

长江下游产卵期凤鲚、刀鲚和湖鲚 肌肉生化成分及能量密度

刘凯 段金荣 徐东坡 张敏莹 施炜纲*

(农业部长江下游渔业资源环境重点野外科学观测试验站 中国水产科学研究院内陆渔业生态环境和资源重点开放实验室
中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 无锡 214081)

摘要: 为研究产卵期凤鲚(*Coilia mystus*)、刀鲚(*C. ectenes*)和湖鲚(*C. ectenes taihuensis*)肌肉生化成分与能量密度,评价其营养价值并探讨生态习性差异对鱼类肌肉生化成分的影响。采集卵巢发育至 期的样本各 50 尾,分别测定相关指标,实验均设置 3 个重复,结果取平均值。3 个种群样本肌肉水分含量为 74.62%~81.87%,粗蛋白占肌肉鲜重的比例为 15.06%~18.08%,粗脂肪为 1.65%~6.78%,粗灰分为 0.98%~1.49%,能量密度为 4.447~7.209 kJ/g。必需氨基酸指数为 70.49~76.04,不饱和脂肪酸与 -3 多不饱和脂肪酸含量分别为 62.50%~72.48%与 6.54%~8.39%。肌肉中矿物元素含量最高的均为钾,最低的均为铜。结果表明,凤鲚、刀鲚和湖鲚均为理想蛋白源,不饱和脂肪酸及矿物元素含量丰富,同时还富含赖氨酸、支链氨基酸、EPA 和 DHA 等生理必需因子。生化成分对比分析结果显示,刀鲚粗脂肪含量和能量密度显著高于凤鲚和湖鲚,这种差异直接反映了洄游习性对鱼类肌肉生化成分的影响。

关键词: 长江下游; 鲚属; 产卵期; 生化成分; 能量密度

中图分类号: Q493 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2009)04-118-07

Biochemical Components and Energy Density in Muscles of *Coilia mystus*, *C. ectenes* and *C. ectenes taihuensis* in Spawning Season in the Lower Reaches of Yangtze River

LIU Kai DUAN Jin-Rong XU Dong-Po ZHANG Min-Ying SHI Wei-Gang*

(Key Field Station of Observation and Research for Fishery Resources and Environment of the Lower Reaches of Yangtze River,
Ministry of Agriculture, Key Laboratory of Ecological Environment and
Resources of Inland Fisheries, Freshwater Fisheries Research Center, CAFS, Wuxi 214081, China)

Abstract: The objective was to measure biochemical components and energy density in muscles of *Coilia mystus*, *C. ectenes* and *C. ectenes taihuensis* in spawning season. At the same time the nutritive quality was evaluated and the influence on biochemical components of different ecological habits was also explored. In this experiment, fifty female samples with ovary in stage of each population were collected from Changxing Island (Shanghai, China), Xuliujing-Tiehuangsha (Changshu, China), and Wuli Lake (Wuxi, China) respectively in 2008 from May to July, and correlative indexes of each population were tested with average results of three duplicates. The results showed that

基金项目 中央级公益性科研院所基本科研业务专项项目 (No. 2009JBF06, 2009JBF07, 2009JBF08), 国家科技基础条件平台项目 (No. 2007DKA30470);

* 通讯作者, E-mail: shiwig@ffrc.cn;

第一作者介绍 刘凯,男,助理研究员;研究方向:渔业生态学; E-mail: liuk@ffrc.cn。

收稿日期: 2009-01-13, **修回日期:** 2009-04-28

the contents of moisture were 74.62% - 81.87%, crude protein 15.06% - 18.08%, crude fat 1.65% - 6.78% and ash 0.98% - 1.49% based on fresh muscles, and the energy density showed 4.447 - 7.209 kJ/g. The essential amino acid indexes were 70.49 - 76.04. Contents of unsaturated fatty acid were 62.50% - 72.48%, of which -3 polyunsaturated fatty acid accounted for 6.54% - 8.39%. Among mineral elements contents K showed the highest value while Cu showed the lowest. The results indicated that three populations of the genus *Coilia* all were ideal protein sources, which contained plenty of poly-unsaturated fatty acid, mineral elements, and some other essential factors, such as lysine, branched-chain amino acid, EPA and DHA. By means of comparative analysis on biochemical components, it could be found that crude fat and energy density of *C. ectenes* were significantly higher than those of *C. mystus* and *C. ectenes taihuensis*, the remarkable difference indicated that the energy reservoir for reproductive migration might come from the fat accumulation, which also showed the significant influence of migration behavior on biochemical components.

