

文章编号: 1674 - 5566(2016)05 - 0719 - 07

DOI:10.12024/jsou.20160301684

野生及人工养殖七彩神仙鱼肌肉成分的比较

王磊, 陈再忠, 冷向军, 高建忠, 孙培英, 曲恒超, 张晓晓, 宋雪璐

(上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306)

摘要: 对野生七彩神仙鱼、牛心汉堡养殖七彩神仙鱼和配合饲料养殖七彩神仙鱼的肌肉成分进行了分析比较。结果表明: 野生七彩神仙鱼肌肉中粗蛋白最高, 配合饲料养殖的七彩神仙鱼次之, 牛心汉堡养殖的七彩神仙鱼最低 ($P < 0.05$); 野生七彩神仙鱼粗脂肪含量低于 2 种养殖七彩神仙鱼 ($P < 0.05$), 2 种养殖七彩神仙鱼的粗脂肪含量没有显著差异 ($P > 0.05$); 3 种不同摄食模式的七彩神仙鱼肌肉水分含量和灰分之间没有显著差异 ($P > 0.05$)。3 种不同摄食模式七彩神仙鱼的氨基酸组成基本一致, 均含有 17 种氨基酸, 含量最高的为谷氨酸 (Glu), 9 种必需氨基酸中含量最高的为赖氨酸 (Lys)。3 种不同摄食模式的七彩神仙鱼肌肉中主要含有 19 种脂肪酸, 6 种饱和脂肪酸 (SFA)、5 种单不饱和脂肪酸 (MUFA) 和 8 种多不饱和脂肪酸 (PUFA) 中主要的脂肪酸分别为棕榈酸 (C16:0)、油酸 (C18:1) 和花生四烯酸 (C20:4); 19 种脂肪酸中 EPA (0.93% ~ 1.86%) 和 DHA (1.57% ~ 2.35%) 的含量较低。为推断七彩神仙鱼的营养需求量及科学配制七彩神仙鱼配合饲料提供依据。

关键词: 七彩神仙鱼; 肌肉; 营养成分; 氨基酸; 脂肪酸

中图分类号: S 963.1; R 151.3 **文献标志码:** A

七彩神仙鱼隶属于慈鲷科 (Cichlidae), 盘丽鱼属 (*Symphysodon*)。原产于南美亚马逊河流域, 共包括 3 个种, 为黑格尔七彩神仙 (*S. discus*)、绿七彩神仙 (*S. aequifasciatus*) 和蓝棕七彩神仙 (*S. haraldi*)。自 1840 年被德国人发现之后, 经广大爱好者长期的杂交选育, 形成约 20 多个人工品种, 由于其体色鲜艳, 花纹结构变幻, 被誉为热带观赏鱼之王。

野生七彩神仙主要以昆虫幼体、水蚤、有机碎屑和植物果实为食^[1]。德国人 Jack Wattlely 于 1985 年首先利用牛心、虾肉等搅碎混合作为七彩神仙鱼的饲料, 称为“牛心汉堡”^[2]。目前七彩神仙鱼的饲料还是沿用最初的“牛心汉堡”或者是在其基础上进行了一定的改良。制作牛心汉堡饵料成本较高、营养不均衡、不易保存、投喂时易散失水中使得水质变坏, 所以七彩神仙鱼专用配合饲料的研制对于七彩神仙鱼产业发展及推广

具有重要的意义。

目前, 关于七彩神仙鱼营养需求和饲料配制的研究很少。王吉桥等^[3]报道了七彩神仙鱼幼鱼 (8 ~ 10 g) 饲料中适宜的脂肪含量为 12.02% ~ 17.17%。CHONG 等^[4]报道了七彩神仙鱼幼鱼 [(4.40 ± 4.65) g] 的最适蛋白质需求量为 44.9% ~ 50.1%, 并发现饲料中较高的豆粉添加量 (30% ~ 50%) 对七彩神仙鱼幼鱼的生长有明显的抑制作用^[5]。LIU 等^[6]报道在饲料中添加 350 mg/kg 的虾青素对红七彩神仙鱼 (体长 3 cm) 具有较好的着色效果。迄今为止, 仍未见有关七彩神仙鱼体组成较为系统的报道, 尤其是对不同摄食模式的七彩神仙鱼营养成分的比较分析。本研究拟对野生和人工养殖七彩神仙鱼肌肉营养成分进行较为全面的研究, 旨在通过了解七彩神仙鱼的体组成推测其相关营养素需求的特点, 为该鱼配合饲料的开发提供理论指导。

收稿日期: 2016-03-09 修回日期: 2016-05-15

基金项目: 上海市科技兴农重点攻关项目 [沪农科攻字(2015)第 19 号]; 水产动物遗传育种中心上海市协同创新中心 (ZF1206)

