

邵伯湖区泥鳅与大鳞副泥鳅肌肉营养成分分析

韩光明, 毕建花, 唐鹤军, 张家宏, 寇祥明, 朱凌宇, 徐 荣, 王桂良, 王守红

(江苏里下河地区农业科学研究所, 江苏省生态农业工程技术研究中心, 江苏 扬州 225007)

[摘要] 对江苏邵伯湖区的野生泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*)和大鳞副泥鳅(*Paramisgurnus dabryanus*)肌肉中的常规营养成分、氨基酸含量和脂肪酸组成进行测定和比较分析, 结果显示: 两者肌肉中的水分含量无显著差异($P > 0.05$), 泥鳅肌肉中的粗蛋白质含量显著高于大鳞副泥鳅($P < 0.05$), 而粗脂肪含量显著低于大鳞副泥鳅($P < 0.05$); 泥鳅肌肉中的总氨基酸、必需氨基酸、半必需氨基酸、非必需氨基酸和鲜味氨基酸的含量均显著高于大鳞副泥鳅($P < 0.05$); 泥鳅肌肉中饱和脂肪酸比例显著低于大鳞副泥鳅($P < 0.05$), 而不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸、长链多饱和脂肪酸、 $n-3$ 系列多不饱和脂肪酸、 $n-6$ 系列多不饱和脂肪酸、反式脂肪酸的含量, 以及 $\Sigma n-6/\Sigma n-3$ 比值均显著高于大鳞副泥鳅($P < 0.05$)。对肌肉蛋白质和脂肪品质进行评价, 发现泥鳅比大鳞副泥鳅具有更高的营养价值。

[关键词] 泥鳅; 大鳞副泥鳅; 肌肉; 氨基酸; 脂肪酸

[中图分类号] S 912

Nutritional Component Analysis in Muscles of *Misgurnus anguillicaudatus* and *Paramisgurnus dabryanus* from Shaobo Lake

HAN Guang-ming, BI Jian-hua, TANG He-jun, ZHANG Jia-hong, KOU Xiang-ming,
ZHU Ling-yu, XU Rong, WANG Gui-liang, WANG Shou-hong

(Lixiahe Agricultural Science Research Institute in Jiangsu Province, Research Center of Eco-agricultural Engineering and Technology of Jiangsu Province, Yangzhou 225007, China)

Abstract: The common nutrition composition amino acid contents and fatty acid profiles in muscles of *Misgurnus anguillicaudatus* and *Paramisgurnus dabryanus* from shaobo lake in Jiangsu Province were compared and analyzed. The results showed that there was no significant difference in muscle moisture content between *M. anguillicaudatus* and *P. dabryanus* ($P < 0.05$). In the muscle of *M. anguillicaudatus*, the crude protein content was significantly higher and crude lipid content was significantly lower than those in muscle of *P. dabryanus* ($P < 0.05$). The contents of total amino acids (TAA), essential amino acids (EAA), half-essential amino acids (HEAA), nonessential amino acids (NEAA) and delicious amino acids (DAA) in muscle of *M. anguillicaudatus* were significantly higher than those of *P. dabryanus* ($P < 0.05$). The total contents of saturated fatty acids (SFA) in *M. anguillicaudatus* were significantly lower, whereas all the contents of unsaturated fatty acids (UFA), polyunsaturated fatty acids (PUFA), highly unsaturated fatty acids,

[收稿日期] 2016-04-20

[修回日期] 2016-05-28

[基金项目] 江苏里下河地区农科所基金资助项目(泥鳅苗种培育关键技术的集成与示范); 江苏省农业科技支撑计划项目(BE2014360); 江苏省水产三新工程项目(Y2013-28)

[作者简介] 韩光明(1985—), 男, 硕士, 助理研究员, 从事水生生物营养与人工繁育研究。通信作者: 张家宏(1965—), 男, 研究员, 从事特种水产人工增养殖及生态健康养殖研究。E-mail: yzzhangjh@126.com。

n-3 PUFA, *n*-6 PUFA, trans fatty acids (TFA), and the coefficients of *n*-6 PUFA/*n*-3 PUFA were significantly higher than that those in *P. dabryanus* ($P < 0.05$). In summary, the nutrition values of *M. anguillicaudatus* were higher than that of *P. dabryanus*.

