

文章编号: 1674-5566(2020)04-0552-07

DOI:10.12024/jsou.20190302547

## 青田田鱼和金华田鱼肌肉营养成分的比较

胡文静<sup>1,2,3</sup>, 苏超群<sup>1,2,3</sup>, 刘 韬<sup>1,2,3</sup>, 支 宇<sup>1,2,3</sup>, 刘其根<sup>1,2,3</sup>

(1. 上海海洋大学 农业农村部鱼类营养与环境生态研究中心, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 农业农村部淡水水产种质资源重点实验室, 上海 201306; 3. 上海海洋大学 水产科学国家级实验教学示范中心, 上海 201306)

**摘 要:** 比较分析青田、金华田鱼肌肉的常规营养成分、矿物元素、氨基酸和脂肪酸组成。结果表明: 青田田鱼粗脂肪含量显著高于金华田鱼( $P < 0.01$ ); 两种田鱼中均测得常见氨基酸 17 种, 除甘氨酸和胱氨酸外, 金华田鱼各氨基酸含量均显著高于青田田鱼( $P < 0.05$ ); 根据氨基酸评分(AAS), 青田田鱼的第一、二限制氨基酸分别为缬氨酸和蛋氨酸+半胱氨酸, 金华田鱼的第一、二限制氨基酸分别为蛋氨酸+半胱氨酸和缬氨酸; 在两种田鱼中共测得 16 种脂肪酸, 其中青田田鱼的 C16:1(棕榈油酸)、C18:1n9c(油酸)和 C18:3n3( $\alpha$ -亚油酸)含量显著高于金华田鱼( $P < 0.05$ ), 且青田田鱼的单不饱和脂肪酸含量显著高于金华田鱼( $P < 0.05$ ), 金华田鱼的 C18:0(硬脂酸)和 C20:4n6(花生四烯酸)含量显著高于青田田鱼( $P < 0.05$ ); 在矿物元素中, 青田田鱼的锌、铜含量显著高于金华田鱼( $P < 0.05$ ), 金华田鱼的钙、磷、镁含量显著高于青田田鱼( $P < 0.05$ )。

**关键词:** 瓯江彩鲤; 肌肉营养成分; 氨基酸; 脂肪酸; 矿物元素

**中图分类号:** S 964.2      **文献标志码:** A

田鱼, 学名瓯江彩鲤(*Cyprinus carpio* var. *color*), 是浙江瓯江流域颇具地方特色的稻田养殖鱼类, 距今已有 2 000 多年的历史<sup>[1]</sup>。因为青田悠久的稻田养鱼历史和持续至今的实践, 2005 年被联合国粮食农业组织(FAO)批准为“全球重要农业文化遗产保护项目”<sup>[2]</sup>。田鱼在稻田环境中经过长时间的演化, 具有抗逆性强、生长迅速、体色丰富和肉质鲜嫩等特点。近年来, 许多学者<sup>[3-6]</sup>开展了对田鱼的性状研究和选育工作。有学者<sup>[7-8]</sup>研究发现, 不同地区的田鱼, 其鳞片性状表现出了一定的差异。田鱼的鳞片性状分为软、硬鳞两种, 其中青田地区范围内以软鳞田鱼为主, 而金华的田鱼以硬鳞为主。研究<sup>[7-8]</sup>表明, 软、硬鳞田鱼的鳞片生化成分表现出了一定的差异, 但是关于两种田鱼的肌肉成分是否也存在着差异则至今未见报道。青田的田鱼由于软鳞, 被认为味道较好, 很受当地消费者的喜爱, 通常价格较高, 而金华地区的田鱼, 则价格

和市场认可度较低。本研究通过对青田和金华两个地区的田鱼的肌肉营养成分进行测定与比较分析, 旨在评价田鱼的食用价值, 丰富稻田养殖鱼类营养学资料, 为田鱼的进一步推广和选育提供科学依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 样品处理

实验所用田鱼取自浙江省青田县愚公生态农场和浙江省金华市卢宏伟水产养殖场。所有田鱼均低温运输至实验室, 暂养 1 周后进行实验。实验随机抽取青田田鱼和金华田鱼各 9 尾; 青田田鱼规格为体质量( $165.62 \pm 12.30$ )g, 体长( $21.73 \pm 1.35$ )cm; 金华田鱼规格为体质量( $164.16 \pm 8.98$ )g, 体长( $22.1 \pm 0.75$ )cm。使用丁香酚将实验用鱼麻醉后进行样品采集。采集时将鱼体表面水分吸干, 取侧线以上背部肌肉, 每 3 尾鱼肌肉混成一个样品进行测定(约 50 g)。

