

黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼及“黄优1号” 肌肉营养成分比较

邵韦涵 樊启学 张诚明 王凌宇

华中农业大学水产学院, 武汉 430070

摘要 为科学评价生长速度快、抗病能力强的新兴养殖品种“黄优1号”(Pelteobagrus vachelli ♀ × Pelteobagrus fulvidraco ♂)肌肉营养价值,测定其肌肉中常规营养成分、氨基酸和脂肪酸的含量和组成,并与其父本瓦氏黄颡鱼和母本黄颡鱼进行了比较。结果发现:黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼和“黄优1号”肌肉中共检测出17种氨基酸,在总氨基酸含量、总必需氨基酸含量以及总鲜味氨基酸含量等方面均以“黄优1号”肌肉中含量最高。“黄优1号”肌肉中富含人体必需脂肪酸,含量高达22.85%,与其母本黄颡鱼肌肉中必需脂肪酸含量接近,略低于其父本瓦氏黄颡鱼肌肉中必需脂肪酸含量。结果表明“黄优1号”具有较为显著的氨基酸和脂肪酸营养价值的双重优势。

关键词 氨基酸; 脂肪酸; 黄颡鱼; 肌肉营养成分

中图分类号 Q 959.499 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2018)02-0076-07

黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)和瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus vachelli*)均属于鲇形目、鲿科鱼类,广泛分布在中国各水系,在过去较长时间内是我国重要的水产养殖品种。“黄优1号”(Pelteobagrus vachelli ♀ × Pelteobagrus fulvidraco ♂)是近年来新兴的养殖品种,继承了父本瓦氏黄颡鱼生长迅速、体型大的优点,亦具备母本黄颡鱼肉质鲜嫩、颜色鲜黄的诸多优势^[1],现已推广养殖,成为我国湖北、湖南、江苏、浙江等地主要的黄颡鱼养殖品种。

鱼类肌肉具有明显的高蛋白、低脂肪特征,是非常适合人类营养需求的动物蛋白源之一^[2]。研究不同鱼类的肌肉营养成分可更加准确、直观地评价水产品的营养价值,并为鱼类全价配合饲料的开发提供理论依据。鱼类杂交育种的目的,是对现有品种加入更优良的性状,或使2种、2种以上的具有不同优良性状的类型,结合形成新的具有更多优良性状的品种^[1]。有关黄颡鱼其他方面的研究已有不少^[3-7],然而,当前对于“黄优1号”所具备的杂种优势和杂种优势相关机制仍不明朗,相关实验亟待完

成,以挖掘“黄优1号”的肌肉营养优势。本研究旨在通过探讨“黄优1号”与其父本、母本之间的肌肉常规营养成分及氨基酸含量的差异,为改良“黄优1号”饲料配方和推广“黄优1号”奠定理论基础。

1 材料与amp;方法

1.1 试验用鱼及采样

试验用黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼和“黄优1号”均来自于武汉市鲁湖渔场,为池塘人工养殖鱼类,采用相同饲料、相同饲养密度、相同投喂频率进行养殖。试验用黄颡鱼体质量为(65.4 ± 6.9) g,体长为(14.7 ± 1.2) cm;试验用瓦氏黄颡鱼体质量为(79.9 ± 7.6) g,体长为(17.7 ± 0.9) cm;试验用“黄优1号”体质量为(61.4 ± 9.0) g,体长为(15.6 ± 1.3) cm。试验鱼取回之后放在实验室的循环水系统中暂养1 d,随后每种鱼随机选取21尾规格整齐、体质健康的试验鱼用于试验,每种鱼设置3组平行,每组平行采集7尾鱼的背部肌肉混合后作为样品。以间氨基苯甲酸乙酯甲磺酸盐(MS-222, 3-Aminobenzoic

收稿日期: 2017-07-31

基金项目: 湖北省重大科技创新计划项目(2015ABA115)

邵韦涵, 硕士研究生, 研究方向: 鱼类遗传育种, E-mail: 303840987@qq.com

通信作者: 樊启学, 教授, 研究方向: 鱼类增养殖, E-mail: fanqixue@mail.hzau.edu.cn

acid ethyl ester methanesulfonate)麻醉试验鱼后通过敲击头部致死,随后在冰盘上解剖,取背部肌肉置于封口袋中密封保存于 -80°C 冰箱中待测。

1.2 肌肉常规营养成分测定

肌肉常规营养成分(粗蛋白、粗脂肪、水分和灰分)的测定按照 AOAC (2002)^[8]的标准方法,即用 105°C 干燥法测定肌肉中的水分含量,利用 550°C 灼烧法测定肌肉中的灰分含量,以凯氏定氮法和索氏抽提法分别测定肌肉中的粗蛋白和粗脂肪含量。每种鱼类设置 3 组平行。