Keywords: *Misgurnus anguillicaudatus*; *Paramisgurnus dabryanus*; muscle; amino acids; fatty acids

0 引言

通常人们所讲的泥鳅既包括分类学上的泥鳅 (*Misgurnus anguillicaudatus*), 也包括大鳞副泥鳅 (*Paramisgurnus dabryanus*), 两者同为鲤形目、鳅科、花鳅亚科, 但是分别隶属于泥鳅属和大鳞副泥鳅属, 在形态解剖上已有明显的进化差异。在自然水域中, 泥鳅和大鳞副泥鳅往往存在同一水域, 而且两个种类可杂交^[1], 常被误认为是同一种。这两种鳅类除我国西部高原外, 自南至北均有分布。目前其相关的人工繁殖技术逐渐成熟, 在江苏、安徽、山东等地已经有规模化人工养殖。为了解不同品种鳅类肌肉营养成分的差异, 国内学者对野生的泥鳅^[2-3]和大鳞副泥鳅^[3]、不同染色体组数的泥鳅^[4-5]以及人工养殖的泥鳅^[6-7]肌肉中部分营养组成进行了报道, 但多数研究者只报道了常规营养成分和氨基酸组成, 而对脂肪酸组成的报道较少且脂肪酸组成数据不全。

本研究针对江苏邵伯湖区野生条件下2龄以上的泥鳅和大鳞副泥鳅, 分析其肌肉常规营养成分、氨基酸和脂肪酸种类及含量, 并做了较为全面的分析和评价, 以期充分挖掘土著泥鳅和大鳞副泥鳅资源, 对泥鳅和大鳞副泥鳅的营养需求、营养学研究及饲料研制提供基础数据和理论分析依据, 推动相关人工养殖技术的发展。

1 材料与方法

1.1 试验鳅

野生泥鳅和大鳞副泥鳅于2014年10月捕自江苏省扬州市邗江区邵伯湖水域, 根据形态特征区分出泥鳅和大鳞副泥鳅。两种鳅各取60尾2龄以上的为样本, 且雌雄均半。泥鳅平均体重为 (27.27 ± 1.50) g, 平均体长为 (15.54 ± 0.20) cm; 大鳞副泥鳅平均体重为 (37.83 ± 3.33) g, 平均体长为 (16.07 ± 0.46) cm。

1.2 取样方法

先将鱼体放入质量浓度为180 mg/L的MS-222麻醉溶液中, 鱼体麻醉后, 取背部和腹部肌肉样品, 除去鳃皮。每20尾鱼体的肌肉样品混为1组, 共3组平行重复。肌肉样品用于检测水分、粗蛋白质、粗脂肪、氨基酸和脂肪酸组成。

1.3 样品检测方法

肌肉中的水分、粗蛋白质、粗脂肪含量的测定分别采用常压干燥法、凯氏定氮法、索氏提取法等方法; 脂肪酸组成测定使用气相色谱质谱联用仪 (Thermo Quest Trace GC/MS), 参照韩光明等^[8]的方法, 按峰面积归一化法计算; 氨基酸组成测定使用日立L-8900全自动氨基酸分析仪, 按照GB T18246-2000方法测定。

1.4 氨基酸营养评价方法

根据FAO/WHO 1973年建议的氨基酸评分标准模式^[9]和中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所^[10]提出的全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式, 先将肌肉中氨基酸的质量分数 ω_a (% , 干重) 的数据换算成每克氮中含氨基酸毫克数 A (mg/g), 然后计算必需氨基酸指数 (essential amino acids index, EAAI), 具体公式如下:

$$A = \omega_a \times 10 \times 6.25/\omega_p,$$

$$EAAI = \sqrt[n]{(100A_{Thr}/S_{Thr}) \times (100A_{Val}/S_{Val}) \times \cdots \times (100A_{Lys}/S_{Lys})},$$

其中, ω_p 为肌肉中蛋白质的质量分数 (% , 干重); n 为用于比较的必需氨基酸个数; S 为FAO/

WHO 评分标准或鸡蛋蛋白标准模式中每克氮中含氨基酸的毫克数（mg/g）。

1.5 脂肪酸营养评价方法

计算脂肪酸致动脉粥样化指数（index of atherogenicity, IA）和血栓指数（index of thrombogenicity, IT）^[11]，用于评价肌肉中脂肪酸对人类心血管疾病发生的影响，计算公式为：

$$IA = \frac{C_{12:0} + 4 \times C_{14:0} + C_{16:0}}{MUFA + PUFA},$$
$$IT = \frac{C_{12:0} + C_{16:0} + C_{18:0}}{0.5 \times MUFA + 0.5 \times n-6PUFA + 3 \times n-3PUFA + \frac{n-3PUFA}{n-6PUFA}},$$