作者简介: 王磊 (1982—), 男, 博士后, 研究方向为观赏水族营养与饲料。E-mail: wanglei@shou.edu.cn

通信作者: 冷向军, E-mail: xjleng@shou.edu.cn

1 材料与方 法

1.1 实验材料及样品处理

野生七彩神仙鱼, 简称野生七彩 (Wild discus, WD) 于 2014 年 10 月由上海某七彩神仙鱼进口商从巴西的亚梦达河 (Rio Nhamunda) 流域进口, 实验鱼获得后立即取背部肌肉用于检测; 人工养殖七彩神仙鱼由上海海洋大学观赏水族实验室自行繁殖, 人工养殖七彩神仙分两组, 分别以牛心汉堡喂养, 简称牛心七彩 (Farmed with beef heart hamburger, BH) 和以配合饲料喂养, 简称饲料七彩 (Farmed with formula feed, FF)。各试验组随机取 5 尾鱼测量基本身体参数, 野生七彩体长为 (7.38 ± 1.22) cm, 体质量为 (22.45 ± 1.35) g, 牛心七彩体长为 (7.21 ± 2.12) cm, 体质量为 (23.29 ± 1.52) g, 饲料七彩体长为 (7.33 ± 1.13) cm, 体质量为 (22.73 ± 2.01) g, 取背部肌肉进行常规营养成分、氨基酸和脂肪酸测定。

牛心汉堡制作: 将牛心、鸭心和南美白对虾的心包膜、血管和虾壳等难以消化的组织剔除, 各主要原料用绞肉机绞碎混合均匀, 并添加维生素和矿物质, 冷冻保存, 各组分具体比例为牛心 40%、鸭心 40%、虾仁 18%、矿物质添加剂和维生素添加剂各 1%^[7], 主要营养组成为水分 75.93%、粗蛋白 84.65%、粗脂肪 11.08% 和灰分 4.64%。配合饲料各组分比例为鱼粉 44%、豆粕 10%、高筋面粉 18%、小麦面筋粉 7%、南极磷虾粉 7.5%、磷酸二氢钙 1%、大豆卵磷脂 1%、矿物质预混料和维生素预混料各 1%^[7]、氯化胆碱 0.2%、豆油 2.5%、鱼油 0.5%、麦麸 6.3%, 主要营养组成为水分 7.5%、粗蛋白 53.89%、粗脂肪 8.06% 和灰分 10.64%。

1.2 样品测定方法

饲料和肌肉中的粗蛋白质采用凯氏定氮仪测定; 水分测定采用 105 °C 烘干法 (GB/T 6435—

2006); 粗脂肪测定采用索氏抽提法测定 (GB/T 5009.6); 粗灰分采用马弗炉灼烧称重法 (GB/T 5009.4)。脂肪酸测定参照 GB/T 5009.168, 采用 Agilent6890 型气相色谱仪测定; 水解氨基酸参照 GB/T5009.124, 采用 SYKAM S443D 型氨基酸自动分析仪测定氨基酸含量。

参考谭德清等^[8]分别计算 3 种不同摄食模式七彩神仙鱼氨基酸评分 (AAS)、化学评分 (CS) 和必需氨基酸指数 (EAAI):

$$AAS = \frac{aa}{AA_{(FAO/WHO)}}$$

$$CS = \frac{aa}{AA_{(Egg)}}$$

$$EAAI = \sqrt{\frac{100A}{AE} \times \frac{100B}{BE} \times \frac{100C}{CE} \times \dots \times \frac{100I}{IE}}$$

式中: aa 为实验样品氨基酸含量 (%); $AA_{(FAO/WHO)}$ 为 FAO/WHO 评分标准模式中同种氨基酸含量 (%); $AA_{(Egg)}$ 为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量 (%); n 为比较的必需氨基酸个数; A 、 B 、 C 、 \dots 、 I 为鱼肌肉蛋白质的必需氨基酸含量 (% , dry); AE 、 BE 、 CE 、 \dots 、 IE 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量 (% , dry)。

1.3 数据统计与处理

利用 SPSS 17.0 软件对试验数据进行 ANOVA 单因子方差分析, 差异显著时用 Duncan 氏进行多重比较, $P < 0.05$ 为有显著性差异。

2 结果及分析

2.1 常规组成

野生和养殖七彩神仙鱼肌肉水分、灰分含量之间没有显著差异 ($P > 0.05$)。在 3 种不同摄食模式的七彩神仙鱼中, 野生七彩神仙鱼肌肉粗蛋白最高, 粗脂肪含量显著低于养殖七彩神仙鱼 ($P < 0.05$), 两种养殖七彩神仙鱼的粗蛋白、粗脂肪含量间没有显著差异 ($P > 0.05$), 见表 1。

表 1 野生和人工养殖七彩神仙鱼肌肉常规成分含量 ($n = 5$, 鲜重)

Tab. 1 Nutritional composition in muscles of wild and farmed discus fish ($n = 5$, wet weight) %

