANDARIN FISH, BLACK CARP, GRASS CARP, COMMON CARP, CRUCIAN CARP AND SILVER CARP

Wu Tingting

(Freshwater Fishery Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081)

Zhu Xiaoming

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan 430072)

**ABSTRACT** The protease activity in liver of mandarin fish (*Siniperca chautsi*), black carp (*Mylopharyngodon piceus*), grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*), common carp (*Cyprinus carpio*), crucian carp (*Carassius auratus*) and silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) were lower than that in their intestine. Among the six species, the protease activity in intestine ranged from high to low: mandarin fish, black carp, common carp, silver carp, grass carp and crucian carp. The protease activity were decreasing gradually in

intestine from proximal to distal in mandarin fish and silver carp; however, in black carp and grass carp the results were opposite, in crucian carp the lowest was in middle gut.

The lipase activity in various tissue were different with the species. The lipase activity in liver in black carp, mandarin fish, common carp, silver carp were lower than that in their intestine ( $P < 0.01$ ). In grass carp and crucian carp, there was no significant difference of lipase activity between in liver and in intestine ( $P > 0.05$ ). The order of lipase activity from high to low in liver was mandarin fish > silver carp > crucian carp > grass carp > black carp > common carp, and that in intestine was mandarin fish > silver carp > black carp > common carp > grass carp > crucian carp. The result showed that the lipase activity was not significantly relative to the food habit.

Amylase activity between tissues was different and changes with species. The amylase activity in liver and intestine in mandarin fish were all high. The amylase activity in liver in black carp and crucian carp were lower than that in intestine, however, in grass carp, common carp, silver carp, the results were opposite, but their difference was not significant. The order of amylase activity from high to low in liver was mandarin fish > silver carp > common carp > grass carp > black carp > crucian carp, and that in intestine was mandarin fish > crucian carp > common carp > black carp > silver carp > grass carp.

**KEYWORDS** Mandarin fish, Black carp, Grass carp, Common carp, Crucian carp, Silver carp, Digestive ferment, Activity