其中，MUFA 为单不饱和脂肪酸（monounsaturated fatty acids），PUFA 为多不饱和脂肪酸（polyunsaturated fatty acids）。

1.6 数据处理与分析

试验数据用 Excel 和 SPSS 18.0 软件进行统计分析，用 *t* 检验法进行差异显著性分析，用平均值 ± 标准误（Mean ± SE）形式表示，*P* < 0.05 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 常规营养成分分析

泥鳅和大鳞副泥鳅肌肉中的水分、粗蛋白质和粗脂肪的质量分数的测定结果见表 1。可以看出，两者肌肉中水分的质量分数无显著差异（*P* > 0.05），但是泥鳅肌肉中粗蛋白质的质量分数显著高于大鳞副泥鳅（*P* < 0.05），而粗脂肪的质量分数显著低于大鳞副泥鳅（*P* < 0.05），大鳞副泥鳅肌肉中脂肪的质量分数是泥鳅的 2.48 倍。

表 1 泥鳅和大鳞副泥鳅肌肉营养成分的质量分数(湿重)

Tab.1 The nutrient composition in muscle of *M. anguillicaudatus* and *P. dabryanus* (*n*=3, fresh weight) %

项目 Item	泥鳅 <i>M. anguillicaudatus</i>	大鳞副泥鳅 <i>P. dabryanus</i>
<i>w</i> (水分) <i>w</i> (Moisture)	77.91 ± 0.05	77.63 ± 0.12
<i>w</i> (粗蛋白质) <i>w</i> (Crude protein)	19.69 ± 0.05 ^b	18.54 ± 0.50 ^a
<i>w</i> (粗脂肪) <i>w</i> (Crude lipid)	0.90 ± 0.09 ^a	2.23 ± 0.44 ^b

说明：同列肩标字母不同的表示两者间差异显著（*P* < 0.05）。

Note: Mean values with different superscripts in the same line are significantly different (*P* < 0.05) .

2.2 氨基酸组成分析及品质评价

表 2 列出了泥鳅与大鳞副泥鳅肌肉中氨基酸组成，共检测出 17 种常见氨基酸（色氨酸由于水解被破坏而未检出）。泥鳅肌肉中的氨基酸除了组氨酸外，其余 16 种氨基酸的质量分数均高于大鳞副泥鳅；泥鳅的总氨基酸（total amino acids, TAA）、必需氨基酸（essential amino acids, EAA）、半必需氨基酸（half-essential amino acids, HEAA）、非必需氨基酸（nonessential amino acids, NEAA）和鲜味氨基酸（delicious amino acids, DAA）的质量分数也均显著高于大鳞副泥鳅（*P* < 0.05）。

从食品学角度看，食品蛋白质的营养价值很大程度上取决于它们为体内含氮化合物所提供的 EAA 的量及比例。将表 2 中的数据换算成每克氮中含氨基酸毫克数后，与 FAO/WHO 模式和鸡蛋蛋白质氨基酸模式进行比较，并计算出泥鳅和大鳞副泥鳅的 EAAI 来评价其营养价值。由表 3 可知，泥鳅和大鳞副泥鳅肌肉中 EAA 总量都低于鸡蛋蛋白标准和 FAO/WHO 标准，但是 EAA/TAA（分别为 38.03% 和 37.43%）均高于 WHO/FAO 标准（35.38%），低于鸡蛋蛋白标准（48.08%）。泥鳅和大鳞副泥鳅的 EAAI 以鸡蛋蛋白标准计算分别为 65.52% 和 59.71%，以 FAO/WHO 标准计算分别为 88.83% 和 80.95%。

表 2 泥鳅和大鳞副泥鳅肌肉中氨基酸组成(干重)

Tab. 2 Amino acid composition in muscles of *M. anguillicaudatus* and *P. dabryanus*(*n* = 3, dry weight)