收稿日期: 2019-03-04      修回日期: 2019-05-30

基金项目: 上海市科委“一带一路”海洋生物科学国际联合实验室项目(19590750500); 上海海洋大学双一流学科建设项目(ZF1206)

作者简介: 胡文静(1994—), 女, 硕士研究生, 研究方向为稻田综合种养生态学。E-mail: wjhwendy@163.com

通信作者: 刘其根, E-mail: qgliu@shou.edu.cn

## 1.2 测定项目及方法

水分、灰分、粗蛋白质和粗脂肪含量的测定分别采用恒温烘干法(105 ℃)、550 ℃灼烧法(GB 5009.4—2010)、凯氏定氮法(GB 5009.5—2010)和索氏抽提法(GB/T 9695.7—2008)。使用氨基酸自动分析仪(GB/T 5009.124—2003)、气相色谱仪(GB/T 9695.7—2008)分别测定氨基酸、脂肪酸组成及含量。常量元素采用原子吸收法测定;微量元素采用 ICP-MS 测定。

## 1.3 营养品质评价

将所测田鱼肌肉中氨基酸的含量换算成每克氮中所含氨基酸的毫克数,单位为 mg/g N。基于成人必需氨基酸模式<sup>[9]</sup>(FAO/WHO 模式)和鸡蛋蛋白质的氨基酸模式<sup>[10]</sup>(鸡蛋蛋白模式),分别计算氨基酸评分( $S_{AAS}$ )、化学评分( $S_{CS}$ )和必需氨基酸指数( $I_{EAAI}$ )评价其营养价值,计算公式为

$$S_{AAS} = \frac{a}{A_{(FAO/WHO)}} \times 100 \quad (1)$$

$$S_{CS} = \frac{a}{A_{Egg}} \times 100 \quad (2)$$

$$I_{EAAI} = \sqrt[n]{\frac{100A}{A_E} \times \frac{100B}{B_E} \times \frac{100C}{C_E} \times \dots \times \frac{100H}{H_E}} \quad (3)$$

式中: $a$  表示样品中某氨基酸质量分数,mg/g N; $A_{(FAO/WHO)}$  表示(FAO/WHO)模式中同种氨基酸质量分数,mg/g N; $A_{Egg}$  表示鸡蛋蛋白质中同种氨基酸质量分数,mg/g N; $n$  为比较的必需氨基酸数; $A、B、C、\dots、H$  表示田鱼肌肉中必需氨基酸质量分数,mg/g N; $A_E、B_E、C_E、\dots、H_E$  为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸质量分数,mg/g N<sup>[11]</sup>。

## 1.4 实验数据分析

实验数据以平均值 ± 标准差表示, $n = 3$ 。应用 Excel 2010 和 SPSS 20.0 统计软件进行数据处理,利用  $t$ -test 对两种田鱼肌肉相关成分进行显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 常规营养成分质量分数

由表 1 可知青田地区田鱼中粗脂肪质量分数显著高于金华地区( $P < 0.01$ ),而水分、灰分和粗蛋白质量分数差异不显著。

表 1 青田、金华田鱼肌肉营养成分及质量分数

Tab. 1 Nutrient composition in muscle of *Cyprinus carpio* var *color* in Qingtian and Jinhua %

种类 Species	水分 Moisture	灰分 Ash	粗蛋白 Protein	粗脂肪 Lipid
青田 Qingtian	79.32 ± 0.31	1.17 ± 0.04	18.23 ± 0.27	1.67 ± 0.04 <sup>A</sup>
金华 Jinhua	79.09 ± 0.37	1.23 ± 0.04	19.73 ± 0.66	0.40 ± 0.00 <sup>B</sup>

注:平均值 ± 标准差;同列数据中含有不同大写字母表示组间有极显著性差异( $P < 0.01$ )

Notes: Mean ± SD; values in the same column with different capital letter are extremely significant differences( $P < 0.01$ )