Key words: The lower reaches of Yangtze River; Genus *Coilia*; Spawning season; Biochemical component; Energy density

世界上有记录的鲚属鱼类约有 20 余种,我国长江下游流域主要分布有凤鲚 (*Coilia mystus*)、刀鲚 (*C. ectenes*) 和短颌鲚 (*C. brachygnathus*),此外尚有刀鲚定居型种群即湖鲚 (*C. ectenes taihuensis*)^[1-3]。凤鲚和刀鲚平时生长于近海,繁殖季节由海入江作生殖洄游,近期调查结果显示,繁殖季节刀鲚主要分布于长江干流,洄游路线最远可到达鄱阳湖口,凤鲚主要分布于长江口水域,基本不进入淡水,湖鲚则定居于长江下游封闭型淡水湖泊^[4-6]。刀鲚是目前长江中下游最为名贵的鱼类之一,凤鲚和湖鲚也分别是上海和江苏的特色品种。上述种类均为长江下游流域的重要经济种类,同时也是为数不多的能形成稳定渔汛的种类。近期关于鲚属鱼类的研究侧重于渔业资源及分类地位的界定^[7-10],尚未有关于生化成分和能量密度的报道。本研究将长江口凤鲚、长江刀鲚和太湖湖鲚视为 3 个种群,分别测定肌肉生化成分及能量密度,以期充实鲚属鱼类营养学及能量生态学研究材料,同时也可作为长江下游正在积极开展的刀鲚繁育提供营养学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料及处理 2008 年 5~7 月间分别于上海长兴岛、常熟徐六泾至铁黄沙和无锡五里湖采集卵巢发育至 期的凤鲚、刀鲚和湖鲚性成熟样本各 50 尾,生物学平均指标为:凤鲚

全长(187 ±10)mm,体长(167 ±10)mm,体重(20 ±3)g;刀鲚全长(255 ±13)mm,体长(233 ±12)mm,体重(42 ±7)g;湖鲚全长(246 ±12)mm,体长(225 ±12)mm,体重(39 ±5)g。各实验均设置 3 个重复,每个重复含 10~20 尾样本(取背部肌肉剪碎混匀),实验结果取平均值。

1.2 生化成分和能量密度测定 参照常规方法 分别测定水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量;采用安捷伦 1100 型液相色谱仪,按氨基酸分析方法通则 测定氨基酸组成;采用德国 IKA-C2000 型氧弹热量仪测定能量密度。采用美国 Finnigan 公司的 Trace MS 气相色谱仪,按有机质谱分析方法通则 测定并按峰面积归一化法计算脂肪酸组成;采用美国 Varian 公司的 SpectrAA220/220Z 型原子吸收光谱仪,参照相关方法 测定矿物元素组成。

1.3 蛋白质营养评价 根据 FAO/WHO 1973 年建议的氨基酸评分标准模式(%,干样)^[11]和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式(%,干样)^[12]分别按以下公式计算氨基酸评分(AAS)、化学评分

GB6435-86,饲料水分的测定方法;GB6432-86,饲料粗蛋白测定方法;GB6433-86,饲料粗脂肪测定方法;GB6438-86,饲料粗灰分测定方法。

JY/T 019-1996,氨基酸分析方法通则。

JY/T 003-1996,有机质谱分析方法通则。

GB12396-90,食物中铁、镁、锰的测定方法;GB12397-90,食物中钾、钠的测定方法;GB12398-90,食物钙的测定方法;GB/T5009.13-1996,食品中铜的测定方法;GB/T5009.14-1996,食品中锌的测定方法。

(CS) 和必需氨基酸指数 (EAAI)^[13,14]。

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

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100a}{ae} \times \frac{100b}{be} \times \frac{100c}{ce} \times \dots \times \frac{100i}{ie}}$$