	%	
<i>w</i> (氨基酸) <i>w</i> (Amino acid)	泥鳅 <i>M. anguillicaudatus</i>	大鳞副泥鳅 <i>P. dabryanus</i>
赖氨酸 Lys *	6.622 ± 0.050 ^b	5.802 ± 0.016 ^a
亮氨酸 Leu *	5.920 ± 0.058 ^b	5.376 ± 0.004 ^a
精氨酸 Arg **	4.757 ± 0.013 ^b	4.414 ± 0.053 ^a
缬氨酸 Val *	3.799 ± 0.093	3.505 ± 0.025
苏氨酸 Thr *	3.523 ± 0.002 ^b	3.290 ± 0.013 ^a
异亮氨酸 Ile *	3.442 ± 0.095	3.195 ± 0.014
苯丙氨酸 Phe *	3.260 ± 0.033 ^b	2.902 ± 0.003 ^a
蛋氨酸 Met *	2.050 ± 0.006 ^b	1.848 ± 0.005 ^a
组氨酸 His **	1.659 ± 0.019	1.663 ± 0.003
谷氨酸 Glu	11.660 ± 0.123 ^b	10.585 ± 0.015 ^a
天门冬氨酸 Asp	7.656 ± 0.071 ^b	6.931 ± 0.023 ^a
甘氨酸 Gly	5.719 ± 0.080	5.487 ± 0.042
丙氨酸 Ala	5.436 ± 0.051 ^b	5.057 ± 0.010 ^a
丝氨酸 Ser	3.286 ± 0.045	3.051 ± 0.041
酪氨酸 Tyr	2.571 ± 0.031 ^b	2.327 ± 0.005 ^a
胱氨酸 Cys	0.647 ± 0.009	0.620 ± 0.003
脯氨酸 Pro	3.241 ± 0.055	3.194 ± 0.005
总氨基酸 TAA	75.245 ± 0.709 ^b	69.243 ± 0.185 ^a
必需氨基酸 EAA	28.615 ± 0.320 ^b	25.917 ± 0.014 ^a
半必需氨基酸 HEAA	6.416 ± 0.032 ^b	6.076 ± 0.056 ^a
非必需氨基酸 NEAA	40.215 ± 0.357 ^b	37.251 ± 0.143 ^a
鲜味氨基酸 DAA	30.470 ± 0.324 ^b	28.059 ± 0.089 ^a
必需氨基酸/总氨基酸 EAA/TAA	38.03	37.43
必需氨基酸/非氨基酸 EAA/NEAA	71.15	69.57

说明: * 为必需氨基酸, ** 为半必需氨基酸。同列肩标字母不同的表示两者间差异显著 ($P < 0.05$)。

Notes: * mean essential amino acids, ** means half – essential amino acids. Mean values with different superscripts in the same line are significantly different ($P < 0.05$) .

2.3 脂肪酸组成分析及品质评价

泥鳅与大鳞副泥鳅相比,肌肉中饱和脂肪酸(saturated fatty acids, SFA)的比例前者显著低于后者($P < 0.05$),单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acids, MUFA)的比例两者无显著差异($P > 0.05$)。除此之外,泥鳅肌肉中的不饱和脂肪酸(unsaturated fatty acids, UFA)、多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acids, PUFA)、长链多不饱和脂肪酸(long chain polyunsaturated fatty acids, LC-PUFA)、*n*-3 PUFA、*n*-6 PUFA、反式脂肪酸(trans fatty acids, TFA)的比例和 Σn -6/ Σn -3 比值均显著高于大鳞副泥鳅($P < 0.05$)。

通过计算肌肉中脂肪酸的致动脉粥样化指数(IA)和血栓指数(IT),可以评价脂肪酸对人体心血管健康的影响。由表 4 可知,泥鳅肌肉脂肪酸的 IA 和 IT 分别为 0.297、0.406,均显著低于大鳞副泥鳅(IA 0.363、IT 0.459) ($P < 0.05$)。

表 3 泥鳅和大鳞副泥鳅肌肉中必需氨基酸含量与鸡蛋蛋白质及 FAO/WHO 标准的比较
Tab. 3 Comparison of essential amino acid contents among *M. anguillicaudatus* and *P. dabryanus* muscles, chicken egg and FAO/WHO standard

项目 Item	泥鳅 <i>M. anguillicaudatus</i>	大鳞副泥鳅 <i>P. dabryanus</i>	鸡蛋蛋白标准 Chicken egg standard	FAO/WHO 标准 FAO/WHO standard
$w(\text{必需氨基酸})$ $w(\text{Essential amino acids})$ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	Thr	220.16	292	250
	Val	237.41	411	310
	Met + Cys	168.53	386	220
	Ile	215.13	331	250
	Leu	370.00	534	440
	Phe + Tyr	364.44	565	380
	Lys	413.88	441	340
	EAA 总量 Total EAA	1989.53	2960	2190
	$w(\text{EAA/TAA})$	38.03%	48.08%	35.38%
	EAAI(egg)	65.52%	59.71%	
	EAAI(FAO/WHO)	88.83%	80.95%	

