

文章编号: 1000-0615(2017)07-1133-07

DOI: 10.11964/jfc.20160610428

## 合方鲫及其亲本肌肉营养成分分析

刘庆峰, 王静, 肖军, 陈璇, 齐艳华, 李武辉,  
陶敏, 张纯, 覃钦博, 罗凯坤, 刘少军\*

(湖南师范大学生命科学学院, 省部共建淡水鱼类发育生物学国家重点实验室, 湖南长沙 410081)

**摘要:** 采用生化分析手段对合方鲫及其亲本的肌肉营养成分进行比较研究。结果显示, 合方鲫肌肉中水分含量为71.00%, 显著低于其亲本的水分含量(日本白鲫: 75.60%, 红鲫: 75.50%), 说明合方鲫具有低水分的特征。合方鲫的蛋白质含量为17.70%, 高于红鲫的蛋白质含量(17.00%), 且显著高于日本白鲫的蛋白质含量(14.80%)。在15种检测的氨基酸含量中, 合方鲫的氨基酸总量(15.87%)、必需氨基酸总含量(6.55%)均高于红鲫的氨基酸总量(15.52%)和必需氨基酸总含量(6.46%), 且显著高于日本白鲫的氨基酸总量(13.13%)和必需氨基酸总含量(5.27%)。值得一提的是合方鲫的呈味氨基酸总含量高达6.26%, 高于红鲫的呈味氨基酸总含量(6.07%), 且显著高于日本白鲫的呈味氨基酸总含量(5.29%)。研究表明, 合方鲫是一种营养价值高、肉味鲜美的鱼类, 为其生产上的应用提供了理论支撑。

**关键词:** 合方鲫; 杂品系; 肌肉; 营养成分; 氨基酸

**中图分类号:** S 963

**文献标志码:** A

鱼类具有丰富的蛋白质、维生素和人体必需矿物质, 同时还含有大量的必需氨基酸, 特别是具有谷物中含量较低的赖氨酸<sup>[1]</sup>。鱼类的必需氨基酸模式极接近人体需求, 人体对其消化吸收率可达95%<sup>[2]</sup>。因此, 鱼蛋白可以被用于补充混合膳食中的氨基酸种类和提高整体的蛋白质品质<sup>[1]</sup>。当前渔业发展中, 面临着自然鱼类资源减少, 水资源和养殖面积有限等制约渔业发展的问题, 有必要研制出具有生长速度快、抗逆性强、肉质鲜美等优点的鱼类。

杂交能够将不同遗传组成的两个个体或群体的遗传物质重新组合从而形成新的具有杂种优势的后代<sup>[3-5]</sup>。由于杂交鱼的基因型的改变(如: 基因重组、碱基突变、基因片段缺失和基因片段插入), 会带来其表现型的改变, 可以获得在生长速度、抗逆性、外形特征、存活率等

方面表现出杂交优势的个体<sup>[6]</sup>。长期以来, 本实验室在鱼类杂交方面开展了系统的研究工作, 建立了异源四倍体<sup>[7]</sup>、同源四倍体<sup>[8]</sup>、异源二倍体<sup>[9]</sup>和同源三倍体<sup>[10]</sup>等品系。利用这些可育品系与有关二倍体鱼交配, 研制了具有多种优势的杂交鱼, 如: 湘云鲫[*Carassius auratus cuvieri*♀×(*Carassius auratus red var.*×*Cyprinus carpio*)♂]<sup>[11]</sup>、湘云鲤[*Cyprinus carpio*♀×(*Carassius auratus red var.*×*Cyprinus carpio*)♂]<sup>[11]</sup>、湘云鲫2号[*Carassius auratus red var.*♀×(*Carassius auratus red var.*×*Cyprinus carpio*)♂]<sup>[12]</sup>、新型三倍体鲫鱼[*Carassius auratus var.*♀×(*Carassius auratus red var.*×*Cyprinus carpio*)♂]<sup>[13]</sup>、杂交翘嘴鲮[(*Megalobrama amblycephala*×*Erythroculter ilishaeformis*)♀×*Megalobrama amblycephala*)♂]<sup>[14]</sup>等具有杂交优势的优质杂交鱼, 以上杂交鱼均在