式中, aa 为样品氨基酸含量 (%), $AA_{(FAO/WHO)}$ 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 为必需氨基酸含量 (% ,干样), ae, be, ce, \dots, ie 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量 (% ,干样)。

2 结果

2.1 常规营养成分及能量密度 刀鲚肌肉鲜样粗脂肪含量及能量密度均显著高于凤鲚和湖鲚,湖鲚粗蛋白含量则为最高(表 1)。3 个种群样本肌肉干样粗蛋白含量为 66.00% ~ 83.07%,依次为凤鲚 > 湖鲚 > 刀鲚,粗脂肪含

量为 9.10% ~ 26.71%,依次为刀鲚 > 湖鲚 > 凤鲚。凤鲚和湖鲚能量蛋白比较低,刀鲚肌肉能量密度较高而粗蛋白含量较低,因此其能量蛋白比相对较高。能量密度取决于肌肉中蛋白质和脂肪等能量载体的含量水平,刀鲚能量密度显著高于凤鲚和湖鲚,这与其具有长距离生殖洄游的生态习性关系密切,而且洄游所需的能量贮备更侧重于脂肪的积累。

2.2 氨基酸组成 凤鲚、刀鲚和湖鲚肌肉干样中 18 种水解氨基酸总量分别为 81.15%、59.97% 和 74.97%,氨基酸组成中含量最高的均为谷氨酸(表 2)。FAO/WHO 规定理想蛋白源必需氨基酸与总氨基酸的比例为 40% 左右,必需氨基酸与非必需氨基酸的比例在 60% 以上,3 个种群样本蛋白质均能满足 FAO/WHO 的评价标准。鲜味氨基酸占总氨基酸的比例为 38.65% ~ 40.58%,支链氨基酸(包括缬氨酸、亮氨酸和异亮氨酸 3 种强疏水性氨基酸)占总氨基酸的比例达到 17.20% ~ 18.36%。

表 1 凤鲚、刀鲚和湖鲚肌肉常规营养成分和能量密度(鲜重)

Table 1 General nutritional components and energy density in muscles of *Coilia mystus*, *C. ectenes* and *C. ectenes taihuensis*(fresh weight)

样本 Sample	水分 (%) Moisture	粗蛋白 (%) Crude protein	粗脂肪 (%) Crude fat	粗灰分 (%) Crude ash	能量密度 (kJ/g) Energy density	能量蛋白比 Energy/Protein ratio
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	81.87 ± 0.25	15.06 ± 0.10	1.65 ± 0.06	0.98 ± 0.01	4.447 ± 0.003	29.53
刀鲚 <i>C. ectenes</i>	74.62 ± 0.21	16.75 ± 0.08	6.78 ± 0.10	1.49 ± 0.02	7.209 ± 0.042	43.04
湖鲚 <i>C. ectenes taihuensis</i>	76.42 ± 0.18	18.08 ± 0.16	3.59 ± 0.05	1.31 ± 0.01	5.307 ± 0.006	29.35

按氨基酸评分标准(amino acid score, AAS)和化学评分标准(chemical score, CS),凤鲚、刀鲚和湖鲚肌肉必需氨基酸组成中第一限制性氨基酸均为色氨酸,第二限制性氨基酸为缬氨酸(湖鲚 AAS 为苏氨酸),必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAI)介于 70.49 ~ 76.04 之间(表 3)。必需氨基酸组成中含量最高的均为赖氨酸,同时其 AAS 和 CS 评分也均为最高。由于谷物中赖氨酸含量很低,且在加工过程中易被破坏,因此赖氨酸也被称为人类第一限制性氨基酸,相比而言刀鲚赖氨酸含量略低,凤鲚和湖鲚含量较高。

2.3 脂肪酸组成 凤鲚和刀鲚肌肉中均检测出 18 种脂肪酸,湖鲚则为 17 种。饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸含量分别为 27.54% ~ 37.50% 和 62.50% ~ 72.48%,多不饱和脂肪酸含量为 12.44% ~ 16.64%,饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸组成中含量最高的分别为棕榈酸和油酸。不饱和脂肪酸总量均显著高于饱和脂肪酸总量,比值为 1.67 ~ 2.63;单不饱和脂肪酸总量均显著高于多不饱和脂肪酸总量,比值为 2.89 ~ 4.18(表 4)。3 个种群样本肌肉中亚油酸及亚麻酸含量为 1.22% ~ 5.82%,-3 多不饱和脂肪酸含量分别为 8.39%、8.27% 和 6.54%。