1.3 肌肉氨基酸成分测定及营养评价

氨基酸用美国安捷伦公司生产的液相色谱仪测定,分析方法为 OPA FMOC 柱前衍生。在样品检测前采用酸水解的方法对肌肉样本进行预处理:准确称取 150 mg 的蛋白质水解样品于特制的水解管底部,缓慢加入 8 mL 6 mol/L 盐酸溶液,充氮气 3 min 后盖上盖子拧紧封口; $(110\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 水解 22~24 h;取 1 支 50 mL 的比色管,加入 10 mol/L NaOH 溶液 4.8 mL,旋开水解管用去离子水全部转移到比色管中,定容,取滤液到 1.5 mL 离心管中, $1\ 000\ \text{r}/\text{min}$ 离心 10 min。取上清液 0.5 mL 于样品瓶中上机测定。结果以每 100 g 干质量肌肉中所含氨基酸质量(g)表示。其中支链氨基酸与芳香族氨基酸质量的比值 F 的计算公式如下:

$$F = \frac{m_{\text{Val}} + m_{\text{Leu}} + m_{\text{Ile}}}{m_{\text{Phe}} + m_{\text{Tyr}}}$$

根据 FAO/WHO 1973 年建议的氨基酸评分标准模式(% ,干质量)和中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所提出的鸡蛋蛋白模式进行比较,蛋白质的氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)由文献[9]中公式计算获得。

1.4 肌肉脂肪酸含量测定及营养评价

脂肪酸按 GBPT50091168-2003 提供的方法使用 Agilent6890 型气相色谱仪测定。

致动脉粥样硬化指数(AI, arterial rigidity index)和致血栓指数(TI, cause thrombus index)计算公式采用文献[10]中的公式。

1.5 数据分析

所有数据均以平均值±标准差表示,数据分析以 SPSS 18.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) 进行。Levene's 检验进行方差同质性检验,单因素方差分析结果显著性,如果显著则进行 Duncan's 多重比

较,分析黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼和“黄优 1 号”肌肉常规营养成分及各种氨基酸水平之间的差异性。显著性水平为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼及“黄优 1 号”常规营养成分

黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼及“黄优 1 号”肌肉中常规营养成分见表 1。从表 1 中可看出 3 种鱼类肌肉的粗蛋白水平并没有明显的差异($P>0.05$)。肌肉水分含量以瓦氏黄颡鱼最高,“黄优 1 号”次之,但黄颡鱼和“黄优 1 号”肌肉水分含量之间没有显著差异。“黄优 1 号”肌肉粗蛋白水平显著高于父本及母本肌肉粗蛋白水平($P<0.05$),而“黄优 1 号”肌肉灰分水平则显著低于父本及母本的肌肉灰分水平($P<0.05$)。

2.2 黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼及“黄优 1 号”肌肉氨基酸组成

黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼及“黄优 1 号”肌肉中各种氨基酸含量见表 2。从表中可看出黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼和“黄优 1 号”肌肉中共检测出 17 种氨基酸,均含有 4 种鲜味氨基酸(DAA, delicious amino acids)和 7 种人体必需氨基酸(EAA, essential amino acids)。除天冬氨酸、丝氨酸、胱氨酸、赖氨酸外,黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼及“黄优 1 号”肌肉中其余 13 种氨基酸含量均存在显著性差异,且均以“黄优 1 号”肌肉中含量最高。“黄优 1 号”与黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼肌肉中总氨基酸、总鲜味氨基酸及总必需氨基酸含量均存在显著性差异($P<0.05$),以“黄优 1 号”中的含量最高。然而,3 种鱼类肌肉中必需氨基酸与非必需氨基酸比及必需氨基酸与总氨基酸比之间并没有显著性差异。“黄优 1 号”的 F 值为 2.48 ± 0.04 ,与父本瓦氏黄颡鱼和母本黄颡鱼的 F 值(2.32 ± 0.06 , 2.31 ± 0.02)之间有显著性差异($P<0.05$),而父本与母本之间的 F 值则没有显著差异($P>0.05$)。

蛋白质和氨基酸含量是评价一种食品营养价值的重要指标。1973 年 WHO/FAO 提出了 EAA 构成的比例模式。此外,因鸡蛋中蛋白质是已知营养价值最好的蛋白质,所以在评价食品中蛋白质的营养价值时常以其作为评分标准。将表 2 中的原始数据换算成每克氮含氨基酸毫克数,即乘以 62.5%后,