收稿日期: 2016-06-04 修回日期: 2016-10-11

资助项目: 国家自然科学基金重大国际合作项目(31210103918); 国家自然科学基金重点项目(31430088); 湖南省生物发育工程及新产品研发协同创新中心(20134486); 长沙市科技计划项目(K1205009-21)

通信作者: LIU Shaojun. E-mail: lsj@hunnu.edu.cn

生产实践中取得了良好的成效。另外,王静等<sup>[15]</sup>以日本白鲫(*Carassius auratus cuvieri*)为母本、红鲫(*Carassius auratus red var.*)为父本进行杂交实验,获得了具有生长速度快、体色为青灰色、抗逆性强、肉质鲜嫩等优良特征的合方鲫F<sub>1</sub>,通过合方鲫F<sub>1</sub>代自交获得合方鲫F<sub>2</sub>,目前,已成功获得了合方鲫F<sub>3</sub>,成功建立了一个新型杂交鲫鱼品系(F<sub>1</sub>~F<sub>3</sub>)。并已对合方鲫及其亲本的性腺发育状况、染色体数目、DNA含量、体色、外形特征和分子遗传组成等生物学特征进行了较系统的研究,研究结果表明合方鲫无论在外形特征还是在分子组成方面都不同于其父母本,体现出杂交特征且能够稳定遗传<sup>[15]</sup>。

本实验旨在通过一系列生物化学方法分析研究合方鲫及其亲本(日本白鲫和红鲫)的肌肉营养成分,揭示合方鲫的肌肉营养价值特征,为其在生产上的应用提供理论支撑,同时为鱼类杂交育种提供有用的科研数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

本研究中的合方鲫、日本白鲫、红鲫均取自于教育部“多倍体繁殖及育种技术”工程研究中心。为避免环境与饲料带来的实验误差,所用实验鱼都有着相同的生长环境与饵料喂养。

### 1.2 营养成分测定

**水分测定** 利用肌肉中水分的物理性质,在101.3 kPa(一个大气压),温度101~105 °C下采用挥发方法在电热恒温干燥箱内测定肌肉中干燥减失的重量,包括吸湿水、部分结晶水和该条件下能挥发的物质,再通过天平称量干燥前后的重量值计算出水分的含量。参见国标GB 5009.3-2010。

**脂肪测定** 以无水乙醚或者石油醚为抽提剂,利用索氏提取器在冻干的肌肉中测定脂肪的含量。参见GB/T5009.6-2003。

**蛋白质测定** 将冻干的肌肉组织以凯氏定氮法为原理,通过定氮蒸馏装置与自动凯氏定氮仪来测定读取数据。参见GB 5009.5-2010。

**灰分测定** 将已知重量的冻干的肌肉组织置于马弗炉中,在(550±25) °C下灼烧0.5 h,冷却至200 °C左右,取出,放入干燥器中冷却30 min,

准确称量。重复灼烧至前后两次称量相差不超过0.5 mg为恒重。参见GB 5009.3-2010。

**碳水化合物计算** 通过扣除脂肪(F)、蛋白质(CP)、灰分(A)的质量分数之和来计算碳水化合物的含量。公式:

$$\text{总碳水化合物}(\%)=100-(F+CP+A)$$

**总能量值的估计** 每个样品的总能量值是由蛋白质(CP)、脂肪(F)和总碳水化合物(C)的含量与对应能量值相乘来确定,每100 g肌肉不同组分各自乘以16.75、37.68、16.75 kJ的能量值,公式:总能量值=(16.75CP+37.68F+16.75C)kJ/100 g。