### 2.2 氨基酸组成及质量分数

在两个地区田鱼肌肉中均测得常见氨基酸 17 种(色氨酸在样品酸水解中被破坏),其中包括 7 种必需氨基酸(EAA)、2 种半必需氨基酸(HEAA)和 8 种非必需氨基酸(NEAA),见表 2。金华和青田田鱼肌肉中氨基酸质量分数最高的均为谷氨酸(Glu),分别为 3.33% 和 2.73%;质量分数最低的为胱氨酸(Cys),分别为 0.13% 和 0.12%;在必需氨基酸中,质量分数最高的是赖氨酸(Lys),分别为 2.08% 和 1.73%,质量分数最低的是蛋氨酸(Met),分别为 0.63% 和 0.51%。除甘氨酸(Gly)和胱氨酸(Cys)以外,金华田鱼的氨基酸质量分数显著高于青田田鱼。金华和青田田鱼肌肉中氨基酸总质量分数(TAA)分别为 20.55% 和 17.03%,必需氨基酸总质量分数(EAA)分别为 8.44% 和 6.88%,必需氨基酸和非必需氨基酸的比值(EAA/NEAA)分别为 89.38 和 86.75,鲜味氨基酸(DAA)质量分数分别为 7.81% 和 6.49%,分别占总氨基酸质量分数的 38.03% 和 38.13%。

AAS 结果显示,金华田鱼的第一、二限制氨基酸分别为苯丙氨酸 + 酪氨酸、缬氨酸,青田田鱼的第一、二限制氨基酸分别为缬氨酸、苯丙氨酸 + 酪氨酸。CS 结果显示,金华田鱼的第一、二限制氨基酸均为蛋氨酸 + 半胱氨酸、异亮氨酸,青田田鱼的第一、二限制氨基酸均为异亮氨酸、蛋氨酸 + 半胱氨酸。必需氨基酸指数分别为 100.12 和 88.54。见表 3。

表2 青田、金华田鱼肌肉氨基酸组成及质量分数

Tab. 2 Amino acid composition in muscle of *Cyprinus carpio* var. *color* in Qingtian and Jinhua %

氨基酸 Amino acid	金华 Jinhua	青田 Qingtian
天冬氨酸(Asp) <sup>#</sup>	2.21 ± 0.1 <sup>A</sup>	1.82 ± 0.02 <sup>B</sup>
苏氨酸(Thr) <sup>*</sup>	0.94 ± 0.04 <sup>A</sup>	0.81 ± 0.01 <sup>B</sup>
丝氨酸(Ser)	0.84 ± 0.04 <sup>A</sup>	0.73 ± 0.01 <sup>B</sup>
谷氨酸(Glu) <sup>#</sup>	3.33 ± 0.13 <sup>A</sup>	2.73 ± 0.05 <sup>B</sup>
甘氨酸(Gly) <sup>#</sup>	0.99 ± 0.05	0.88 ± 0.05
丙氨酸(Ala) <sup>#</sup>	1.28 ± 0.06 <sup>A</sup>	1.07 ± 0.03 <sup>B</sup>
胱氨酸(Cys)	0.13 ± 0.01	0.12 ± 0.02
缬氨酸(Val) <sup>*</sup>	1.09 ± 0.04 <sup>A</sup>	0.84 ± 0.01 <sup>B</sup>
蛋氨酸(Met) <sup>*</sup>	0.63 ± 0.02 <sup>A</sup>	0.51 ± 0.02 <sup>B</sup>
异亮氨酸(Ile) <sup>*</sup>	1.01 ± 0.04 <sup>A</sup>	0.77 ± 0.01 <sup>B</sup>
亮氨酸(Ieu) <sup>*</sup>	1.74 ± 0.07 <sup>A</sup>	1.47 ± 0.02 <sup>B</sup>
酪氨酸(Tyr)	0.69 ± 0.03 <sup>A</sup>	0.59 ± 0.01 <sup>B</sup>
苯丙氨酸(Phe) <sup>*</sup>	0.94 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.75 ± 0.01 <sup>b</sup>
赖氨酸(Lys) <sup>*</sup>	2.08 ± 0.09 <sup>A</sup>	1.73 ± 0.03 <sup>B</sup>
组氨酸(His)	0.75 ± 0.03 <sup>A</sup>	0.55 ± 0.01 <sup>B</sup>
精氨酸(Arg)	1.23 ± 0.05 <sup>A</sup>	1.06 ± 0.03 <sup>b</sup>
脯氨酸(Pro)	0.66 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.03 <sup>b</sup>
氨基酸总量 TAA	20.55 ± 0.84 <sup>A</sup>	17.03 ± 0.33 <sup>B</sup>
必需氨基酸 EAA	8.44 ± 0.34 <sup>A</sup>	6.88 ± 0.11 <sup>B</sup>
半必需氨基酸 HEAA	1.98 ± 0.08 <sup>A</sup>	1.62 ± 0.02 <sup>B</sup>
非必需氨基酸 NEAA	9.44 ± 0.4 <sup>A</sup>	7.93 ± 0.19 <sup>B</sup>
鲜味氨基酸 DAA	7.81 ± 0.33 <sup>A</sup>	6.49 ± 0.14 <sup>B</sup>
EAA/TAA	41.07	40.43
DAA/TAA	38.03	38.13
EAA/NEAA	89.38	86.75