群体 populations	水分 moisture	粗蛋白 crude protein	粗脂肪 crude fat	灰分 ash
野生七彩 WD	80.44 ± 0.74^a	17.01 ± 0.21^b	0.86 ± 0.01^a	1.19 ± 0.03^a
牛心七彩 BH	80.48 ± 0.52^a	16.28 ± 0.16^a	2.10 ± 0.07^b	1.11 ± 0.01^a
配合七彩 FF	80.05 ± 0.07^a	16.86 ± 0.12^{ab}	1.87 ± 0.50^b	1.17 ± 0.03^a

注: 同一列中不同上标字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Values in the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

2.2 氨基酸组成及营养品质评价

在野生和养殖七彩神仙鱼中均检测出 17 种常见氨基酸(色氨酸未检测),包括 9 种必需氨基酸(EAA)和 8 种非必需氨基酸(NEAA)。从氨基酸组成上看,3 种不同摄食模式的七彩神仙鱼肌肉氨基酸中含量最高的均为谷氨酸,含量最低的是胱氨酸。3 种不同摄食模式的七彩神仙鱼肌肉中必需氨基酸占总氨基酸的比值(EAA/TAA)为 36.38% ~ 38.08%,接近 FAO/WHO 理想模式的 40%^[9],必需氨基酸占非必需氨基酸的比例(EAA/NEAA)为 68.69% ~ 74.25%,高于 FAO/WHO 理想模式的 60%(表 2)。

AAS 和 CS 评分结果表明,野生和养殖七彩神仙鱼的第一和第二限制性氨基酸分别为蛋氨酸 + 半胱氨酸(Met + Cys)和缬氨酸(Val)。在必需氨基酸指数(EAAI)上,野生七彩最高,而牛心七彩最低(表 3)。

2.3 肌肉脂肪酸组成

3 种不同摄食模式的七彩神仙鱼肌肉中主要含有 19 种脂肪酸(表 4),其中饱和脂肪酸(SFA) 6 种,单不饱和脂肪酸(MUFA) 5 种,多不饱和脂肪酸(PUFA) 8 种。不饱和脂肪酸(MUFA + PUFA)含量为 59.66% ~ 66.30%,明显高于 SFA 含量(31.42% ~ 37.45%)。SFA 与 PUFA(33.95% ~ 36.00%)的总量相近,均高于 MUFA 的总量。SFA、MUFA 和 PUFA 中主要的脂肪酸分别为棕榈酸(C16:0)、油酸(C18:1)和花生四烯

表 2 野生和人工七彩神仙鱼肌肉的氨基酸组成
Tab.2 Amino acid compositions in muscles of wild and farmed discus fishes (% ,干重)

氨基酸 amino acids	饲料七彩 FF	牛心七彩 BH	野生七彩 WD
苏氨酸 Thr	3.03 ± 0.12	2.86 ± 0.12	3.64 ± 0.08
缬氨酸 Val	3.51 ± 0.15	3.07 ± 0.17	4.04 ± 0.11
蛋氨酸 Met	1.18 ± 0.63	0.99 ± 0.48	1.74 ± 0.64
异亮氨酸 Ile	3.81 ± 0.20	2.55 ± 0.13	3.75 ± 0.46
亮氨酸 Leu	6.66 ± 0.43	5.19 ± 0.27	7.71 ± 0.61
苯丙氨酸 Phe	3.09 ± 0.17	2.88 ± 0.16	4.18 ± 0.12
赖氨酸 Lys	6.80 ± 0.23	5.48 ± 0.30	7.90 ± 0.24
精氨酸 Arg	6.31 ± 0.30	4.57 ± 0.26	6.25 ± 0.25
组氨酸 His	2.23 ± 0.15	2.18 ± 0.21	2.54 ± 0.18
必需氨基酸总量 essential amino acids	36.62 ± 0.93	29.75 ± 0.72	41.75 ± 0.94
谷氨酸 Glu	12.31 ± 0.43	10.06 ± 0.52	14.46 ± 0.16
甘氨酸 Gly	5.88 ± 0.72	5.83 ± 0.33	6.96 ± 0.99
丙氨酸 Ala	5.71 ± 0.56	4.83 ± 0.41	6.39 ± 0.33
半胱氨酸 Cys	0.35 ± 0.12	0.31 ± 0.15	0.34 ± 0.02
酪氨酸 Tyr	2.15 ± 0.09	2.14 ± 0.10	2.95 ± 0.10
天冬氨酸 Asp	7.03 ± 0.41	6.18 ± 0.23	8.77 ± 0.30
丝氨酸 Ser	2.94 ± 0.13	2.79 ± 0.13	3.50 ± 0.08
脯氨酸 Pro	1.45 ± 0.02	0.36 ± 0.00	0.24 ± 0.01
非必需氨基酸总量 nonessential amino acids	37.82 ± 0.86	33.50 ± 0.71	44.60 ± 1.12
氨基酸总量 total amino acids	74.44 ± 0.93	63.25 ± 0.84	86.35 ± 1.36
EAA/TAA	37.72	36.38	38.08
EAA/NEAA	74.25	68.69	73.90

注:TAA、EAA 和 NEAA 分别表示氨基酸总量、必需氨基酸总量和非必需氨基酸总量。

Note:TAA, EAA and NEAA mean total amino acids, total essential amino acids and total nonessential amino acids, respectively.