### 1.3 氨基酸组分分析

鱼肌肉中的蛋白质经盐酸水解成为游离的氨基酸,使用日立氨基酸自动分析仪8900分析。

### 1.4 数据统计与分析

使用SPSS 21.0 软件对数据进行统计和分析比对。

## 2 结果与分析

### 2.1 肌肉营养组分

合方鲫的水分含量为71.00%,显著低于日本白鲫(75.60%)与红鲫(75.50%)的水分含量( $P<0.05$ )。在蛋白质含量方面,合方鲫的含量为17.70%,高于红鲫(17.00%)的蛋白质含量,且显著高于日本白鲫(14.80%)的蛋白质含量( $P<0.05$ )。在碳水化合物总含量方面,合方鲫的碳水化合物总含量为76.50%,低于红鲫(76.80%)的碳水化合物总含量,且显著低于日本白鲫(80.23%)的碳水化合物总含量( $P<0.05$ )(表1)。在总能量值含量方面,合方鲫的总能量值含量为1739.87 kJ/100 g,高于日本白鲫(1726.27 kJ/100 g)和红鲫(1717.18 kJ/100 g)的总能量值含量。此外,在灰分与脂肪含量方面,合方鲫(分别为1.50%和4.30%)与日本白鲫(分别为1.40%和3.57%)及红鲫(分别为2.20%和4.00%)的灰分与脂肪含量值相近。上述各项数据表明,在肌肉营养成分含量方面,合方鲫相对于日本白鲫和红鲫表现出更高的蛋白质含量和总能量值含量以及更低的水分和碳水化合物含量。

### 2.2 肌肉氨基酸组成及含量

在15种检测的氨基酸含量中,合方鲫的氨基酸含量有15种高于日本白鲫的氨基酸含量,有

表1 合方鲫及其亲本肌肉营养成分含量

Tab. 1 Muscle nutritive component of WR and its parents

	水分/(g/100 g) moisture	脂肪/(g/100 g) fat	蛋白质/(g/100 g) protein	灰分/(g/100 g) ash	碳水化合物/(g/100 g) carbohydrates	总能量值/(kJ/100 g) energy value
合方鲫(WR)	71.00 <sup>bc</sup>	4.30	17.70 <sup>b</sup>	1.50	76.50 <sup>b</sup>	1739.87
日本白鲫(WCC)	75.60 <sup>a</sup>	3.57	14.80 <sup>ac</sup>	1.40	80.23 <sup>ac</sup>	1726.27
红鲫(RCC)	75.50 <sup>a</sup>	4.00	17.00 <sup>b</sup>	2.20	76.80 <sup>b</sup>	1717.18

注: 1.以上表中数据都为平均值。2. a代表与WR有显著性差异( $P<0.05$ ), b代表与WCC有显著性差异( $P<0.05$ ), c代表与RCC有显著性差异( $P<0.05$ )

Notes: 1. mean value. 2. values in the same row with letter a, b, c for each species show significant differences with WR, WCC, RCC( $P<0.05$ )

14种高于红鲫的氨基酸含量,且3种鱼均为谷氨酸的含量最高。其中,合方鲫的氨基酸总量为15.87%,高于红鲫的氨基酸总量(15.52%),且显著高于日本白鲫的氨基酸总量(13.13%)( $P<0.05$ )(表2)。在必需氨基酸总含量(EAA)方面,合方鲫的必需氨基酸总含量为6.55%,高于红鲫的必需氨基酸总含量(6.46%),且显著高于日本白鲫的必需氨基酸总含量(5.27%)( $P<0.05$ )。在4种呈鲜味和甜味氨基酸(ASP, GLU, GLY, ALA)总含量方面,合方鲫的呈味氨基酸总含量为6.26%,高于红鲫的呈味氨基酸总含量(6.07%),且显著高于日本白鲫的呈味氨基酸总含量(5.29%)( $P<0.05$ )。