3 讨论

3.1 泥鳅和大鳞副泥鳅常规营养成分特征

鱼类可食用的主要部位是肌肉，肌肉中主要营养成分是蛋白质、脂肪。鱼类肌肉营养成分含量受环境因素、营养因素、遗传因素和生理状态等多方面的影响^[12]。本研究中，泥鳅肌肉中粗蛋白质的含量较高，而粗脂肪的含量较低，大鳞副泥鳅肌肉中脂肪的含量是泥鳅的 2.48 倍。与鳅类的其他相关研究相比，两者肌肉中粗蛋白质的质量分数均略低于中华沙鳅（20.05%）^[13]和花斑副沙鳅（20.73%）^[14]，而与二倍体泥鳅（18.68%）^[4]和四倍体泥鳅（18.69%）^[4]接近；同时，此次研究结果显示泥鳅肌肉中粗脂肪的质量分数（0.90%）比大鳞副泥鳅（2.23%）低，也比中华沙鳅（1.56%）^[13]、花斑副沙鳅（1.25%）^[14]低，但是比二倍体泥鳅（0.11%）^[4]和四倍体泥鳅（0.8%）^[4]高。赵振山等^[3]的研究报道泥鳅和大鳞副泥鳅肌肉中粗脂肪的质量分数分别为 2.31% 和 2.57%，泥鳅肌肉中脂肪的含量低于大鳞副泥鳅，这与本研究结果有一定的差异。据 Stansby^[12]分析，脂肪是鱼类一般营养成分中变动最大的，种类间的变动为 0.2% ~ 64.0%，含量最低的种类与含量最高的种类间实际差别达 320 倍之多，而且即使同一种鱼类，也因年龄、大小、生理状态、营养条件等有很大变动。此次研究样本采集于同一天然水域，两种鳅类的年龄相近，造成泥鳅和大鳞副泥鳅肌肉中脂肪含量差异的主要原因，可能是由于不同种的遗传因素差异导致的差别，也可能是由于营养条件的不同造成的差异。

3.2 泥鳅和大鳞副泥鳅中氨基酸和脂肪酸的营养价值

在肌肉氨基酸组成方面，泥鳅和大鳞副泥鳅肌肉中的赖氨酸在 EAA 中含量最高，与人们常食用的谷物中的蛋白质具有良好的互补作用。鱼肉的鲜美程度在一定程度上取决于其 DAA（主要包括谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸和丙氨酸）。本研究结果表明，泥鳅 DAA 的质量分数（30.47%）高于大鳞副泥鳅（28.06%），这两种鳅类 DAA 的质量分数均高于大黄鱼（27.57%）^[15]和草鱼（21.98%）^[16]，但是低于河川沙塘鳢（31.1%）^[17]等鱼类。通过计算必需氨基酸指数（EAAI）来评价肌肉品质，泥鳅 EAAI（65.52%）高于大鳞副泥鳅（59.71%），进一步说明泥鳅中氨基酸的营养价值高于大鳞副泥鳅，这一结果与赵振山等^[3]的研究一致。

在肌肉脂肪酸组成方面，泥鳅 UFA 的质量分数高于大鳞副泥鳅，尤其是 LC - PUFA 的质量分数较高，说明泥鳅肌肉中脂肪的消化率更高，脂肪品质更好。泥鳅肌肉中 UFA、PUFA、LC - PUFA、*n*-3 PUFA、*n*-6 PUFA 的质量分数和 $\sum n-6 / \sum n-3$ 比值均显著高于大鳞副泥鳅（*P* < 0.05），尤其是 LC - PUFA 的质量分数是大鳞副泥鳅的 1.88 倍，其中主要是花生四烯酸（20:4*n*-6）的质量分数较高。

表 4 泥鳅和大鳞副泥鳅肌肉中脂肪酸组成

Tab. 4 Fatty acid composition in muscles of *M. anguillicaudatus* and *P. dabryanus*(*n* = 3)