表 3 3 种不同摄食模式七彩神仙鱼的 AAS、CS 及 EAAI 的比较

Tab.3 Comparative analysis of AAS,CS and EAAI among discus fishes fed different diets mg/g

	FAO 评分标准值 FAO evaluation standard	鸡蛋蛋白标准值 egg protein standard	野生七彩 WD	牛心七彩 BH	饲料七彩 FF	
AAS	异亮氨酸 Ile	2.50	0.94	0.64	0.95	
	亮氨酸 Leu	4.40	1.10	0.74	0.95	
	赖氨酸 Lys	3.40	1.45	1.01	1.25	
	苏氨酸 Thr	2.50	0.91	0.72	0.76	
	缬氨酸 Val	3.10	0.81 **	0.62 **	0.71 **	
	蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	2.20	0.59 *	0.37 *	0.43 *	
CS	苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	3.80	1.17	0.83	0.86	
	异亮氨酸 Ile		3.31	0.71	0.48	0.72
	亮氨酸 Leu		5.34	0.90	0.61	0.78
	赖氨酸 Lys		4.41	1.12	0.78	0.96
	苏氨酸 Thr		2.92	0.78	0.61	0.65
	缬氨酸 Val		4.10	0.62 **	0.47 **	0.54 **
EAAI	蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	3.86	0.34 *	0.21 *	0.25 *	
	苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	5.65	0.79	0.56	0.58	
必需氨基酸指数 EAAI			71.03	49.81	59.67	

注: * 和 ** 分别表示第一和第二限制性氨基酸。

Note: * and ** is the first limiting amino acids and the second limiting amino acids, respectively.

酸(C20:4);19种脂肪酸中EPA(0.93%~1.86%)和DHA(1.57%~2.35%)的含量较低。SFA的含量为饲料七彩>牛心七彩>野生七彩, MUFA的含量为野生七彩>饲料七彩和牛心七彩,而PUFA的含量为野生七彩和牛心七彩>饲料七彩($P<0.05$)。

表4 七彩神仙鱼脂肪酸组成
Tab.4 Fatty acids composition of discus fishes %

脂肪酸 fatty acids	饲料七彩 FF	牛心七彩 HB	野生七彩 WD
C14:0	1.43±0.09 ^b	0.95±0.11 ^a	1.42±0.05 ^b
C15:0	0.58±0.06 ^a	0.45±0.08 ^a	0.72±0.06 ^a
C16:0	21.25±1.35 ^b	20.13±1.67 ^b	17.29±1.58 ^a
C17:0	0.92±0.16 ^a	0.89±0.06 ^a	1.54±0.11 ^b
C18:0	12.72±1.11 ^b	11.94±0.97 ^b	9.72±1.23 ^a
C20:0	0.55±0.07 ^a	0.53±0.15 ^a	0.73±0.08 ^b
SFA	37.45±1.49 ^c	34.89±1.85 ^b	31.42±1.41 ^a
C16:1	2.03±0.13 ^a	3.11±0.07 ^b	2.34±0.07 ^a
C17:1	2.12±0.09 ^a	1.84±0.10 ^a	3.89±0.12 ^b
C18:1	19.48±1.54 ^a	19.70±1.13 ^a	20.70±1.25 ^a
C20:1	0.79±0.04 ^a	0.77±0.05 ^a	0.58±0.06 ^a
C24:1	1.29±0.06 ^b	0.85±0.07 ^a	3.12±0.06 ^c
MUFA	25.71±1.69 ^a	26.27±1.43 ^a	30.63±1.55 ^b
C18:2	9.35±0.53 ^a	10.99±0.63 ^a	10.40±0.73 ^a
C20:2	1.68±0.11 ^a	1.44±0.09 ^a	1.52±0.08 ^a
C18:3	0.85±0.05 ^a	0.65±0.07 ^a	1.41±0.09 ^b
C20:3	1.90±0.09 ^b	1.32±0.08 ^a	2.12±0.10 ^b
C20:4	11.32±1.31 ^a	12.22±1.42 ^b	10.71±0.95 ^a
C20:5	0.93±0.06 ^a	1.12±0.05 ^a	1.86±0.07 ^b
C22:5	5.63±0.63 ^a	5.91±0.47 ^a	6.08±0.59 ^a
C22:6	2.29±0.12 ^b	2.35±0.91 ^b	1.57±0.73 ^a
PUFA	33.95±1.58 ^a	36.00±1.73 ^b	35.67±1.92 ^b
EPA+DHA	3.22±0.13 ^a	3.47±0.95 ^a	3.43±0.75 ^a

注: SFA、MUFA和PUFA分别表示饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸。同一种脂肪酸不同组别数据上标不同小写字母表示差异性显著($P<0.05$)。

Note: SFA, MUFA and PUFA show total saturated fatty acids, total mono-unsaturated fatty acids and total poly unsaturated fatty acids, respectively. Data from different groups with different lowercases are significantly different ($P<0.05$).