计算 AAS、CS、和 EAAI。根据表 3,“黄优 1 号”肌 AAS 和 CS 评分中均与父本、母本存在显著差异。肉中的苏氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、蛋+胱氨酸在 在上述 AAS、CS 评分具有显著差异的氨基酸中,除

表 1 黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼及“黄优 1 号”肌肉成分的比较

Table 1 Basic components in the muscle of *Pelteobagrus fulvidraco*, *Pelteobagrus vachelli* and *P. vachelli* × *P. fulvidraco* %

种类 Species	水分 Water	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	灰分 Ash
瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	77.69±1.91b	15.89±0.77a	4.56±0.48	2.04±0.14c
黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	76.54±1.09a	17.55±0.34b	4.15±0.09	1.88±0.09b
“黄优 1 号” <i>P. vachelli</i> × <i>P. fulvidraco</i>	76.56±0.68a	18.55±0.52c	4.07±0.07	1.68±0.09a

表 2 黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼及“黄优 1 号”肌肉氨基酸组成的比较

Table 2 Amino acids composition in muscle of *Pelteobagrus fulvidraco*, *Pelteobagrus vachelli* and *P. vachelli* × *P. fulvidraco*

g/100 g

氨基酸 AA	瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	“黄优 1 号” <i>P. vachelli</i> × <i>P. fulvidraco</i>
天冬氨酸 Asp [#]	8.51±0.54	8.06±0.52	8.64±0.66
谷氨酸 Glu [#]	11.34±0.79a	12.01±0.63b	12.32±1.24b
丝氨酸 Ser	2.21±0.12	2.50±0.18	2.24±0.05
组氨酸 His	0.74±0.01a	1.06±0.05b	1.25±0.06c
甘氨酸 Gly [#]	3.64±0.31a	3.84±0.24b	4.34±0.19c
脯氨酸 Pro	1.99±0.13b	1.58±0.14a	2.04±0.17b
精氨酸 Arg	4.94±0.27b	4.46±0.28a	4.94±0.30b
丙氨酸 Ala [#]	4.81±0.43a	5.42±0.41b	5.75±0.29b
酪氨酸 Tyr	1.76±0.22a	2.16±0.14b	2.04±0.15b
胱氨酸 Cys	0.17±0.02	0.20±0.03	0.24±0.01
ΣNEAA	40.11±2.21a	41.29±3.12b	43.80±2.90c
缬氨酸 Val [*]	3.52±0.33a	3.98±0.21b	4.32±0.08c
蛋氨酸 Met [*]	1.91±0.13a	1.77±0.11a	2.49±0.03b
苯丙氨酸 Phe [*]	3.93±0.03c	3.22±0.21a	3.43±0.07b
异亮氨酸 Ile [*]	3.19±0.03c	2.49±0.23a	2.89±0.78b
亮氨酸 Leu [*]	6.48±0.05b	5.95±0.32a	6.38±0.51b
赖氨酸 Lys [*]	4.93±0.02	4.99±0.47	4.96±1.21
苏氨酸 Thr [*]	2.47±0.01a	2.54±0.13a	3.02±0.81b
ΣEAA	26.43±0.93b	24.94±1.29a	27.49±1.89c
ΣDAA	28.30±1.09a	29.33±1.08ab	30.85±1.57b
TAA	66.53±0.43a	66.23±3.13a	71.28±2.59b
ΣEAA/ΣNEAA	0.66±0.01	0.60±0.01	0.63±0.01
ΣEAA/TAA	0.40±0.01	0.38±0.01	0.39±0.01
ΣDAA/TAA	0.43±0.01	0.44±0.00	0.43±0.01
F	2.32±0.06a	2.31±0.02a	2.48±0.04b

表示鲜味氨基酸; * 表示必需氨基酸;同一行中不同字母表示差异显著。# are delicious amino acids; * are essential amino acids; different scripts in same line are significant difference.

了异亮氨酸，“黄优 1 号”中的其他必需氨基酸评分均显著高于或等于父本瓦氏黄颡鱼和母本黄颡鱼。此外，瓦氏黄颡鱼、黄颡鱼和“黄优 1 号”的 EAAI 值分别为 56.9、54.6 和 61.2，显示“黄优 1 号”具有高于父本和母本的氨基酸营养价值。

2.3 黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼及“黄优 1 号”肌肉脂肪酸组成

表 4 所示为“黄优 1 号”、黄颡鱼及瓦氏黄颡鱼肌肉脂肪酸含量和组成，从表中可看出这 3 种鱼类肌肉脂肪酸种类丰富，富含不饱和脂肪酸和人体必

表 3 黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼及“黄优 1 号”的 AAS、CS 比较

Table 3 Comparative analysis of AAS and CS among *Pelteobagrus fulvidraco*, *Pelteobagrus vachelli* and *P. vachelli* × *P. fulvidraco* on protein basis