注: \* 为人体必需氨基酸; # 为鲜味氨基酸; 小写字母表示该组数据具有显著差异 ( $P < 0.05$ ); 同行数据中含有不同小写字母表示组间有显著性差异 ( $P < 0.05$ ); 同行数据中含有不同大写字母表示组间有极显著性差异 ( $P < 0.01$ )

Notes: \* indicates essential amino acid; # indicates delicious amino acid; values in the same row with different lowercase letter are significant differences ( $P < 0.05$ ); values in the same row with different capital letter are extremely significant differences ( $P < 0.01$ )

表3 人体必需氨基酸中氨基酸评分、化学评分和必需氨基酸指数比较分析

Tab. 3 Comparison of AAS, CS and EAAI between two *Cyprinus carpio* var. *color*

必需氨基酸 Essential amino acid	FAO/WHO 模式 FAO/WHO pattern/(mg/g N)	全鸡蛋模式 Egg pattern/(mg/g N)	金华 Jinhua		青田 Qingtian	
			AAS	CS	AAS	CS
苏氨酸(Thr)	250	308	1.20	0.97	1.12	0.91
缬氨酸(Val)	310	359	1.11	0.96	0.92	0.79
异亮氨酸(Ile)	250	369	1.28	0.87	1.06	0.72
亮氨酸(Ieu)	440	553	1.26	1.00	1.15	0.91
赖氨酸(Lys)	340	431	1.92	1.51	1.73	1.36
苯丙氨酸 + 酪氨酸(Phe + Tyr)	380	251	1.10	0.96	0.99	0.87
蛋氨酸 + 半胱氨酸(Met + Cys)	220	610	1.38	0.86	1.23	0.76
必需氨基酸指数(EAAI)			100.12		88.54	

### 2.3 脂肪酸组成及质量分数

在两地区田鱼肌肉中共测得脂肪酸 16 种。在金华田鱼中,测得脂肪酸 13 种,包括 4 种饱和脂肪酸(SFA)、3 种单不饱和脂肪酸(MUFA)和 6 种多不饱和脂肪酸(PUFA),见表 4。在青田田鱼中,测得脂肪酸 12 种,包括 3 种饱和脂肪酸(SFA)、3 种单不饱和脂肪酸(MUFA)和 6 种多不饱和脂肪酸(PUFA)。青田田鱼单不饱和脂肪酸质量分数显著高于金华田鱼 ( $P < 0.01$ )。在各脂肪酸中,青田田鱼肌肉中的棕榈油酸(C16:1)、硬脂酸(C18:0)和油酸(C18:1n9c)质量分数显著高于金华田鱼 ( $P < 0.05$ )。金华田鱼的  $\alpha$ -亚油酸(C18:3n3)和花生四烯酸(C20:4n6)质量分数则显著高于青田田鱼 ( $P < 0.05$ )。肉豆蔻酸(C14:0)、反油酸(C18:1n9t)和反亚油酸(C18:2n6t)仅在青田田鱼中测出;十七烷酸(C17:0)、二十碳烯酸(C20:1)、二十碳二烯酸(C20:3n6)和二十四酸(C24:0)仅在金华田鱼中测出。金华和青田田鱼肌肉中二十二碳六烯酸(DHA)的质量分数分别为 4.41% 和 3.26%。

### 2.4 部分矿物元素质量分数

在本次所测的矿物元素中,包含 3 种常量元素(钙 Ca、镁 Mg、磷 P)和 4 种微量元素(锌 Zn、铜 Cu、硒 Se、铁 Fe),见表 5。其中金华和青田田鱼肌肉种均以磷质量分数最高,分别为 2 649.33 mg/kg、2 236.67 mg/kg; 硒质量分数最低,均为 0.1 mg/kg。青田田鱼的锌、铜质量分数显著高于金华田鱼 ( $P < 0.01$ ); 金华田鱼的钙、磷、镁质量分数显著高于青田田鱼 ( $P < 0.05$ )。

表 4 青田、金华田鱼肌肉脂肪酸组成及质量分数

Tab. 4 Fatty acids in muscle of the soft scale and the hard scale *Cyprinus carpio* var. color %