表 2 凤鲚、刀鲚和湖鲚肌肉氨基酸组成(干重, g/100 g)
 Table 2 Amino acid composition in muscles of *Coilia mystus*, *C. ectenes* and
C. ectenes taihuensis (dry weight, g/100 g)

氨基酸 Amino acid	凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	刀鲚 <i>C. ectenes</i>	湖鲚 <i>C. ectenes taihuensis</i>
天冬氨酸 Aspartic acid	8.51 ±0.22	6.00 ±0.08	7.32 ±0.17
谷氨酸 Glutamic acid	15.06 ±0.36	10.69 ±0.25	13.11 ±0.22
丝氨酸 Serine	3.75 ±0.05	2.65 ±0.06	3.19 ±0.15
组氨酸 Histidine	1.71 ±0.06	1.38 ±0.03	1.72 ±0.04
甘氨酸 Glycine	3.91 ±0.09	3.13 ±0.12	3.73 ±0.10
苏氨酸 Threonine	3.29 ±0.10	2.35 ±0.09	2.88 ±0.08
精氨酸 Arginine	4.95 ±0.09	3.56 ±0.10	4.48 ±0.14
丙氨酸 Alanine	5.45 ±0.16	3.92 ±0.07	4.81 ±0.11
酪氨酸 Tyrosine	2.97 ±0.05	2.10 ±0.08	2.67 ±0.06
胱氨酸 Cystine	1.02 ±0.02	0.76 ±0.01	0.97 ±0.02
缬氨酸 Valine	3.47 ±0.08	2.71 ±0.05	3.75 ±0.10
甲硫氨酸 Methionine	3.46 ±0.11	2.39 ±0.06	3.05 ±0.08
苯丙氨酸 Phenylalanine	3.63 ±0.07	2.66 ±0.02	3.42 ±0.12
异亮氨酸 Isoleucine	3.24 ±0.10	2.48 ±0.05	3.58 ±0.15
亮氨酸 Leucine	7.25 ±0.18	5.15 ±0.11	6.42 ±0.09
赖氨酸 Lysine	7.89 ±0.12	5.71 ±0.08	7.20 ±0.12
脯氨酸 Proline	1.31 ±0.02	2.07 ±0.03	2.39 ±0.07
色氨酸 Tryptophan	0.28 ±0.01	0.28 ±0.01	0.27 ±0.01
总氨基酸 Total amino acid	81.15	59.99	74.96
必需氨基酸 Essential amino acid	32.51	23.73	30.57
鲜味氨基酸 Delicious amino acid	32.93	23.74	28.97
必需氨基酸/总氨基酸 (%) Essential amino acid/Total amino acid	40.06	39.56	40.78
必需氨基酸/非必需氨基酸 (%) Essential amino acid/Nonessential amino acid	66.84	65.44	68.87
鲜味氨基酸/总氨基酸 (%) Delicious amino acid/Total amino acid	40.58	39.57	38.65

表中必需氨基酸为成人必需氨基酸,包含赖氨酸、甲硫氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苏氨酸、缬氨酸、色氨酸和苯丙氨酸。

Essential amino acid:Lysine, Methionine, Leucine, Isoleucine, Threonine, Valine, Tryptophan, Phenylalanine.

2.4 矿物元素组成 凤鲚、刀鲚和湖鲚肌肉中矿物元素含量丰富,常量元素含量最高的均为钾,微量元素则为铁,钙磷比、锌铜比和锌铁比分别为 2.79 ~ 3.67、13.37 ~ 38.82 和 0.61 ~ 0.83(表 5)。每千克肌肉鲜样中表 5 所示的 9 种元素总量分别为 5.81 g、7.08 g 和 7.54 g,钾、钠和钙 3 种常量元素总量分别高达 5.17 g、6.52 g 和 6.85 g。3 个种群样本肌肉中钙含量均较高,依次为凤鲚 > 湖鲚 > 刀鲚,这与肌肉中含有少量未能剔除的肌间刺应有一定关系。