### 3 讨论

#### 3.1 合方鲫的肌肉营养价值

合方鲫及其父母本的肌肉营养成分比较分析显示,合方鲫的水分含量为71.00%,显著低于亲本日本白鲫(75.60%)与红鲫(75.50%)的水分含量( $P<0.05$ )。在二十世纪九十年代仇潜如<sup>[16]</sup>、梁银铨等<sup>[17]</sup>对镜鲤(*Cyprinus carpio var. specularis*)、草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)和鳊(*Siniperca chuatsi*)的肌肉营养成分进行了报道,对比合方鲫水分含量,研究表明合方鲫水分也显著低于草鱼、鲢、鳙和鳊的水分含量( $P<0.05$ )(表3);在蛋白质含量方面,合方鲫的含量为17.70%,高于红鲫的蛋白质含量(17.00%),显著高于日本白鲫的蛋白质含量(14.80%)( $P<0.05$ ),也显著高于草鱼、镜鲤和鲢的蛋白质含量( $P<0.05$ )(表1,表3);在脂肪含量方面,合方鲫的含量为(4.30%),显著高于草鱼、鲢、鳙和鳊的脂肪含量( $P<0.05$ )(表3);在碳水化合物含量方面,合方鲫的含量为76.50%,低于红鲫的碳水化合物含量

(76.80%),显著低于日本白鲫的碳水化合物含量(80.23%)( $P<0.05$ ),也显著低于草鱼、镜鲤、鲢、鳙和鳊的碳水化合物含量( $P<0.05$ )(表1,表3)。另外,在灰分含量方面,合方鲫显著低于鲢的

表2 合方鲫及其亲本肌肉氨基酸组成及含量(干重)

Tab. 2 Amino acid composition and content in muscle of WR and its parents g/100 g

氨基酸 amino acids	合方鲫 WR	日本白鲫 WCC	红鲫 RCC
ASP	1.79	1.48	1.71
GLU	2.53	2.09	2.46
SER	0.74	0.64	0.72
HIS	0.74	0.53	0.70
GLY	0.90	0.84	0.88
THR	0.78	0.68	0.76
ARG	1.00	0.90	1.00
ALA	1.04	0.88	1.02
TYR	0.58	0.50	0.57
VAL	0.80	0.68	0.78
MET	0.51	0.42	0.50
PHE	0.78	0.64	0.74
ILE	0.72	0.60	0.70
LEU	1.34	1.10	1.30
LYS	1.62	1.15	1.68
∑DAA	6.26	5.29	6.07
∑EAA	6.55	5.27	6.46
∑TAA	15.87	13.13	15.52

注: 1.以上表中数据均为平均值。2.∑DAA:呈味氨基酸总量,3.∑EAA:必需氨基酸总量,4.∑TAA:氨基酸总量。5.色氨酸在酸水解中被破坏,故未测

Notes: 1. mean value. 2. ∑DAA: total delicious amino acids. 3. ∑EAA: total essential amino acids. 4. ∑TAA: total amino acids. 5. tryptophan is destroyed in the acid hydrolysis, it is not detected