脂肪酸 Fatty acid	金华 Jinhua	青田 Qingtian
肉豆蔻酸 C14:0	-	1.12 ± 0.01
棕榈酸 C16:0	26.80 ± 3.73	20.79 ± 0.10
棕榈油酸 C16:1	1.13 ± 0.30 <sup>B</sup>	2.77 ± 0.07 <sup>A</sup>
十七烷酸 C17:0	1.05 ± 0.32	-
硬脂酸 C18:0	13.04 ± 2.59 <sup>A</sup>	5.77 ± 0.17 <sup>b</sup>
反油酸 C18:1n9t	-	1.69 ± 0.53
油酸 C18:1n9c	19.37 ± 2.86 <sup>B</sup>	37.20 ± 2.23 <sup>A</sup>
反亚油酸 C18:2n6t	-	2.90 ± 0.01
亚油酸 C18:2n6c	23.50 ± 2.26	24.03 ± 0.21
α-亚油酸 C18:3n3	0.92 ± 0.22 <sup>B</sup>	2.25 ± 0.21 <sup>A</sup>
二十碳烯酸 C20:1	1.47 ± 0.16	-
二十碳二烯酸 C20:2	0.60 ± 0.08	-
二十碳三烯酸 C20:3n6	1.64 ± 0.09	1.11 ± 0.32
花生四烯酸 C20:4n6	3.74 ± 0.21 <sup>A</sup>	2.06 ± 0.86 <sup>b</sup>
二十二碳六烯酸 C22:6n3	4.41 ± 0.39	3.26 ± 1.46
二十四酸 C24:0	0.90 ± 0.14	-
ΣSFA	41.79 ± 6.10	27.68 ± 0.08
ΣMUFA	21.97 ± 3.24 <sup>B</sup>	41.66 ± 2.34 <sup>A</sup>
ΣPUFA	34.81 ± 2.09	35.62 ± 2.47

注:同行数据中含有不同小写字母表示组间有显著性差异( $P < 0.05$ );同行数据中含有不同大写字母表示组间有极显著性差异( $P < 0.01$ )

Notes: Values in the same row with different lowercase letter are significant differences ( $P < 0.05$ ); values in the same row with different capital letter are extremely significant differences ( $P < 0.01$ )

表 5 青田、金华田鱼部分矿物元素组成及含量

Tab. 5 Mineral element in muscle of *Cyprinus carpio* var color in Qingtian and Jinhua mg/kg

矿物质元素	金华	青田
Mineral elements	Jinhua	Qingtian
钙 Ca	573.90 ± 39.00 <sup>a</sup>	404.30 ± 49.43 <sup>b</sup>
镁 Mg	348.97 ± 21.81 <sup>a</sup>	296.40 ± 3.45 <sup>b</sup>
磷 P	2 649.33 ± 107.58 <sup>A</sup>	2 236.67 ± 24.99 <sup>B</sup>
锌 Zn	3.82 ± 0.14 <sup>B</sup>	5.71 ± 0.36 <sup>A</sup>
铜 Cu	0.17 ± 0.03 <sup>B</sup>	0.31 ± 0.03 <sup>A</sup>
硒 Se	0.10 ± 0.01	0.10 ± 0.01
铁 Fe	2.49 ± 0.44	3.52 ± 1.03

注:同行数据中含有不同小写字母表示组间有显著性差异( $P < 0.05$ );同行数据中含有不同大写字母表示组间有极显著性差异( $P < 0.01$ )

Notes: Values in the same row with different lowercase letter are significant differences ( $P < 0.05$ ); values in the same row with different capital letter are extremely significant differences ( $P < 0.01$ )

### 3 讨论

#### 3.1 常规营养成分比较

常规营养成分是评价鱼肉营养价值的重要

指标,包括水分、灰分、粗蛋白和粗脂肪。金华和青田田鱼肌肉的一般营养成分在整体上没有较大的差异,两种田鱼的水分、灰分及粗蛋白质量分数基本保持一致,其中粗蛋白质量分数分别为 19.73% 和 18.23%,高于同为淡水鱼类的鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*, 15.62%)、鳙 (*Hypophthalmichthys nobilis*, 16.63%)、鲫 (*Carassius auratus*, 17.95%) 和草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*, 16.65%)<sup>[12]</sup>。青田地区田鱼的粗脂肪质量分数显著高于金华地区 ( $P < 0.05$ )。按鱼体脂肪质量分数比,可将鱼分为少脂( $\leq 2\%$ )、低脂(2%~4%)、中脂(4%~8%)和高脂( $\geq 8\%$ )等 4 类<sup>[13]</sup>,青田、金华田鱼的粗脂肪质量分数分别为 1.67% 和 0.4%,均属于少脂鱼类,因此能够满足现代人对高蛋白低脂肪的饮食需求。但脂类又是呈味营养物质,一定的脂肪质量分数对维护其口感和味道具有重要作用。青田田鱼的脂肪多于金华田鱼,可能也是其味道更佳的原因之一。