3 讨论

3.1 七彩神仙鱼肌肉常规营养组成特征

七彩神仙鱼肌肉中粗蛋白含量与鳊(*Siniperca chuatsi*, 16.75%)^[10]和鳙(*Aristichthys nobilis*, 16.95%)^[10]接近,低于中华倒刺鲃(*Spinibarbus sinensis*, 19.22%)^[11],高于草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*, 15.10%)^[10]。

野生七彩神仙鱼肌肉粗蛋白含量高于养殖

七彩神仙鱼肌肉粗蛋白($P<0.05$)。这与七彩神仙鱼摄取的食物种类、营养成分及营养平衡有关。野生七彩神仙鱼食物以昆虫幼体、水蚤、有机碎屑和植物果实等为主,其饵料组成多样,营养均衡;牛心七彩其饵料主要以牛心和鸭心等肉糜为主,该饵料虽然蛋白含量高,但是其营养均衡性较差,不利于鱼体吸收,可能是鱼体肌肉粗蛋白含量较低的主要原因。配合饲料七彩神仙鱼肌肉中粗蛋白含量较低,可能是因为配合饲料中植物蛋白的比例较高,致使七彩神仙鱼生长的某种必需氨基酸缺乏,导致肌肉中粗蛋白含量较低。

本研究表明,养殖七彩神仙鱼肌肉粗脂肪含量(1.87%~2.10%)高于野生七彩神仙鱼肌肉粗脂肪含量(0.86%)。这是因为野生七彩神仙鱼生活水域广阔,环境变化大,需要消耗更多能量去适应环境(如追捕活饵和逃避敌害等),从而导致肌肉中脂肪含量低;而室内恒温养殖系统,水质稳定,活动空间有限,活动较少,易导致脂肪积累。这与中华鲟(*Acipenser sinensis*)^[12]、胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)^[13]、牙鲮(*Paralichthys olivaceus*)^[14]和鲤(*Cyprinus carpio*)^[15]在养殖状态肌肉中粗脂肪含量高于野生状态肌肉粗脂肪含量的研究结果类似。

3.2 七彩神仙鱼肌肉氨基酸和脂肪酸组成特征

从氨基酸组成上看,3种不同摄食模式的七彩神仙鱼肌肉氨基酸中含量最高的均为谷氨酸,含量最低的是胱氨酸,这一组成特点与鳊^[16]、三角鲂(*Megalobrama terminalis*)和长春鳊(*Parabramis pekinensis*)^[17]相似。谷氨酸是机体中一种重要的氨基酸,参与了多种生理活性物质合成^[18]。根据AAS和CS评分结果,野生和养殖七彩神仙鱼的第一和第二限制性氨基酸分别为蛋氨酸+半胱氨酸(Met+Cys)和缬氨酸(Val),与光倒刺鲃^[19]、月鳢(*Channa asiatica*)^[20]和长吻鮠(*Leiocassis longirostris*)^[21]基本相同。3种不同摄食模式的七彩神仙鱼肌肉氨基酸组成比例相似,与其他有关报道的淡水鱼^[13, 22-23]及海水鱼^[24-25]肌肉中氨基酸的组成结构基本一致。

3种不同摄食模式的七彩神仙鱼肌肉中含有大量的多不饱和脂肪酸,其脂肪酸组成特征为PUFA≈SFA>MUFA,与同属于慈鲷科的罗非鱼(*Oreochromis* spp.)肌肉中脂肪酸组成相似,5种

罗非鱼 PUFA(35.2% ~ 36.9%) \approx SFA(30.0% ~ 38.3%) > MUFA(17.8% ~ 25.5%)^[26],与多数淡水鱼中 SFA > PUFA > MUFA 的组成略有不同^[27]。3 种不同摄食模式七彩神仙鱼肌肉中 EDA + DHA 含量没有显著差异($P > 0.05$),含量为 2.50% ~ 4.21%,其含量低于吉富罗非鱼(GIFT, *Oreochromis niloticus*, 11.9%)^[28]、鳊(*Elopichthys bambusa*, 20.60%)^[29] 和华鲮(*Sinilabeo rendahli*, 35.94%)^[30]; 高于黄鳍(*Monopterus albus*, 2.04%)^[31]、鲤(0.45%)和鳙(*Aristichthys nobilis*, 0.109%)^[32]。由于鱼体的脂肪含量与脂肪酸组成与饲料的脂肪组成密切相关^[33],因此在配制七彩神仙鱼配合饲料时,必须考虑鱼机体脂肪含量和脂肪酸组成特征(PUFA \approx SFA > MUFA)。