表3 种鱼肌肉营养成分

Tab. 3 Muscle nutritive component of six kinds of fish

	水分/(g/100 g) moisture	脂肪/(g/100 g) fat	蛋白质/(g/100 g) protein	灰分/(g/100 g) ash	碳水化合物/(g/100 g) carbohydrates	总能量值/(kJ/100 g) energy value
合方鲫(WR)	71.00	4.30	17.70	1.50	76.50	1739.87
草鱼( <i>C. idella</i> ) <sup>[17]</sup>	82.71 <sup>a</sup>	0.45 <sup>a</sup>	15.10 <sup>a</sup>	1.17	83.28 <sup>a</sup>	1664.82 <sup>a</sup>
镜鲤( <i>C. carpio</i> var. <i>specularis</i> ) <sup>[16]</sup>	78.24 <sup>a</sup>	6.09 <sup>a</sup>	13.11 <sup>a</sup>	1.11	79.69 <sup>a</sup>	1783.87 <sup>a</sup>
鲢( <i>H. molitrix</i> ) <sup>[17]</sup>	78.79 <sup>a</sup>	2.20 <sup>a</sup>	15.71 <sup>a</sup>	3.42 <sup>a</sup>	78.67 <sup>a</sup>	1663.76 <sup>a</sup>
鳊( <i>A. nobilis</i> ) <sup>[17]</sup>	80.18 <sup>a</sup>	0.74 <sup>a</sup>	16.95	2.08	80.23 <sup>a</sup>	1655.65 <sup>a</sup>
鳙( <i>S. chuatsi</i> ) <sup>[17]</sup>	79.03 <sup>a</sup>	1.50 <sup>a</sup>	16.75	2.67	79.08 <sup>a</sup>	1661.67 <sup>a</sup>

注: 1. 以上表中数据都为平均值。2. a代表与合方鲫有显著性差异( $P<0.05$ )

Notes: 1. mean value. 2. values in the same row with letter a for each species show significant differences with WR ( $P<0.05$ )

灰分含量( $P<0.05$ ); 在总能量值含量方面, 合方鲫显著高于草鱼、鲢、鳊和鳙( $P<0.05$ )的总能量值含量(表3)。因此, 合方鲫相对于其父母本及有关报道的鱼类具有更低的水分和碳水化合物含量以及更高的蛋白质和总能量值含量, 说明合方鲫是一种不同于其亲本及其他有关鱼类而具有自身特点的优质新型鱼类。合方鲫的这些特征将有益于其在生产中的应用, 同时也为营养学家和科研工作者改善鱼类营养价值提供了全新的材料。

蛋白质是机体内的第一营养要素, 它在食物营养中发挥着重要的作用, 但它在人体内并不能直接被利用, 而是通过分解成氨基酸小分子后被利用的<sup>[18]</sup>。蛋白质的营养价值高低取决于其氨基酸组成及含量, 含有人体所需氨基酸种类多、含量高的蛋白质, 其营养价值相对较高<sup>[19]</sup>, 而必需氨基酸的组成及含量决定着蛋白质的营养价值<sup>[20-21]</sup>。本研究中, 合方鲫的必需氨基酸总含量为6.55%, 高于红鲫的必需氨基酸总含量(6.46%), 且显著高于日本白鲫的必需氨基酸总含量(5.27%)( $P<0.05$ )。动物蛋白质的鲜美可口与否在一定程度上取决于其鲜味氨基酸的组成与含量<sup>[22]</sup>。天冬氨酸(ASP)、谷氨酸(GLU)、甘氨酸(GLY)和丙氨酸(ALA)为4种呈味氨基酸, 其中天冬氨酸(ASP)和谷氨酸(GLU)是呈鲜味的特征性氨基酸, 甘氨酸(GLY)和丙氨酸(ALA)是呈甘味的特征性氨基酸<sup>[22]</sup>。合方鲫的4种呈味氨基酸总含量高达6.26%, 高于红鲫的呈味氨基酸总含量(6.07%), 且显著高于日本白鲫的呈味氨基酸总含量(5.29%)( $P<0.05$ )。另外, 谷氨酸(GLU)是脑组织生化代谢过程中的重要氨基酸, 它参与多

种生理活性物质的合成<sup>[23]</sup>。合方鲫肌肉中谷氨酸的含量在所测氨基酸中含量排名第一(2.53%), 同时也高于日本白鲫(2.09%)和红鲫(2.46%)的谷氨酸含量。