#### 3.2 氨基酸营养成分比较

两种田鱼中均测得 17 种常见氨基酸(酸水解法测定使色氨酸被破坏,不作评价),总氨基酸质量分数分别为 20.55% 和 17.03%,均高于罗非鱼 (*Oreochromis mossambicus*)、鳊 (*Siniperca chuatsi*) 和鳊鱼 (*Parabramis pekinensis*)<sup>[14]</sup>。蛋白质的营养价值由其所含氨基酸的种类、比例和数量所决定,尤其是必需氨基酸质量分数,其所占比例是决定蛋白质营养价值的重要因素。样品结果表明,在必需氨基酸中,含量最高的是赖氨酸 (Lys),其次是亮氨酸 (Leu)。赖氨酸是一种碱性必需氨基酸,能够参与体蛋白合成,促进人体发育,增强免疫力,并能够提高中枢神经组织功能<sup>[15]</sup>。亮氨酸是一种支链氨基酸,具有氧化供能、促进蛋白质合成和提高免疫功能的作用<sup>[16]</sup>。这表明田鱼营养价值较高,是提高人体抵抗力的天然营养补充剂。根据 FAO/WHO 的理想模式,质量较好的蛋白质的氨基酸组成中必需氨基酸占总氨基酸的比值 (EAA/TAA) 为 40% 左右,必需氨基酸与非必需氨基酸的比值 (EAA/NEAA) 在 60% 以上<sup>[17]</sup>。金华和青田田鱼的 EAA/TAA 比值分别为 41.07% 和 40.43%,EAA/NEAA 比值分别为 89.38% 和 86.75%,均符合上述指标要求,说明田鱼肌肉的蛋白质优良,营养价值高。

鲜味氨基酸(天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸)的组成和含量在一定程度上能反映动物肉质的鲜味,金华和青田田鱼肌肉中鲜味氨基酸总量(DAA)分别为7.81%和6.49%,均超过草鱼(5.92%)、鲫(6.25%)和青鱼(*Mylopharyngodon piceus*,6.67%)<sup>[12]</sup>,说明田鱼鲜美度较高。

氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)是评价鱼类肌肉必需氨基酸组成的常用指标<sup>[18]</sup>。综合AAS及CS评分,青田和金华田鱼的必需氨基酸评分均大于或接近1,化学评分均大于0.7,说明两个地区的田鱼肌肉组织中的必需氨基酸的组成相对平衡,且含量丰富。金华和青田田鱼的必需氨基酸指数(EAAI)分别为100.12和88.54,均接近理想蛋白,可作为良好蛋白食物源。

### 3.3 脂肪酸营养成分比较

鱼体中的脂肪酸是除蛋白质外另一大类营养成分,主要富含亚油酸、花生四烯酸和DHA等多不饱和脂肪酸(PUFA)。在本实验所有田鱼肌肉样品中,共测得脂肪酸16种,包括5种饱和脂肪酸、4种单不饱和脂肪酸和7种多不饱和脂肪酸。青田田鱼的棕榈油酸、油酸、 $\alpha$ -亚油酸质量分数显著高于金华田鱼,金华田鱼的硬脂酸和花生四烯酸质量分数显著高于青田田鱼。整体来看,青田田鱼的单不饱和脂肪酸含量显著高于金华田鱼。鱼类脂质的显著特征是富含长链多不饱和脂肪酸,具有调节心脏功能、调节血脂、降低血液黏稠度和增强免疫力等功能<sup>[19-21]</sup>。两种田鱼的肌肉中均具有较高的不饱和脂肪酸含量,具有较好的营养价值。

### 3.4 矿物质成分比较

矿物质是维持机体正常新陈代谢所必需的物质,不能在人体内合成,只能从膳食中摄取,补充膳食中的钙、镁、锌、硒等营养元素,对于增强机体免疫功能至关重要<sup>[22]</sup>。经测定,青田和金华田鱼中均含有较为丰富的矿物质,包含3种常量元素(钙Ca、镁Mg、磷P)和4种微量元素(锌Zn、铜Cu、硒Se、铁Fe)。金华田鱼的常量元素质量分数高于青田田鱼。但是就微量元素来说,青田田鱼的锌和铜质量分数显著高于金华田鱼。养殖对象体内矿物质元素组分与养殖水体矿物质元素含量关系具有一致性<sup>[23]</sup>,鱼体和水中微量元素之间也存在显著相关性<sup>[24]</sup>。由此推测,青