项目 Item	泥鳅 <i>M. anguillicaudatus</i>	大鳞副泥鳅 <i>P. dabryanus</i>
癸酸 10:0	0.026 ± 0.011	0.005 ± 0.001
十一烷酸 11:0	0.086 ± 0.004	0.028 ± 0.023
月桂酸 12:0	0.079 ± 0.001 ^a	0.184 ± 0.004 ^b
十三烷酸 13:0	0.143 ± 0.002	0.157 ± 0.003
肉豆蔻酸 14:0	1.153 ± 0.022 ^a	1.822 ± 0.020 ^b
十五烷酸 15:0	0.746 ± 0.013	0.845 ± 0.031
棕榈酸 16:0	15.427 ± 0.060 ^a	16.289 ± 0.011 ^b
十七烷酸 17:0	1.031 ± 0.010	0.998 ± 0.006
硬脂酸 18:0	2.995 ± 0.061	3.114 ± 0.040
花生酸 20:0	0.186 ± 0.003 ^a	0.218 ± 0.002 ^b
二十一酸 21:0	0.150 ± 0.001 ^b	0.118 ± 0.001 ^a
二十二烷酸 22:0	0.277 ± 0.004 ^b	0.248 ± 0.001 ^a
二十四酸 24:0	0.050 ± 0.003 ^b	0.033 ± 0.001 ^a
豆蔻油酸 14:1 _{n-5}	1.032 ± 0.014	1.009 ± 0.013
十五碳一烯酸 15:1 _{n-5}	0.903 ± 0.009	0.904 ± 0.010
棕榈油酸 16:1 _{n-7}	14.343 ± 0.016 ^a	16.824 ± 0.143 ^b
十七碳一烯酸 17:1 _{n-7}	1.306 ± 0.009 ^b	1.147 ± 0.003 ^a
反式油酸 18:1 _{n-9t}	0.559 ± 0.004 ^b	0.365 ± 0.009 ^a
油酸 18:1 _{n-9c}	22.339 ± 0.316 ^a	23.898 ± 0.149 ^b
二十碳一烯酸 20:1 _{n-9}	2.998 ± 0.131 ^b	0.622 ± 0.001 ^a
芥酸 22:1 _{n-9}	0.141 ± 0.003 ^a	0.193 ± 0.001 ^b
二十四一烯酸 24:1 _{n-9}	0.092 ± 0.013 ^b	0.012 ± 0.002 ^a
α - 亚麻酸 18:3 _{n-3}	1.836 ± 0.016 ^a	1.929 ± 0.005 ^b
二十碳三烯酸 20:3 _{n-3}	0.152 ± 0.004 ^b	0.119 ± 0.003 ^a
二十碳五烯酸 20:5 _{n-3}	1.664 ± 0.022 ^b	1.205 ± 0.003 ^a
二十二碳六烯酸 22:6 _{n-3}	1.946 ± 0.037	1.986 ± 0.000
反式亚油酸. 18:2 _{n-6t}	0.100 ± 0.002	0.062 ± 0.011
亚油酸 18:2 _{n-6c}	12.113 ± 0.291	12.913 ± 0.042
二十碳二烯酸 20:2 _{n-6}	0.913 ± 0.019 ^b	0.815 ± 0.004 ^a
二十二碳二烯酸 22:2 _{n-6}	0.223 ± 0.007	0.096 ± 0.078
γ - 亚麻酸 18:3 _{n-6}	0.198 ± 0.003 ^a	0.350 ± 0.003 ^b
二十碳三烯酸 20:3 _{n-6}	0.611 ± 0.009	0.385 ± 0.008
花生四烯酸 20:4 _{n-6}	3.034 ± 0.055 ^b	0.015 ± 0.003 ^a
二十二碳四烯酸 22:4 _{n-6}	1.297 ± 0.018 ^b	0.679 ± 0.003 ^a
饱和脂肪酸 Σ SFA	22.371 ± 0.192 ^a	24.073 ± 0.057 ^b
不饱和脂肪酸 Σ UFA	67.793 ± 0.490 ^b	65.523 ± 0.044 ^a
单不饱和脂肪酸 Σ MUFA	43.711 ± 0.378	44.972 ± 0.022
多不饱和脂肪酸 Σ PUFA	24.083 ± 0.111 ^b	20.551 ± 0.021 ^a
长链多不饱和脂肪酸 Σ LC - PUFA	8.900 ± 0.140 ^b	4.737 ± 0.006 ^a
<i>n</i> -3 系列多饱和脂肪酸 Σ <i>n</i> -3	5.596 ± 0.077 ^b	5.238 ± 0.005 ^a
<i>n</i> -6 系列多饱和脂肪酸 Σ <i>n</i> -6	18.487 ± 0.189 ^b	15.313 ± 0.017 ^a
反式脂肪酸 Σ TFA	0.658 ± 0.003 ^b	0.426 ± 0.002 ^a
Σ <i>n</i> -6 / Σ <i>n</i> -3	3.305 ± 0.079 ^b	2.923 ± 0.000 ^a
动脉粥样化指数 IA	0.297 ± 0.006 ^a	0.363 ± 0.002 ^b
血栓指数 IT	0.406 ± 0.005 ^a	0.459 ± 0.001 ^b

u(脂肪酸)_w(Fatty acid)/%

说明: 同列肩标字母不同的表示两者间差异显著 ($P < 0.05$) 。
Note: Mean values with different superscripts in the same line are significantly different ($P < 0.05$) .