3 讨论

3.1 凤鲚、刀鲚和湖鲚肌肉营养价值 凤鲚、

刀鲚和湖鲚肌肉干样粗蛋白和粗脂肪总量显著高于鳊 (*Siniperca chuatsi*)^[14] 和乌鳢 (*Channa argus*)^[15], 肌肉鲜样能量密度均高于丁香鱼 (*Spratelloides gracilis*)^[16] 及 3 种弹涂鱼 (*Periophthalmus cantonensis*; *Scartelaos viridis*; *Boleophthalmus pectinirostris*)^[17]。氨基酸组成均符合 FAO/WHO 对理想蛋白源的评价标准,必需氨基酸指数显著高于鳊^[14] 和花鲢 (*Hemibarbus maculatus*)^[18], 鲜味氨基酸占总氨基酸的比例显著高于中华倒刺鲃 (*Spinibarbus sinensis*)^[19] 和齐口裂腹鱼 (*Schizothorax prenanti*)^[20]。脂肪酸种类数量接近于山女鲢 (*Oncorhynchus masou*)^[21], 不饱和脂肪酸和 -3

表 3 凤鲚、刀鲚和湖鲚肌肉必需氨基酸评价 (mg/g N)

Table 3 Evaluation of essential amino acid composition in muscles of

Coilia mystus, *C. ectenes* and *C. ectenes taihuensis*

指标 Index	必需氨基酸 Essential amino acid	凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	刀鲚 <i>C. ectenes</i>	湖鲚 <i>C. ectenes taihuensis</i>
氨基酸评分 Amino acid score (AAS)	异亮氨酸 Isoleucine	0.98	0.94	1.17
	亮氨酸 Leucine	1.24	1.11	1.19
	苏氨酸 Threonine	0.99	0.89	0.94
	缬氨酸 Valine	0.84	0.83	0.99
	苏氨酸 Threonine	1.75	1.59	1.73
	色氨酸 Tryptophan	0.35	0.43	0.37
	甲硫氨酸 + 胱氨酸 Methionine + Cystine	1.53	1.35	1.49
化学评分 Chemical score (CS)	苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phenylalanine + Tyrosine	1.31	1.19	1.31
	异亮氨酸 Isoleucine	0.74	0.71	0.88
	亮氨酸 Leucine	1.02	0.91	0.98
	苏氨酸 Threonine	0.85	0.76	0.80
	缬氨酸 Valine	0.64	0.63	0.74
	苏氨酸 Threonine	1.35	1.23	1.33
	色氨酸 Tryptophan	0.21	0.26	0.22
必需氨基酸指数 Essential amino acid index (EAAD)	甲硫氨酸 + 胱氨酸 Methionine + Cystine	0.87	0.77	0.85
	苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phenylalanine + Tyrosine	0.88	0.80	0.88
		73.92	70.49	76.04

表 4 凤鲚、刀鲚和湖鲚肌肉脂肪酸组成 (%)

Table 4 Fatty acid composition in muscles of *Coilia mystus*, *C. ectenes* and *C. ectenes taihuensis*