田田鱼肌肉中相对较高质量分数微量元素可能与青田地区泉水中微量矿物元素质量分数较高有关。

## 4 结论

通过对青田和金华田鱼的肌肉营养成分进行测定与比较分析,结果表明,两个地区田鱼除鳞片性状不同以外,在肌肉的营养成分上也表现出一定的差异。青田田鱼肌肉的粗脂肪、不饱和脂肪酸、微量元素(锌、硒)质量分数显著高于金华田鱼;但金华田鱼的氨基酸质量分数和常量元素(钙、镁、磷)质量分数显著高于青田田鱼。两种田鱼肌肉中的蛋白质量分数均较高,脂肪质量分数相对较低,氨基酸质量分数丰富且配比均衡,富含多种不饱和脂肪酸和矿物元素,具有较高的营养价值,是优质的淡水经济鱼类。

## 参考文献:

- [1] 孟宪德,吴万夫.我国稻田养殖现状的分析[J].北京水产,2001(5):10-12.  
MENG X D, WU W F. Analysis of the current situation of rice farming in China[J]. Journal of Beijing Fisheries, 2001(5): 10-12.
- [2] 游修龄.稻田养鱼:传统农业可持续发展的典型之一[J].农业考古,2006(4):222-224.  
YOU X L. Rice-fish farming: one of the typical examples of sustainable development of traditional agriculture [J]. Agricultural Archaeology, 2006(4): 222-224.
- [3] 程起群,李思发,王成辉,等.不同密度瓯江彩鲤生长速度及养殖效果[J].安徽农业科学,2002,30(6):858-860.  
CHENG Q Q, LI S F, WANG C H, et al. Research on effect of color common carp growth and culture in different density in cages[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2002, 30(6): 858-860.
- [4] WANG C H, LI S F, XIANG S P, et al. Genetic parameter estimates for growth-related traits in Oujiang color common carp (*Cyprinus carpio* var. *color*) [J]. Aquaculture, 2006, 259(1/4): 103-107.
- [5] WANG B S, JI P F, WANG J, et al. The complete mitochondrial genome of the Oujiang color carp, *Cyprinus carpio* var. *color* (Cypriniformes, Cyprinidae) [J]. Mitochondrial DNA, 2013, 24(1): 19-21.
- [6] LYU Y P, HU Z H, YANG X Q, et al. Analysis of genetic variation in selected generations of "Whole Red" pattern *Cyprinus carpio* var. *color* using ISSR markers [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2012, 44: 243-249.
- [7] 龚小玲,岳丽佳,王米雪,等.软、硬鳞瓯江彩鲤鳞片生