花生四烯酸对婴幼儿的视网膜、神经系统和脑部等生长发育意义重大,具有促进脑部生长发育功能,提高青少年记忆力等功效^[18],而且是人体前列腺素等生理活性物质的前体,这些活性物质在维持血管弹性、调节血细胞功能、调节血脂血糖、抑制肿瘤预防癌变以及调节神经系统等方面具有重要作用^[19]。泥鳅和大鳞副泥鳅肌肉中均含有丰富的 n -3 PUFA。有研究表明,二十碳五烯酸(20:5 n -3)是人体大脑及视网膜中脂肪酸的主要成分,有促进大脑发育和提高视力的保健作用,二十二碳六烯酸(22:6 n -3)具有抑制肿瘤细胞的增殖的作用^[20]。这均说明该两种鳅类具有较高的食用价值与保健作用。本试验结果显示,泥鳅肌肉脂肪酸的 IA 和 IT 分别为 0.297、0.406,均显著低于大鳞副泥鳅 (IA 0.363、IT 0.459) ($P < 0.05$),大大低于羊肉 (IA 1.00、IT 1.58)、牛肉 (IA 0.72、IT 1.06)、猪肉 (IA 0.60、IT 1.37)^[11],由此可见,泥鳅和大鳞副泥鳅中的肌肉脂肪酸的营养价值均较高,其中泥鳅肌肉中的脂肪酸营养价值更高。

3.3 氨基酸组成分析为其配合饲料开发提供依据

一般认为,同种鱼肌肉组织中氨基酸组成相对稳定^[21],可以将鱼肉或鱼卵蛋白质的必需氨基酸组成模式,作为饲料中必需氨基酸需求量的依据和标准^[22]。因此,根据泥鳅和大鳞副泥鳅的肌肉必需氨基酸组成,可以计算出其必需氨基酸模式。以赖氨酸含量为参比,泥鳅和大鳞副泥鳅的必需氨基酸需求模式—— w (苏氨酸): w (缬氨酸): w (蛋氨酸): w (异亮氨酸): w (亮氨酸): w (苯丙氨酸): w (精氨酸): w (组氨酸): w (赖氨酸) 分别为 53.20:57.37:30.96:51.98:89.40:49.23:71.84:25.05:100.00 和 56.70:60.41:31.85:55.07:92.66:50.02:76.08:28.66:100.00。

鱼类体脂中的脂肪酸组成因种类、年龄、性别、温度的不同而有很大差异,并且受日粮的影响很大^[23]。泥鳅肌肉中的 n -3 PUFA 和 n -6 PUFA 均高于大鳞副泥鳅,尤其是花生四烯酸(20:4 n -6)更高,这一差异可能反映了不同物种自身的遗传因素差异,但也可能由摄食食物的差异所导致。因此,在研制泥鳅和大鳞副泥鳅的配合饲料时,泥鳅饲料中是否需要添加更高水平的 n -3 PUFA 和 n -6 PUFA,值得注意。

4 结论

综上所述,相对于大鳞副泥鳅而言,泥鳅肌肉中蛋白质含量更高,脂肪更低,从氨基酸和脂肪酸的组成比较分析来看,泥鳅肌肉中的蛋白质和脂肪的品质更优。由于大鳞副泥鳅的体重增长速度比泥鳅更快、个体更大^[24],生产投资回报率高,且出口韩国等多是大鳞副泥鳅,故在市场上大鳞副泥鳅的价格比泥鳅高。若单论营养价值,则泥鳅的营养价值更高。总体来讲,泥鳅和大鳞副泥鳅均为营养丰富、价值高的鱼类,是值得开发推广和规模化养殖的优良养殖品种。

[参 考 文 献]