脂肪酸 Fatty acid	凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	刀鲚 <i>C. ectenes</i>	湖鲚 <i>C. ectenes taihuensis</i>
C 12:0	0.88 ±0.03	0.23 ±0.01	0.22 ±0.01
C 14:0	4.24 ±0.23	2.38 ±0.12	3.39 ±0.08
C 15:0	0.59 ±0.10	0.68 ±0.03	1.98 ±0.04
C 16:0	25.28 ±0.75	18.75 ±0.36	24.14 ±0.22
C 16:1	9.02 ±0.32	9.13 ±0.13	10.28 ±0.16
C 16:2	-	1.71 ±0.09	-
C 16:3	1.22 ±0.05	-	0.18 ±0.01
C 17:0	0.65 ±0.02	0.77 ±0.01	3.35 ±0.26
C 17:1	1.47 ±0.08	-	0.68 ±0.02
C 18:0	3.69 ±0.10	4.30 ±0.20	4.24 ±0.03
C 18:1	35.61 ±0.56	45.34 ±0.85	35.29 ±0.63
C 18:2	0.81 ±0.03	1.55 ±0.07	2.69 ±0.11
C 18:3	0.41 ±0.01	1.82 ±0.16	3.13 ±0.09
C 19:0	-	0.21 ±0.01	-
C 20:0	0.27 ±0.02	0.22 ±0.01	0.18 ±0.01
C 20:1	2.85 ±0.18	1.37 ±0.05	0.18 ±0.01
C 20:3	-	0.31 ±0.01	-
C 20:4	1.61 ±0.12	2.98 ±0.05	3.53 ±0.18
C 20:5 (EPA)	4.44 ±0.11	5.51 ±0.12	5.55 ±0.15
C 22:1	3.01 ±0.08	-	-
C 22:6 (DHA)	3.95 ±0.07	2.76 ±0.09	0.99 ±0.02
饱和脂肪酸 Saturated fatty acid	35.60	27.54	37.50
不饱和脂肪酸 Unsaturated fatty acid	64.40	72.48	62.50
单不饱和脂肪酸 Monounsaturated fatty acid	51.96	55.84	46.43
多不饱和脂肪酸 Polyunsaturated fatty acid	12.44	16.64	16.07

“-”表示未检出。“-” not tested.

表 5 凤鲚、刀鲚和湖鲚肌肉矿物元素组成
(干重,mg/100 g)

Table 5 Contents of mineral elements in muscles of
Coilia mystus, *C. ectenes* and *C. ectenes taihuensis*
(dry weight, mg/100 g)

元素 Mineral elements	凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	刀鲚 <i>C. ectenes</i>	湖鲚 <i>C. ectenes taihuensis</i>
钾 K	1 737 ±20.54	1 399 ±10.59	1 665 ±24.30
钙 Ca	750 ±7.48	327 ±3.58	611 ±6.65
钠 Na	363 ±3.19	844 ±8.65	631 ±7.70
镁 Mg	138 ±1.83	99 ±1.44	114 ±2.04
磷 P	204 ±2.22	117 ±1.17	173 ±0.67
锌 Zn	5.27 ±0.18	1.70 ±0.08	2.21 ±0.12
铁 Fe	6.34 ±0.06	2.81 ±0.06	3.16 ±0.09
铜 Cu	0.14 ±0.01	0.12 ±0.00	0.16 ±0.01
锰 Mn	0.46 ±0.02	0.25 ±0.00	0.58 ±0.02

多不饱和脂肪酸含量均较高,其中后者显著高于中华倒刺鲃^[19]和光倒刺鲃(*Spinibarbus hollandi*)^[19]。矿物元素含量丰富,钾、钙、钠、镁、磷、锌、铁、铜和锰 9 种元素总量明显高于鲤(*Cyprinus carpio*)^[22]、鲫(*Carassius auratus*)^[22]和鳊^[22]。凤鲚、刀鲚和湖鲚肌肉中赖氨酸、支链氨基酸、DHA 和 EPA 等对人体新陈代谢具有重要生理功能的必需因子含量均高于常规经济鱼类^[23,24]。就营养价值而言,凤鲚属于高蛋白低脂肪的优质食品,蛋白质质量较高,DHA 和 EPA 含量也高于刀鲚和湖鲚,最符合现代营养学标准;湖鲚的氨基酸组成与 AAS 和 CS 参考价值相比最为合理,更利于人体吸收。

3.2 凤鲚、刀鲚和湖鲚肌肉生化成分的差异

刀鲚肌肉干样粗脂肪含量和能量密度显著高于凤鲚和湖鲚,粗蛋白含量则低于后两者。能量密度是衡量鱼体能量储备水平的重要指标,自然条件下生化成分及能量密度是鱼类自身发育状况以及对各种环境因子适应性反应的直接表现^[25],不同鱼类间生态习性的差异是形成生化成分和能量密度差异的主要原因。凤鲚、刀鲚和湖鲚生态习性差异较大,湖鲚为定居性鱼类,凤鲚仅作短距离洄游,刀鲚的洄游路线最远可达洞庭湖,近年来仍可达鄱阳湖口。刀鲚在长途洄游的过程中不摄食,因此为了顺利完成生