- 化成分比较[J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(5): 663-668.
- GONG X L, YUE L J, WANG M X, et al. Comparison of biochemical compositions in the soft scale and the hard scale of the Oujiang color common carp[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(5): 663-668.
- [8] 许会宾, 张茜, 王成辉, 等. 瓯江彩鲤两种类型鳞片的形态结构比较[J]. 生物学杂志, 2016, 33(5): 8-12.
- XU H B, ZHANG Q, WANG C H, et al. The comparison between two states of Oujiang color common carp, *Cyprinus carpio* var. *color* scales [J]. Journal of Biology, 2016, 33(5): 8-12.
- [9] CONSULTATION J W E. Protein and amino acid requirements in human nutrition[J]. World Health Organization Technical Report Series, 2007(935): 1-265.
- [10] 杨月欣. 中国食物成分表 2004: 第二册[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2005: 49-234.
- YANG Y X. China food composition 2004: Vol 2 [M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2005: 49-234.
- [11] 周朝伟, 雷骆, 邓星星, 等. 乌鳢与白乌鳢肌肉营养成分分析与评价[J]. 淡水渔业, 2018, 48(3): 83-89.
- ZHOU C W, LEI L, DENG X X, et al. Nutritional composition analysis and evaluation of *Ophicephalus argus* and *Opniocepnalus argus* var[J]. Freshwater Fisheries, 2018, 48(3): 83-89.
- [12] 湛芳, 刘晓娜, 吉维舟, 等. 5 种淡水鱼的肌肉及肝脏营养成分测定及比较[J]. 贵州农业科学, 2016, 44(11): 108-111.
- ZHAN F, LIU X N, JI W Z, et al. Detection of nutritional components in muscle and liver of five freshwater fishes[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2016, 44(11): 108-111.
- [13] HAARD N F. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish[J]. Food Research International, 1992, 25(4): 289-307.
- [14] 盛晓风, 孙晓杰, 丁海燕, 等. 七种养殖淡水鱼类肌肉营养组成及对比研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(3): 359-363.
- SHENG X F, SUN X J, DING H Y, et al. Analysis and evaluation of the nutritional composition in seven cultured fresh water fishes [J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(3): 359-363.
- [15] 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.
- [16] 王彬, 李奇. 亮氨酸的代谢及营养生理作用研究进展[J]. 饲料研究, 2012(1): 14-16.
- WANG B, LI Q. Research progress in metabolism and nutritional physiology of leucine [J]. Feed Research, 2012(1): 14-16.
- [17] 刘旭. 鱼类肌肉品质综合研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2007.
- LIU X. Integrated study on the characters of fish meat [D]. Xiamen: Xiamen University, 2007.
- [18] ØKLAND H M W, STOKNES I S, REMME J F, et al. Proximate composition, fatty acid and lipid class composition of the muscle from deep-sea teleosts and elasmobranchs [J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 2005, 140(3): 437-443.
- [19] 周礼敬, 沈东霞, 詹会祥. 鱼类肌肉营养成分与人体健康研究[J]. 畜牧与饲料科学, 2013, 34(5): 69-71.
- ZHOU L J, SHEN D X, ZHAN H X. Studies on the nutritional components of fish muscles and human health [J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2013, 34(5): 69-71.
- [20] RAPOPORT S I, RAO J S, IGARASHI M. Brain metabolism of nutritionally essential polyunsaturated fatty acids depends on both the diet and the liver [J]. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids, 2007, 77(5/6): 251-261.
- [21] 郭玉华, 李钰金. 水产品中 EPA 和 DHA 的研究进展[J]. 肉类研究, 2011, 25(1): 82-86.
- GUO Y H, LI Y J. Research pogrress of EPA and DHA from aatic [J]. Meat Research, 2011, 25(1): 82-86.
- [22] 王思宇, 郑永华, 唐洪玉, 等. 灰裂腹鱼肌肉营养分析与评价[J]. 淡水渔业, 2018, 48(2): 80-86.
- WANG S Y, ZHENG Y H, TANG H Y. Analysis and evaluation for the nutrition components of *Schizothorax griseus* muscles [J]. Freshwater Fisheries, 2018, 48(2): 80-86.
- [23] 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[J]. 水生生物学报, 1994, 18(4): 309-315.
- LEI Z H, XU X Q, HUI J Y, et al. Studies on the characteristics of ecological chemistry of microelements in fish [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1994, 18(4): 309-315.
- [24] 张彤晴, 周刚, 秦钦, 等. 不同增殖养殖水体中华绒螯蟹肌体矿物元素比较分析[J]. 淡水渔业, 2006, 36(2): 13-17.
- ZHANG T Q, ZHOU G, QIN Q, et al. Comparison and analysis of mineral elements of Chinese mitten-handed crab from different proliferation and culturing waters [J]. Freshwater Fisheries, 2006, 36(2): 13-17.

## Analysis of muscle nutrient composition of *Cyprinus carpio* var. *color* in Qingtian and Jinhua

HU Wenjing<sup>1,2,3</sup>, SU Chaoqun<sup>1,2,3</sup>, LIU Tao<sup>1,2,3</sup>, ZHI Yu<sup>1,2,3</sup>, LIU Qigen<sup>1,2,3</sup>

(1. Centre for Research on Environmental Ecology and Fish Nutrition, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Freshwater Aquatic Genetic Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China; 3. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Nutritional composition, mineral elements, amino acids and fatty acids in muscle were investigated in *Cyprinus carpio* var. *color* from Qingtian and Jinhua. Results showed that contents of crude fat (fresh weight) in Qingtian *Cyprinus carpio* var. *color* (QC) were significantly higher than that in Jinhua *Cyprinus carpio* var. *color* (JC) ( $P < 0.01$ ); 17 amino acids were obtained in both populations. The percentage of all amino acids in JC were higher than those in QC but Glycine and Cystine ( $P < 0.05$ ); Based on the criteria of amino acid score (AAS), the top two limiting amino acids in QC were Valine and Methionine + Cysteine, and the top two limiting amino acids in JC were Methionine + Cysteine and Valine; 16 fatty acids were detected in all muscle samples. C16:1, C18:1n9c, C18:3n3 and monounsaturated fatty acid in QC were higher than those in JC ( $P < 0.05$ ); C18:0 and C20:4n6 in JC were higher than those in QC ( $P < 0.05$ ). The contents of Zn and Cu in QC were significantly higher than those in JC ( $P < 0.05$ ), and the contents of Ca, P and Mg in JC were significantly higher than those in QC ( $P < 0.05$ ).

**Key words:** *Cyprinus carpio* var. *color*; nutrient composition of muscle; amino acid; fatty acid; mineral elements