- [1] 李懋,刘思阳,熊全沫. 大鳞副泥鳅与泥鳅杂交的生物学研究. 武汉大学学报 (自然科学版), 1991(2):117-120. DOI:10.14188/j.1671-8836.1991.02.008.
- [2] 黄钧,杨淞,覃志彪,等. 云斑鲮、泥鳅和瓦氏黄颡鱼的含肉率及营养价值比较研究. 水生生物学报, 2010, 34(5):990-997. DOI:10.3724/SP.J.1035.2010.00990.
- [3] 赵振山,高贵琴,印杰,等. 泥鳅和大鳞副泥鳅营养成分分析. 水利渔业, 1999(2):18-19. DOI:10.15928/j.1674-3075.1999.02.009.
- [4] 印杰,熊传喜,李圣华,等. 四倍体和二倍体泥鳅及大鳞副泥鳅营养成分分析. 水生态学杂志, 2008, 1(6):67-70. DOI:10.15928/j.1674-3075.2008.06.021.
- [5] 吴萍,何珠子,魏育红,等. 三倍体泥鳅幼鱼的营养分析. 水产学报, 2007, 31(z1):100-103. DOI:10.3321/j.issn:1000-0615.2007.Z1.018.
- [6] 张竹青,李正友,胡世然,等. 人工养殖泥鳅含肉率及肌肉营养成分分析. 贵州农业科学, 2010, 38(5):159-162. DOI:10.3969/j.issn.1001-3601.2010.05.046.

- [7] 张玉龙, 张余, 陶善云, 等. 野生与人工养殖黄鳝、泥鳅肉的品质差异性分析. 宿州学院学报, 2014, 29(3): 90-93. DOI:10.3969/j.issn.1673-2006.2014.03.026.
- [8] 韩光明, 王爱民, 徐跑, 等. 饲料脂肪水平对吉富罗非鱼体脂沉积及脂肪酸组成的影响. 中国水产科学, 2011, 18(2):338-349. DOI:10.3724/SP.J.1118.2011.00338.
- [9] PELLETT P L, YONG V R. Nutritional evaluation of protein foods [M]. Tokyo: The United National University Publishing Company, 1980: 26-28.
- [10] 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所. 中国食物成分表2004: 第2册. 北京: 北京大学医学出版社, 2004: 49-234.
- [11] ULBRICHT T L, SOUTHGATE D A T. Coronary heart disease: seven dietary factors [J]. The Lancet, 1991, 338: 985-992. DOI:http://dx.doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M.
- [12] STANSBY M E. Fish in nutrition [M]. London: Fishing News (Books) Ltd, 1998: 83-84.
- [13] 普炯, 贾砾, 苏胜齐, 等. 中华沙鳅含肉率及肌肉营养成分分析. 西南大学学报(自然科学版), 2014, 36(3): 42-48.
- [14] 伍远安, 梁志强, 袁希平, 等. 花斑副沙鳅肌肉营养成分分析与评价. 淡水渔业, 2011, 41(1):87-91. DOI:10.3969/j.issn.1000-6907.2011.01.016.
- [15] 林利民, 王秋荣, 王志勇, 等. 不同家系大黄鱼肌肉营养成分的比较. 中国水产科学, 2006, 13(2):286-291. DOI:10.3321/j.issn:1005-8737.2006.02.019.
- [16] 程汉良, 蒋飞, 彭永兴, 等. 野生与养殖草鱼肌肉营养成分比较分析. 食品科学, 2013, 34(13):266-270. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201313056.
- [17] 施永海, 张根玉, 张海明, 等. 河川沙塘鳢肌肉营养成分的分析和评价. 食品科学, 2015, 36(4):147-151. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201504028.
- [18] KOLETZKO B, DECSI T, DEMMELMAIR H. Arachidonic acid supply and metabolism in human infants born at full term [J]. Lipids, 1996, 31(1):79-83. DOI:10.1007/BF02522415.
- [19] 于长青, 李丽娜. 花生四烯酸研究进展. 农产品加工学刊, 2007(4):10-12. DOI:10.3969/j.issn.1671-9646-B.2007.04.003.
- [20] 蒋汉明, 张凤珍. ω -3 多不饱和脂肪酸与人类健康 [J]. 预防医学论坛, 2005, 11(1):65-69. DOI:10.3969/j.issn.1672-9153.2005.01.045.
- [21] KIM J D, LALL S P. Amino acid composition of whole body tissue of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), yellowtail flounder (*Pleuronectes ferruginea*) and Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) [J]. Aquaculture, 2000, 187: 367-373. DOI:10.1016/S0044-8486(00)00322-7.
- [22] 季文娟. 黑鲷幼鱼饲料蛋白源氨基酸平衡的研究. 中国水产科学, 2000, 7(3): 37-40. DOI:10.3321/j.issn:1005-8737.2000.03.009.
- [23] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学. 北京: 中国农业出版社, 1996: 46-48.
- [24] 王坤, 凌去非, 李倩, 等. 苏州地区泥鳅和大鳞副泥鳅年龄与生长的初步研究. 上海海洋大学学报, 2009, 18(5): 553-558.

(责任编辑 朱雪莲 英文审校 马 英)