氨基酸 Amino acid	FAO 模式 FAO evaluation	鸡蛋蛋白 Egg protein	氨基酸评分 AAS			化学评分 CS		
			瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	黄优 1 号 <i>Pelteobagrus vachelli</i> × <i>P. fulvidraco</i>	瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	黄优 1 号 <i>Pelteobagrus vachelli</i> × <i>P. fulvidraco</i>
赖氨酸 Lys	3.40	4.41	0.91±0.02	0.92±0.07	0.91±0.04	0.70±0.04	0.71±0.06	0.70±0.08
苏氨酸 Thr	2.50	2.92	0.62±0.02a	0.64±0.06a	0.76±0.04b	0.58±0.03a	0.54±0.02a	0.76±0.04b
缬氨酸 Val	3.10	4.10	0.71±0.05a	0.80±0.08b	0.87±0.04c	0.54±0.03a	0.61±0.02b	0.66±0.03b
异亮氨酸 Ile	2.50	3.31	0.80±0.06c	0.62±0.04a	0.72±0.07b	0.60±0.01b	0.47±0.03a	0.55±0.05b
亮氨酸 Leu	4.40	5.34	0.92±0.04	0.85±0.06	0.91±0.07	0.76±0.02	0.70±0.04	0.75±0.07
蛋+胱氨酸 Met+Cys	2.20	3.86	0.59±0.02a	0.56±0.03a	0.77±0.05b	0.34±0.01a	0.32±0.02a	0.44±0.02b
酪+苯丙氨酸 Phe+Tyr	3.80	5.65	0.94±0.02	0.88±0.04	0.90±0.05	0.63±0.02	0.59±0.04	0.61±0.03

表 4 “黄优 1 号”、黄颡鱼及瓦氏黄颡鱼肌肉脂肪酸组成

Table 4 Muscle fatty acid composition of *Pelteobagrus vachelli* × *P. fulvidraco*, *Pelteobagrus fulvidraco* and *Pelteobagrus vachelli*

脂肪酸 Fatty acid	“黄优 1 号” <i>Pelteobagrus vachelli</i> × <i>P. fulvidraco</i>	黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>
月桂酸 C12 : 0	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00
肉豆蔻酸 C14 : 0	1.27±0.25b	0.92±0.10a	0.79±0.10a
十五烷酸 C15 : 0	0.15±0.03	0.13±0.03	0.11±0.03
棕榈酸 C16 : 0	18.35±0.35b	17.52±0.09a	17.43±0.28a
珍珠酸 C17 : 0	0.17±0.02	0.14±0.03	0.13±0.01
硬脂酸 C18 : 0	5.49±0.33b	4.19±0.19a	4.05±0.11a
花生酸 C20 : 0	0.20±0.04	0.17±0.05	0.16±0.03
二十二碳烷酸 C22 : 0	0.07±0.01	0.06±0.01	0.06±0.00
ΣSFA	25.72±0.27b	23.15±0.14a	22.75±0.46a
棕榈油酸 C16 : 1	3.25±0.55a	4.23±0.10b	3.35±0.10a
油酸 C18 : 1	35.06±3.27	37.57±1.36	37.05±1.04
二十碳一烯酸 C20 : 1	1.58±0.14a	1.88±0.08b	2.07±0.08b
芥酸 C22 : 1	0.24±0.15	0.40±0.03	0.27±0.06
ΣMUFA	40.13±2.50a	44.08±1.23b	42.74±0.97a
亚油酸 C18 : 2 *	20.95±1.05ab	20.07±1.72a	22.55±0.44b
亚麻酸甲酯 C18 : 3(n-6)	0.70±0.13b	0.13±0.03a	0.18±0.03a
亚麻酸 C18 : 3(n-3) *	1.90±0.19	1.86±0.06	1.78±0.14
附子脂酸 C20 : 2	0.83±0.18a	1.24±0.08b	1.58±0.09c
花生三烯酸 C20 : 3	0.45±0.14a	0.93±0.13b	1.24±0.08c
花生四烯酸 C20 : 4	0.54±0.12a	0.77±0.05b	0.87±0.11b
二十碳五烯酸 C20 : 5/EPA	1.25±0.14b	0.67±0.10a	0.49±0.08a
二十二碳三烯酸 C22 : 3	0.07±0.02a	0.11±0.03b	0.12±0.01b
二十二碳四烯酸 C22 : 4	0.16±0.03	0.24±0.04	0.27±0.10
二十二碳五烯酸 C22 : 5	0.79±0.11b	0.56±0.08a	0.49±0.11a
二十二碳六烯酸 C22 : 6/DHA	7.14±0.44c	6.20±0.21b	4.94±0.07a
ΣEFA	22.85±1.20	22.87±1.67	24.33±0.52
ΣPUFA	34.78±1.88	32.78±1.62	34.51±0.75
亚油酸/亚麻酸	11.07±0.82	10.81±0.21	12.72±0.95
EPA+DHA	8.39±0.31c	6.87±0.11b	5.43±0.14a
SFA/MUFA/PUFA	1 : 1.56 : 1.35	1 : 1.90 : 1.42	1 : 1.88 : 1.52
致动脉粥样硬化指数 AI	0.48	0.41	0.42
致血栓指数 TI	0.44	0.44	0.45