殖洄游需要储备更多的能量。据 Slotte 报道,大西洋鲱(*Clupea harengus*)在生殖洄游过程中,脂肪是供给其日常活动代谢的主要能源物质^[26]。因此刀鲚生殖洄游所需的能量贮备可能主要体现于肌肉中脂肪的积累,这应该是刀鲚粗脂肪含量显著高于凤鲚和湖鲚的主要原因。3 个种群样本肌肉微量元素含量差异较大,凤鲚锌铁含量显著高于刀鲚和湖鲚,锌含量分别高 210.00% 和 138.46%,铁含量分别高 125.62% 和 100.63%,湖鲚铜和锰的含量则高于凤鲚和刀鲚。栖息水环境的不同是微量元素含量差异的主要原因,凤鲚和湖鲚的栖息水域分别为咸水和淡水,刀鲚则两者兼有,不同水域微量元素含量差异较大,淡水中 Fe 和 Mn 的含量均显著高于海水,Cu 的含量略高于海水,Zn 含量则显著小于海水^[27]。因此,相对而言,锌在凤鲚肌肉中应更易于富集,铜和锰则在湖鲚肌肉中更易于富集,这几种元素在各种类肌肉中的含量水平与此基本相符。但凤鲚肌肉中铁的含量显著高于刀鲚和湖鲚,而咸水中铁元素含量显著低于淡水,在低铁的咸水环境中保持了较高的铁含量,表明凤鲚对铁的富集能力显著强于刀鲚和湖鲚。

关于湖鲚分类地位的研究多有报道,但至今仍有争论,袁传宓根据形态可数性状及生态和生理差异认为,湖鲚是刀鲚的亚种^[3];刘文斌基于同工酶和解剖学结果认为,刀鲚和湖鲚间的差异尚未达到亚种水平^[28];程起群对刀鲚和湖鲚形态框架性状进行了比较,计算出两者差异系数小于亚种的临界值,且刀鲚和湖鲚的遗传多态性及遗传关系也同样表明两者之间的差异尚未达到亚种水平^[9,10]。刀鲚和湖鲚肌肉生化成分差异显著,这不同于形态学及遗传学研究结果,形成这种差异的原因亦不难理解:20 世纪 60 年代太湖修闸筑坝导致江湖间鱼类交流被阻断,80 年代湖鲚发展成为太湖主要优势种群^[4,29],太湖湖鲚种群的陆封演变过程至今不过 40 余年,陆封环境对形态学和遗传学特征的影响可能尚不显著,但从洄游性鱼类变为定居性鱼类后,生化成分为适应环境变化而发生

显著改变是必然的,而且这种变动趋势应当随着栖息环境和生态习性的相对稳定而逐步减弱,直至形成新的生化成分特征为止。

4 结 论

凤鲚、刀鲚和湖鲚均具有较高的营养价值,其中凤鲚肌肉的品质相对最优。将鲚属鱼类作为常规膳食结构的补充成分,可以增加人体对赖氨酸、不饱和脂肪酸以及钙等生理活性因子的吸收利用。

凤鲚、刀鲚和湖鲚肌肉生化成分和能量密度均存在差异,其中刀鲚粗脂肪含量和能量密度均显著高于凤鲚和湖鲚,这与其需要长距离生殖洄游关系密切,而其与湖鲚的显著差异表明了生态习性的差异对鱼类生化成分具有重要影响。