以上研究结果表明, 合方鲫在营养价值方面和呈味方面都具有明显的优势, 是一种值得推广的经济鱼类。

### 3.2 杂交是改良鱼类肉质的一种有效途径

鱼类是一种价格低但营养价值高的动物蛋白来源, 可以作为满足人体对蛋白质需求的重要来源, 因此它具有显著的经济优势<sup>[24]</sup>。高蛋白、低水分的优质淡水鱼新品种是现代鱼类育种的目标。杂交是一种有效的遗传改良方法, 杂交可以使不同物种的基因组组合在一起, 导致杂交后代的基因型和表现型都发生改变<sup>[25]</sup>。日本白鲫与红鲫作为常见的淡水鱼均具有各自的特点, 日本白鲫虽然生长速度快, 但是肉质欠佳(如水分含量较高); 红鲫虽然肉质甜而鲜嫩, 但是生长速度比不上日本白鲫, 而且红鲫的红体色在消费方面受到限制。在合方鲫的杂交组合中我们希望通过杂交手段获得营养成分得到提高的后代。通过研究发现在遗传组成方面, 合方鲫将双亲的基因重新组合, 在基因结构方面, 合方鲫发生了明显的变化, 其基因型的变化, 导致其表现型发生改变, 以致形成了生长速度快、抗逆性强、肉质好等方面的优势特征。本研究中, 合方鲫继承了父本红鲫的蛋白质含量高、水分值含量低、呈味氨基酸总含量高等优势特征, 体现出了杂交优势的生物学特性。