* 表示必需脂肪酸；同一行中不同字母表示差异显著。* shows essential fatty acid; different scripts in same line are significant difference.

需脂肪酸(EFA, essential fatty acid)(亚油酸和亚麻酸)。“黄优 1 号”、黄鲷鱼及瓦氏黄鲷鱼肌肉中肉豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸、棕榈油酸、二十碳一烯酸、亚油酸、亚麻酸甲酯、附子脂酸、花生三烯酸、花生四烯酸、二十碳五烯酸(EPA)、二十二碳三烯酸、二十二碳五烯酸、二十二碳六烯酸(DHA)、总饱和脂肪酸(SFA, saturated fatty acid)及总单不饱和脂肪酸含量存在显著性差异($P < 0.05$),而三者肌肉中总必需氨基酸和总多不饱和脂肪酸含量之间没有显著差异($P > 0.05$)。“黄优 1 号”肌肉中富含 EPA 和 DHA 这 2 种脂肪酸,含量分别为 $1.25\% \pm 0.14\%$ 和 $7.14\% \pm 0.44\%$,均显著高于其母本黄鲷鱼和父本瓦氏黄鲷鱼肌肉中 EPA ($0.67\% \pm 0.10\%$, $0.49\% \pm 0.08\%$) 和 DHA ($6.20\% \pm 0.21\%$, $4.94\% \pm 0.07\%$) 的含量($P < 0.05$)。然而,就 2 种必需脂肪酸含量来说,“黄优 1 号”并没有明显的优势,其肌肉中亚麻酸含量虽然高于黄鲷鱼和瓦氏黄鲷鱼肌肉中的含量,但三者之间没有显著性差异($P > 0.05$);“黄优 1 号”肌肉中亚油酸含量与其母本黄鲷鱼肌肉中含量接近($P > 0.05$),但都显著低于其父本瓦氏黄鲷鱼肌肉中的亚油酸含量($P < 0.05$)。尽管如此,“黄优 1 号”、黄鲷鱼及瓦氏黄鲷鱼肌肉中总必需氨基酸含量仍然以“黄优 1 号”肌肉中最高,但三者之间没有显著性差异($P > 0.05$)。从表 4 中可看出“黄优 1 号”、黄鲷鱼及瓦氏黄鲷鱼肌肉中富含必需氨基酸,且“黄优 1 号”肌肉中 EPA 和 DHA 的含量显著高于黄鲷鱼及瓦氏黄鲷鱼($P < 0.05$)。“黄优 1 号”、黄鲷鱼及瓦氏黄鲷鱼肌肉中脂肪酸的 AI 指数和 TI 指数分别为 0.48、0.41、0.42 和 0.44、0.44、0.45,3 种鱼类之间没有显著性差异($P > 0.05$)。

3 讨论

鱼类肌肉的重要常规营养成分包括水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分,“黄优 1 号”与瓦氏黄鲷鱼、黄鲷鱼的差异主要在水分、粗灰分和粗蛋白,而粗脂肪含量无明显差异。其中,“黄优 1 号”肌肉中粗蛋白含量高于黄鲷鱼和瓦氏黄鲷鱼,显示“黄优 1 号”具备更高的营养价值,而在水分和灰分方面则分别等于或低于瓦氏黄鲷鱼和黄鲷鱼。

本研究中,黄鲷鱼、瓦氏黄鲷鱼和“黄优 1 号”肌肉中共检测出 17 种氨基酸,总氨基酸含量、总必需氨基酸含量以及总鲜味氨基酸含量均以“黄优 1 号”肌肉中含量最高,说明“黄优 1 号”在肌肉氨基酸水