参 考 文 献

- [1] 湖北省水生生物研究所鱼类研究室. 长江鱼类. 北京: 科学出版社, 1976, 23 ~ 24.
- [2] 袁传宓, 林金榜, 秦安静等. 关于我国鲚属鱼类分类的历史和现状. 南京大学学报(自然科学版), 1976, (2): 1 ~ 12.
- [3] 袁传宓. 关于长江中下游及东南沿海各省的鲚属鱼种下分类的探讨. 南京大学学报(自然科学版), 1980, (3): 67 ~ 82.
- [4] 周汉书, 田见龙. 论湖鲚种群优势的成因及控制途径. 淡水渔业, 1981, (6): 9 ~ 11.
- [5] 刘引兰, 吴志强, 胡茂林. 我国刀鲚研究进展. 水产科学, 2008, 27(4): 205 ~ 209.
- [6] 孙雪兴, 仇延舫. 太湖湖鲚年龄与生长的研究. 海洋与湖沼, 1987, 18(1): 39 ~ 47.
- [7] 张敏莹, 徐东坡, 刘凯等. 长江下游刀鲚生物学及最大持续产量研究. 长江流域资源与环境, 2005, 14(6): 694 ~ 698.
- [8] 刘凯, 张敏莹, 徐东坡等. 长江口凤鲚资源变动及最大持续产量研究. 上海水产大学学报, 2004, 13(4): 298 ~ 303.
- [9] 程起群, 韩金娣. 刀鲚两种群的形态变异和综合判别. 湖泊科学, 2004, 16(4): 356 ~ 364.
- [10] 程起群, 温俊娥, 王云龙等. 刀鲚与湖鲚线粒体细胞色素 *b* 基因片段多态性及遗传关系. 湖泊科学, 2006, 18(4): 425 ~ 430.
- [11] Pellett P L, Yong V R. Nutritional Evaluation of Protein Foods. Tokyo: The United National University Publishing Company, 1980, 26 ~ 29.
- [12] 桥本芳郎著(蔡完其译). 养鱼饲料学. 北京: 中国农业出版社, 1980, 114 ~ 115.
- [13] 邴旭文, 张宪中. 斑驳尖塘鳢肌肉营养成分与品质的评价. 中国海洋大学学报, 2006, 36(1): 107 ~ 111.
- [14] 梁银钜, 崔希群, 刘友亮. 鳊肌肉生化成分分析和营养品质评价. 水生生物学报, 1998, 22(4): 386 ~ 388.
- [15] 聂国兴, 傅艳茹, 张浩等. 乌鳢肌肉营养成分分析. 淡水渔业, 2002, 32(2): 46 ~ 47.
- [16] 王军, 苏永全, 庄向生等. 福建沿海丁香鱼的生化成分及能值分析. 厦门大学学报(自然科学版), 1997, 36(6): 963 ~ 966.
- [17] 王军, 苏永全. 三种弹涂鱼的生化组成及能值分析. 厦门大学学报(自然科学版), 1994, 33(1): 96 ~ 99.
- [18] 顾若波, 闻海波, 徐钢春. 花鲢的肌肉营养成分与品质评价. 大连水产学院学报, 2006, 21(4): 378 ~ 382.
- [19] 邴旭文. 中华倒刺鲃和光倒刺鲃肌肉营养品质的比较. 大连水产学院学报, 2005, 20(3): 233 ~ 237.
- [20] 周兴华, 郑曙明, 吴青等. 齐口裂腹鱼肌肉营养成分的分析. 大连水产学院学报, 2005, 20(1): 20 ~ 24.
- [21] 尹洪滨, 孙中武, 沈希顺等. 山女鱊肌肉营养组成分析. 水生生物学报, 2004, 28(5): 577 ~ 580.
- [22] 郭叶华, 聂湘平, 魏泰莉等. 鲤鱼等五种鱼肌肉中的无机元素. 珠江水产, 1998, (4): 4 ~ 6.
- [23] 刘军, 胡兵, 李惠等. 铜鱼肌肉营养组成与评价. 上海水产大学学报, 2006, 15(3): 370 ~ 374.
- [24] 庄平, 宋超, 章龙珍等. 黄斑篮子鱼肌肉营养成分与品质的评价. 水产学报, 2008, 32(1): 77 ~ 83.
- [25] 崔奕波. 鱼类生物能量学的理论与方法. 水生生物学报, 1989, 13(4): 369 ~ 383.
- [26] Slotte A. Differential utilization of energy during wintering and spawning migration in Norwegian spring-spawning herring. *Journal of Fish Biology*, 1999, 54(2): 338 ~ 355.
- [27] 雷志洪, 徐小清, 惠嘉玉等. 鱼体微量元素的生态化学特征研究. 水生生物学报, 1994, 18(4): 309 ~ 315.
- [28] 刘文斌. 中国鲚属四种鱼的生化形态比较及其系统发育的研究. 海洋与湖沼, 1995, 26(5): 558 ~ 564.
- [29] 李圣法, 臧增嘉. 太湖敞水区鱼类种间关系现状. 水产学报, 1998, 22(1): 44 ~ 48.