3.3 七彩神仙鱼肌肉营养成分的分析为研制其配合饲料提供理论基础

目前七彩神仙鱼养殖主要以“牛心汉堡”为主,还没有针对该鱼的营养特征专门的配合饲料。基于饲料蛋白质的氨基酸组成特征与机体本身的氨基酸组成特征相似的原理,可以根据对鱼类肌肉营养成分特征的分析,来推算该种鱼的营养需要量^[34]。OGINO 等^[35]通过鱼体蛋白质中必需氨基酸含量来推算鲤的必需氨基酸的需求量。根据本实验对七彩神仙鱼营养特征的研究结果可以推测该鱼对必需氨基酸的需求水平,为配合饲料中的氨基酸的平衡模式提供理论依据。本研究中 3 种不同摄食模式的七彩神仙鱼肌肉中 Lys 是含量最高的必需氨基酸,赖氨酸被称之为“生长性氨基酸”,其在机体蛋白的合成过程中发挥着重要的作用^[36]。植物蛋白中赖氨酸含量较低,所以在以植物性蛋白为饲料主要蛋白源时,要注意补充限制性氨基酸。

参考文献:

- [1] BLEHER H. Bleher's discus[M]. Italy: Aquapress Publishers, 2006, 1: 590-595.
- [2] WATTLEY J. Handbook of discus[M]. Neptune, USA: TFH Publications, 1985: 42-43.
- [3] 王吉桥,耿加振,姜玉声,等. 饲料中脂肪含量对七彩神仙鱼幼鱼生长和消化的影响[J]. 水产学杂志, 2009, 22(1): 24-30.
WANG J Q, GENG J Z, JIANG Y S, et al. The effect of dietary fat levels on growth and digestibility in juvenile discus *Symphysodon aequifasciata* [J]. Chinese Journal Fisheries, 2009, 22(1): 24-30.
- [4] CHONG A S C, HASHIM R, ALI A B. Dietary protein requirements for discus (*Symphysodon* spp.) [J]. Aquaculture Nutrition, 2000, 6(4): 275-278.
- [5] CHONG A, HASHIM R, ALI A B. Assessment of soybean meal in diets for discus (*Symphysodon aequifasciata* HECKEL) farming through a fishmeal replacement study [J]. Aquaculture Research, 2003, 34(11): 913-922.
- [6] LIU X D, WANG H X, CHEN Z Z. Effect of carotenoids on body colour of discus fish (*Symphysodon aequifasciatus axelrodi* Schultz, 1960) [J]. Aquaculture Research, 2016, 47(4): 1309-1314.
- [7] ZHANG J J, LI X Q, LENG X J, et al. Effects of dietary astaxanthins on pigmentation of flesh and tissue antioxidation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquaculture International, 2013, 21(3): 579-589.
- [8] 谭德清,王剑伟,但胜国,等. 厚颌鲂含肉率及生化成分的分析[J]. 水生生物学报, 2004, 28(1): 17-22.
TAN D Q, WANG J W, DAN S G, et al. The ratio of muscle to body and analysis of the biochemical composition of muscle in *Megalobrama pellegrini* [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2004, 28(1): 17-22.
- [9] 李正中. 花粉、灵芝与珍珠中必需氨基酸的定量测定与分析比较[J]. 氨基酸分析, 1988(4): 41-43.
LI Z Z. Quantitative determination and analysis of essential amino acids in farina, lucid ganoderma and pear [J]. Amino Acids Analysis, 1988(4): 41-43.
- [10] 梁银铨,崔希群,刘友亮. 鳊肌肉生化成份分析和营养品质评价[J]. 水生生物学报, 1998, 22(4): 386-388.
LIANG Y Q, CUI X Q, LIU Y L. Evaluation of nutritive quality and analysis of the nutritive compositions in the muscle of mandarin fish, *Siniperca chuatsi* [J]. Acta Hydrobiology Sinica, 1998, 22(4): 386-388.
- [11] 邴旭文,蔡宝玉,王利平. 中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质的评价[J]. 中国水产科学, 2005, 12(2): 211-215.
BING X W, CAI B Y, WANG L P. Evaluation of nutritive quality and nutritional components in *Spinibarbus sinensis* muscle [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2005, 12(2): 211-215.
- [12] 宋超,庄平,章龙珍,等. 野生及人工养殖中华鲟幼鱼肌肉营养成分的比较[J]. 动物学报, 2007, 53(3): 502-510.
SONG C, ZHUANG P, ZHANG L Z, et al. Comparison of nutritive components in muscles between wild and farmed juveniles of Chinese sturgeon *Acipenser sinensis* [J]. Acta Zoologica Sinica, 2007, 53(3): 502-510.
- [13] 林郁葱,龚媛,龚世园,等. 野生和人工养殖胭脂鱼肌肉营养成分的比较[J]. 淡水渔业, 2011, 41(6): 70-75.
LIN Y C, GONG Y, GONG S Y, et al. Comparison of nutrient components in muscle of wild and farmed groups of *Myxocyprinus asiaticus* [J]. Freshwater Fisheries, 2011, 41(6): 70-75.