平上具有明显的杂交优势。其中黄鲷鱼、瓦氏黄鲷鱼和“黄优 1 号”肌肉中鲜味氨基酸总量占总氨基酸比值为 43%、44% 和 43%,三者之间没有显著差异;必需氨基酸总量和非必需氨基酸比值及必需氨基酸总量占总氨基酸的比例分别为 60%、63%、66% 及 38%、40%、39%,这一试验结果符合 FAO/WHO 的理想模式,即优质蛋白质的 EAA/TAA 应在 40% 左右,而 EAA/NEAA 应在 60% 以上^[2]。与本研究结果相似的报告还可见于裸盖鱼(*Anoplopoloma fimbria*)^[11]、秋刀鱼(*Cololabis saira*)^[12]、半滑舌鳎^[13]、江鲮(*Lota lota*)^[14]、泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*)^[15]、乌苏里拟鲮(*Pseudobagrus suriensis*)^[16] 和大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)^[17] 等。“黄优 1 号”肌肉中含有 4 种鲜味氨基酸,占干质量的 30.85%,高于鳃(*Elopichthys bambusa*)^[18] 等,说明“黄优 1 号”肌肉中鲜味氨基酸种类齐全且含量较为丰富。支链氨基酸在动物体中具有保护肝脏、降低胆固醇的作用^[19],对肝癌细胞具有一定抑制作用^[20],正常条件下哺乳动物包括人类的 F 值为 3.0~3.5 左右^[21], F 值的显著下降(1.0~1.5)则意味着肝脏的损伤^[22]。本研究中,“黄优 1 号”的 F 值为 2.48,高于多鳞四指马鲛(2.33)^[23] 等,表明其具有较高的营养价值。

从 AAS、CCS 和 EAAI 上进行比较,可以看出“黄优 1 号”肌肉的氨基酸营养价值要高于瓦氏黄鲷鱼和黄鲷鱼。在 EAAI 值方面“黄优 1 号”(61.3) > 瓦氏黄鲷鱼(58.9) > 黄鲷鱼(54.6),显示出“黄优 1 号”肌肉氨基酸营养价值要高于父本和母本黄鲷鱼。此外,本试验中的 3 种黄鲷鱼是在相同水体环境下投喂相同水平的同种饲料,因此它们之间营养价值的比较更具有说服力。

不饱和脂肪酸中的亚油酸和亚麻酸是人体必需脂肪酸,人体内无法合成、必须从食物中摄取^[24],其在鱼类肌肉中含量丰富,如舌齿鲈(*Dicentrarchus labrax*)^[25]、泥鳅^[15]、鲣(*Skipjack tuna*)^[26]、大西洋白姑鱼(*Seriola lalandi*)^[27] 等。本研究发现“黄优 1 号”肌肉中富含人体必需脂肪酸,含量高达 22.85%,高于泥鳅(11.9%)^[15]、秋刀鱼(2.55%)^[12] 等经济型鱼类,与其母本黄鲷鱼肌肉中必需脂肪酸含量接近,略低于其父本瓦氏黄鲷鱼肌肉中必需脂肪酸含量,说明“黄优 1 号”具有明显的脂肪酸营养价值优势。中国营养学会出版的《中国居民膳食营养素参考摄入量》指出,人类最适宜摄入的食物中亚

油酸/亚麻酸比值约为 6.7 : 1, 如果比例过高则其消化吸收和营养物质利用率则会明显下降^[28]。本研究中,“黄优 1 号”肌肉中亚油酸/亚麻酸比值为 11.07, 处于黄颡鱼(10.81)和瓦氏黄颡鱼(12.07)之间, 说明了杂交并未影响“黄优 1 号”的营养均衡比例, 不会影响消费者的营养均衡吸收。

EPA 和 DHA 具有降低人体血液中血脂含量、防治动脉粥样硬化、促进大脑和视觉神经和生长发育等功能^[29], 是评价鱼类肌肉中脂肪酸营养价值的重要指标。大量研究表明鱼类可以为人类提供大量的 EPA 和 DHA^[9], 如大西洋白姑鱼^[27]、欧鳊(*Abramis brama*)^[30]等。本研究发现“黄优 1 号”肌肉中 EPA 和 DHA 的总量为 8.39% ± 0.31%, 显著高于其母本黄颡鱼(6.87% ± 0.11%)和父本瓦氏黄颡鱼(5.43% ± 0.14%), 说明“黄优 1 号”具有更高的脂肪酸营养价值。“黄优 1 号”肌肉中 SFA/MUFA/PUFA 的比值为 1 : 1.56 : 1.35, 且饱和脂肪酸含量较高, 尤其是多不饱和脂肪酸含量高于其母本黄颡鱼和父本瓦氏黄颡鱼。研究发现高含量不饱和脂肪酸尤其是高度不饱和脂肪酸能在一定程度上反映肌肉的多汁性和香味^[31], 且能显著地增加肌肉的香味^[32]。因此, 本研究认为相对于黄颡鱼和瓦氏黄颡鱼, “黄优 1 号”的食用口感更佳。

此外, 人类健康安全同样受脂肪酸潜在的影响, 特别包括动脉硬化和血栓^[33], 由此根据食物的脂肪酸成分和含量提出了致血栓指数(TI)和脂肪酸致动脉粥样硬化指数(AI)。高水平的致动脉粥样硬化指数和致血栓指数(大于 1)对于人体的健康危害较大, 易使人患上相关疾病^[34]。“黄优 1 号”的致血栓指数(0.44)与父本瓦氏黄颡鱼(0.45)和母本黄颡鱼(0.44)大致相等, 致动脉粥样硬化指数(0.48)虽略高于父本瓦氏黄颡鱼(0.42)和母本黄颡鱼(0.41), 但是仍然低于 0.50, 表明“黄优 1 号”肌肉对人体健康的危害性较小, 综合评价认为其具有较高的脂肪酸营养价值。

参 考 文 献

- 王明宝, 陈强, 陈耀炳, 等. 黄颡鱼与瓦氏黄颡鱼杂交技术研究[J]. 现代农业科技, 2012(24): 273, 278.
- 刘旭. 鱼类肌肉品质综合研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2007.
- 张玉蕾, 赵丽娟, 周伟东, 等. 黄颡鱼源柱状黄杆菌的分离鉴定及其对翘嘴鲈的致病性[J]. 华中农业大学学报, 2016, 35(2): 83-89.
- 巩高瑞, 张晋, 丹成, 等. 应用 DNA 分子标记鉴定黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼及其杂交种的研究[J]. 水生生物学报, 2017, 41(2): 321-325.
- 石焱, 马徐发, 吴志新, 等. 水雍菜浮床养殖模式下黄颡鱼肠道菌群结构分析[J]. 华中农业大学学报, 2016, 35(2): 69-76.
- 罗嘉翔, 黄文文, 袁野, 等. 鸡肉粉替代鱼粉对黄颡鱼幼鱼生长性能、饲料利用、消化酶活性及抗氧化能力的影响[J]. 动物营养学报, 2017, 29(11): 3970-3979.
- 刘全圣, 何绪刚, 邓闵, 等. 黄颡鱼仔稚鱼对缝隙和水层的栖息选择行为[J]. 华中农业大学学报, 2016, 35(6): 98-102.
- 雷时奋. 检验方法要多样与实用——学习《AOAC 方法》兼介绍折光仪法测酒中乙醇和甲醇含量[J]. 中国标准导报, 1997(3): 48.
- 马旭洲, 温旭, 王武. 野生与人工养殖瓦氏黄颡鱼肌肉营养成分及品质评价[J]. 安徽农业大学学报, 2016, 43(1): 26-31.
- 楼乔明, 张问, 刘连亮, 等. 狭鳕鱼皮脂肪酸组成成分及其营养评价[J]. 核农学报, 2016, 30(2): 332-337.
- 刘长琳, 陈四清, 王有廷, 等. 裸盖鱼(*Anoplopoma fimbria*)肌肉的营养成分分析及评价[J]. 渔业科学进展, 2015, 36(2): 133-139.
- 叶彬清, 王锡昌, 陶宁萍, 等. 超临界 CO₂ 萃取秋刀鱼内脏油和卵磷脂[J]. 中国食品学报, 2015, 15(9): 100-109.
- 王峰, 雷霖霖. 半滑舌鳎成鱼开放流水与循环水养殖模式下生长及肌肉营养成分差异研究[J]. 水产学报, 2015, 39(4): 520-528.
- 徐革锋, 王裕玉, 白庆利, 等. 江鳕肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 动物营养学报, 2013, 25(12): 3027-3032.
- GAO J, KOSHIO S, NGUYEN B T, et al. Comparative studies on lipid profiles and amino acid composition of wild and cultured Dojo loach *Misgurnus anguillicaudatus*, obtained from southern Japan[J]. Fisheries science, 2012, 78(6): 1331-1336.
- WANG Y, YU S, MA G, et al. Comparative study of proximate composition and amino acid in farmed and wild *Pseudobagrus ussuriensis*, muscles[J]. International journal of food science & technology, 2013, 49(4): 983-989.
- PENG S, CHEN C, SHI Z, et al. Amino acid and fatty acid composition of the muscle tissue of yellowfin tuna (*Thunnus Albacares*) and bigeye tuna (*Thunnus Obesus*) [J]. Journal of physical chemistry A, 2013, 117(4): 42-45.
- 王苗苗, 王海磊, 罗庆华, 等. 鳊鱼肌肉营养成分测定及评价[J]. 食品科学, 2014, 35(15): 238-242.
- 王洁, 蔡东联. 肝硬化疾病与支链氨基酸应用研究进展[J]. 氨基酸和生物资源, 2010, 32(3): 63-67.
- 朱建昌. 支链氨基酸对降低肝硬化并发肝癌发生率的影响[J]. 中国基层医药, 2012, 19(6): 911-912.
- DELANGÉ C F M, 印遇龙. 生长猪氨基酸利用的数量观点: 理论与实践[J]. 动物营养学报, 2004, 16(3): 6-12.
- 谷文英. 肝性脑病防治肽-高 F 值低聚肽的研究[J]. 中国食品添加剂, 2000(2): 69-73.
- 黄桂云. 多鳞四指马鲛肌肉营养成分分析及幼鱼消化道组织学的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2012.
- NURIA R R, SAGRARIO B, ISABEL J, et al. Production of o-