- [14] 韩现芹, 贾磊, 王群山, 等. 野生与养殖牙鲆肌肉营养成分的比较[J]. 广东海洋大学学报, 2015, 35(6): 94-99.
HAN X Q, JIA L, WANG Q S, et al. Composition of muscle nutrients between wild and cultured *Paralichthys olivaceus* [J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2015, 35(6): 94-99.
- [15] 过正乾, 蒋飞, 许祥, 等. 野生和养殖鲤鱼肌肉营养成分的比较研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(31): 15292-15294, 15296.
GUO Z Q, JIANG F, XU X, et al. Comparison and analysis of nutrient component in muscles between wild and farmed *Cyprinus carpio* [J]. Journal of Anhui Agriculture Science, 2012, 40(31): 15292-15294, 15296.
- [16] 严安生, 熊传喜, 钱健旺, 等. 鳊鱼含肉率及鱼肉营养价值的研究[J]. 华中农业大学学报, 1995, 14(1): 80-84.
YAN A S, XIONG C X, QIAN J W, et al. A study on the rate of flesh content of mandarin fish and nutritional quality of the flesh [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 1995, 14(1): 80-84.
- [17] 缪凌鸿, 戈贤平, 刘波, 等. 三角鲂和长春鳊肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 动物学杂志, 2013, 48(1): 87-94.
MIAO L H, GE X P, LIU B, et al. Nutritive quality and nutritional component in the muscle of *Megalobrama tarminalis* and *Parabramis pekinensis* [J]. Chinese Journal of Zoology, 2013, 48(1): 87-94.
- [18] 孙中武, 李超, 尹洪滨, 等. 不同品系虹鳟的肌肉营养成分分析[J]. 营养学报, 2008, 30(3): 298-302.
SUN Z W, LI C, YIN H B, et al. Analysis of the nutritional composition in muscle of five varieties of *Oncorhynchus mykiss* [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2008, 30(3): 298-302.
- [19] 陈意明, 黄钧, 蔡子德, 等. 光倒刺鲃的含肉率和肌肉营养成分分析[J]. 水利渔业, 2001, 21(2): 22-24.
CHEN Y M, HUANG J, CAI Z D, et al. A study on the rate and nutritional quality of flesh content of *Spinibarbus hollandi* [J]. Reservoir Fisheries, 2001, 21(2): 22-24.
- [20] 陈芳, 杨代勤, 方长琰, 等. 月鳢和乌鳢肌肉营养成分的比较研究[J]. 水产科学, 1999, 18(5): 6-7.
CHEN F, YANG D Q, FANG C Y, et al. Comparative study on muscle ingredient between *Channa asitica* and *Ophiocephalus argus* [J]. Fisheries Science, 1999, 18(5): 6-7.
- [21] 陈定福, 何学福, 周启贵. 长吻鲢与大鳍鲢的含肉率及鱼肉营养成分的比较研究[J]. 淡水渔业, 1988(5): 21-23.
CHEN D F, HE X F, ZHOU Q G. A study on the rate and nutritional quality of flesh content of *Leiocassis longiros* and *Hemibagrus macropterus* [J]. Freshwater Fisheries, 1988(5): 21-23.
- [22] 谢文平, 朱新平, 陈昆慈, 等. 四种罗非鱼营养成分的比较[J]. 营养学报, 2014, 36(4): 409-411.
XIE W P, ZHU X P, CHEN K C, et al. Comparison of nutritional composition in muscle of four tilapias [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2014, 36(4): 409-411.
- [23] 杨培民, 赵晓临, 夏大明, 等. 野生与人工养殖鸭绿江斑鳊肌肉营养成分及品质评价[J]. 水生态学杂志, 2010, 3(1): 142-146.
YANG P M, ZHAO X L, XIA D M, et al. Comparative evaluation of nutritive components and quality in the muscle of wild and cultured *Siniperca schezeri* [J]. Journal of Hydroecology, 2010, 3(1): 142-146.
- [24] 庄平, 宋超, 章龙珍. 舌虾虎鱼肌肉营养成分与品质的评价[J]. 水产学报, 2010, 34(4): 559-564.
ZHUANG P, SONG C, ZHANG L Z. Evaluation of nutritive quality and nutrient components in the muscle of *Glossogobius giuris* [J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(4): 559-564.
- [25] 黄洋, 黄海立, 杜涛, 等. 野生多鳞鳢 (*Sillago sihama*) 肌肉营养成分分析及品质评价[J]. 广东海洋大学学报, 2015, 35(6): 9-14.
HUANG Y, HUANG H L, DU T, et al. Analysis and evaluation of main nutritive composition in the muscle of wild *Sillago sihama* [J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2015, 35(6): 9-14.
- [26] 郝淑贤, 李来好, 杨贤庆, 等. 5种罗非鱼营养成分分析及评价[J]. 营养学报, 2007, 29(6): 614-615, 618.
HAO S X, LI L H, YANG X Q, et al. Analysis and evaluation of nutrient composition of tilapias [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2007, 29(6): 614-615, 618.
- [27] YAMASHITA T, ODA E, SANO T, et al. Varying the ratio of dietary n-6/n-3 polyunsaturated fatty acid alters the tendency to thrombosis and progress of atherosclerosis in apoE^{-/-}/LDLR^{-/-} double knockout mouse [J]. Thrombosis Research, 2005, 116(5): 393-401.
- [28] 缪凌鸿, 刘波, 何杰, 等. 吉富罗非鱼肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(5): 635-641.
MIAO L H, LIU B, HE J, et al. Evaluation of nutritive quality and nutritional components in the muscle of GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2010, 19(5): 635-641.
- [29] 丁玉琴, 刘友明, 熊善柏. 鳊与草鱼肌肉营养成分的比较研究[J]. 营养学报, 2011, 33(2): 196-198.
DING Y Q, LIU Y M, XIONG S B. The comparative study on nutritional components between the muscle of *Elopichthys bambusa* and *Ctenopharyngodon idellus* [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2011, 33(2): 196-198.
- [30] 周兴华, 郑曙明, 吴青, 等. 华鲮肌肉营养成分与品质的评价[J]. 淡水渔业, 2007, 37(1): 62-65.
ZHOU X H, ZHENG S M, WU Q, et al. Evaluation of nutritional components and nutritive quality in muscle of *Sinilabeo rendahli* [J]. Freshwater Fisheries, 2007, 37(1):

- 62-65.
- [31] 舒妙安, 马有智, 张建成. 黄鳍肌肉营养成分的分析[J]. 水产学报, 2000, 24(4): 339-344.
SHU M A, MA Y Z, ZHANG J C. An analysis of the nutritive composition in muscle of *Monopterus albus* [J]. Journal of Fisheries of China, 2000, 24(4): 339-344.
- [32] 谢巧雄, 刘玉峰, 肖斌, 等. 中华倒刺鲃营养成份的初步分析[J]. 水利渔业, 2004, 24(1): 17-18.
XIE Q X, LIU Y F, XIAO B, et al. Nutritional composition of *Spinibarbus sinensis* [J]. Reservoir Fisheries, 2004, 24(1): 17-18.
- [33] XUE M, LOU L, WU X F, et al. Effects of six alternative lipid sources on growth and tissue fatty acid composition in Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) [J]. Aquaculture, 2006, 260(1/4): 206-214.
- [34] 邴旭文, 张宪中. 斑驳尖塘鳢肌肉营养成分与品质的评价[J]. 中国海洋大学学报, 2006, 36(1): 107-111.
BING X W, ZHANG X Z. Evaluation of nutritional components and nutritive quality of the muscle of *Oxyeleotris marmoratus* bleeker [J]. Periodical of Ocean University of China, 2006, 36(1): 107-111.
- [35] ORINO C. Requirements of carp and rainbow trout for essential amino acids[J]. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 1980, 46(2): 171-174.
- [36] 周俊, 宋代军. 赖氨酸营养研究进展[J]. 饲料工业, 2006, 27(8): 48-50.
ZHOU J, SONG D J. Advance in lysine nutrition [J]. Feed Industry, 2006, 27(8): 48-50.

Comparison of muscle composition of wild and cultured discus fishes *Symphysodon* spp.

WANG Lei, CHEN Zaizhong, LENG Xiangjun, GAO Jianzhong, SUN Peiying, QU Hengchao, ZHANG Xiaoxiao, SONG Xuelu

(College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The present study was conducted to compare the muscle composition of wild discus fish *Symphysodon* sp., and cultured discus fish fed beef heart burger diet and formula diet. Results showed that crude protein content in muscle of wild discus fish was significantly higher, and crude fat content was significantly lower than that in cultured discus fish ($P < 0.05$). There was no significant difference in moisture and ash contents among the three groups ($P > 0.05$). Seventeen kinds of amino acids were measured in the muscle of the three types of fish. Glu had the highest value among all amino acids, and Lys had the highest value among essential amino acids. Both wild and cultured discus fishes had 19 kinds of fatty acids, which shared the similar fatty acids mode. C16: 0, C18: 1 and C20: 4 had the highest level in SFA, MUFA, and PUFA, respectively. The EPA and DHA contents in three discus fishes ranged from 0.93% to 1.86% and from 1.57% to 2.35%, respectively. The result provided the academic basis to infer the nutritional requirement and develop formulated feed for discus fish.

Key words: *Symphysodon* spp.; muscle; amino acid; fatty acid; nutritional composition