- mega-3 polyunsaturated fatty acid concentrates: a review[J]. *Innovative food science & emerging technologies*, 2010, 11(1): 1-12.
- [25] LENAS D, CHATZIANTONIOUS S, NATHANAILIDES C, et al. Comparison of wild and farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) lipid quality[J]. *Procedia food science*, 2011(1): 1139-1145.
- [26] JINADASA B K K, JAYASINGHE T, MAHALIYANA A S, et al. Nutritional composition of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) caught from the oceanic waters around Sri Lanka[J]. *American journal of food and nutrition*, 2015, 3(4): 106-111.
- [27] LOZANO A R, BORGES P, ROBAINA L, et al. Effect of different dietary vitamin E levels on growth, fish composition, fillet quality and liver histology of meagre (*Argyrosomus regius*) [J]. *Aquaculture*, 2017, 468: 175-183.
- [28] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量[J]. *中国学校卫生*, 2002, 23(3): 193-196.
- [29] GORGAO R, AZEVEDO-MARTINS A K, RODRIDEGS H G, et al. Comparative effect of DHA and EPA on cell function[J]. *Pharmacology therapeutics*, 2009, 122(1): 56-64.
- [30] SUSHCHIK N N, RUDCHENKO A E, GLADYSHEV M I. Effect of season and trophic level on fatty acid composition and content of four commercial fish species from Krasnoyarsk reservoir (Siberia, Russia)[J]. *Fisheries research*, 2017, 187: 178-187.
- [31] 朱光星. 秦川肉牛、荷斯坦奶牛及其杂交后代生长发育规律与肉用性能研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [32] 杜建青, 赵婷婷. 脂肪酸合酶与冠心病的关系[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2011, 19(3): 227-231.
- [33] NANTHPO C T W, 武江利, 张养东. 放牧条件下不同泌乳阶段弗尔夏牛、泽西牛、弗尔夏×泽西杂交牛乳中动脉硬化指数和脂肪酸组成的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2014(2): 253.
- [34] 洪剑霞. 膳食与动脉硬化[J]. *环境卫生学杂志*, 1978(1): 131-134.

Comparative analysis of nutritive composition in muscle of “Huangyou No. 1”, yellow catfish and darkbarbel catfish

SHAO Weihai FAN Qixue ZHANG Chengming WANG Lingyu

College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract “Huangyou No.1” (*Pelteobagrus vachelli* ♂ × *Pelteobagrus fulvidraco* ♀) is a new freshwater fish breed with advantages of rapid growth and strong resistance to disease. To appraise the nutritional value of “Huangyou No.1”, we analyzed the composition and content of amino acids and fatty acids in the muscle of “Huangyou No.1” and compared it with that of its parental species. A total of 17 amino acids were detected in the muscle of the three kinds yellow catfish. The contents of the total amino acids, total essential amino acids and total flavor amino acids were highest in the muscle of “Huangyou No.1” among the three kinds of yellow catfish. The content of essential fatty acids in the muscle of “Huangyou No.1” was 22.85%, which was close to that of yellow catfish and slightly lower than that of darkbarbel catfish. These results showed that “Huangyou No.1” has significant nutritional advantages in fatty acids and amino acids.

Keywords amino acids; fatty acids; yellow catfish; nutrient composition of muscles

(责任编辑:边书京)