综上所述, 合方鲫作为一种新型淡水养殖

鱼类,不仅丰富了淡水养殖品种,而且对鱼类遗传育种和鱼类营养价值的研究具有重要意义。

#### 参考文献:

- [1] Jabeen F, Chaudhry A S. Chemical compositions and fatty acid profiles of three freshwater fish species[J]. Food Chemistry, 2011, 125(3): 991-996.
- [2] 易美华. 食品营养与健康[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000: 125-126.  
Yi M H. Food Nutrition and Health[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2000: 125-126(in Chinese).
- [3] Bartley D M, Rana K, Immink A J. The use of interspecific hybrids in aquaculture and fisheries[J]. Reviews in Fish Biology & Fisheries, 2000, 10(3): 325-337.
- [4] Liu S J, Qin Q B, Xiao J, *et al.* The formation of the polyploid hybrids from different subfamily fish crossings and its evolutionary significance[J]. Genetics, 2007, 176(2): 1023-1034.
- [5] Zhang Z H, Chen J, Li L, *et al.* Research advances in animal distant hybridization[J]. Science China Life Sciences, 2014, 57(9): 889-902.
- [6] 刘少军. 远缘杂交导致不同倍性鱼的形成[J]. 中国科学:生命科学, 2010, 53(4): 416-425.  
Liu S J. Distant hybridization leads to different ploidy fishes[J]. Science China Life Sciences, 2010, 53(4): 416-425(in Chinese).
- [7] Liu S J, Liu Y, Zhou G, *et al.* The formation of tetraploid stocks of red crucian carp×common carp hybrids as an effect of interspecific hybridization[J]. Aquaculture, 2001, 192(2-4): 171-186.
- [8] Qin Q B, Wang Y, Wang J, *et al.* The autotetraploid fish derived from hybridization of *Carassius auratus red var.* (female)×*Megalobrama amblycephala* (male).[J]. Biology of Reproduction, 2014, 91(4): 93-93.
- [9] 肖军. 异源鲂鮈杂交品系的建立及其遗传特性研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2013.  
Xiao J. Establishment of hybrid strains between blunt snout bream and topmouth culter and their genetic characteristic research[D]. Changsha: Hunan Normal University, 2013(in Chinese).
- [10] Qin Q B, Wang J, Dai J, *et al.* Induced All-Female Autotriploidy in the Allotetraploids of *Carassius auratus red var.* (♀)×*Megalobrama amblycephala*(♂)[J]. Marine Biotechnology, 2015, 17(5): 604-612.
- [11] 刘飞, 张轩杰. 湘云鲫(鲤)肌肉生化成分和氨基酸组成分析[J]. 当代水产, 2000(7): 8-9.  
Liu F, Zhang X J. Muscle biochemical composition and amino acid composition analysis of Xiangyun triploid crucian carp and xiangyun triploid crucian carp[J]. Contemporary Fisheries, 2000(7): 8-9(in Chinese).
- [12] 梁向阳, 刘少军, 王静, 等. 湘云鲫2号肌肉营养成分和氨基酸组成分析[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2011, 34(1): 71-74.  
Liang X Y, Liu S J, Wang J, *et al.* Nutritional component and amino acid composition of muscle in an improved triploid crucian carp[J]. Journal of Natural Science of Hunan Normal University, 2011, 34(1): 71-74(in Chinese).
- [13] 向兵, 刘少军, 张纯, 等. 新型三倍体鲫鱼肌肉营养成分和氨基酸组成分析[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2006, 29(4): 85-88.  
Xiang B, Liu S J, Zhang C, *et al.* The analysis of nutritional component and amino acid composition of muscle in a new type of triploid crucian carp (*Carassius auratus*)[J]. Journal of Natural Science of Hunan Normal University, 2006, 29(4): 85-88(in Chinese).
- [14] 何周玲, 刘少军, 肖军, 等. 翘嘴鲮及其亲本肌肉营养成分分析[J]. 水产学报, 2014, 38(10): 1786-1792.  
He Z L, Liu S J, Xiao J, *et al.* Muscle nutrients of the backcross progeny of female diploid F<sub>1</sub> hybrid(blunt snout bream×topmouth culter)×male blunt snout bream and its parents[J]. Journal of Fisheries of China, 2014, 38(10): 1786-1792(in Chinese).
- [15] 王静, 肖军, 曾鸣, 等. 白鲫×红鲫杂交后代的遗传变异[J]. 中国科学:生命科学, 2015, 58(6): 1-12.  
Wang J, Xiao J, Zeng M, *et al.* Genomic variation in the hybrids of white crucian carp and red crucian carp: evidence from ribosomal DNA[J]. Science China Life Sciences, 2015, 58(6): 1-12(in Chinese).
- [16] 仇潜如. 主要淡水鱼类种质研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991.  
Qiu Q R. Study on germplasm of freshwater fishes[M]. Beijing: China science and technology press, 1991 (in Chinese).
- [17] 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 Hydrobiologica Sinica, 1998, 22(4): 386-388(in Chinese).
- [18] 尹莉芳, 涂秋榕, 曹林, 等. 复方氨基胶囊及其制备方法: 103446157 A[P]. 2013.  
Yi L F, Tu Q R, Cao L, *et al.* Compound amino acid and vitamin capsules and its preparation method: 103446157 A[P]. 2013(in Chinese).
- [19] 高露姣, 黄艳青, 夏连军, 等. 不同养殖模式下红鳍东方鲀的品质比较[J]. 水产学报, 2011, 35(11): 1668-1676.  
Gao L J, Huang Y Q, Xia L J, *et al.* Comparison of flesh quality of farmed fugu, *Takifugu rubripes* from different culture models[J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(11): 1668-1676(in Chinese).
- [20] 邴旭文, 王进波. 池养南美蓝对虾与南美白对虾肌肉营养品质的比较[J]. 水生生物学报, 2006, 30(4): 453-458.  
Bing X W, Wang J B. A comparative study of nutritional quality in the muscle of *Penaeus stulirostris* and *Penaeus vannamei* in the cultured-pond[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2006, 30(4): 453-458(in Chinese).
- [21] 许星鸿, 刘翔, 阎斌伦, 等. 日本对虾肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 食品科学, 2011(13): 297-301.  
Xu X H, Liu X, Yan B L, *et al.* Nutritional component analysis and quality evaluation of *Penaeus japonicus*[J]. Food Science, 2011(13): 297-301(in Chinese).
- [22] 唐雪, 徐钢春, 徐跑, 等. 野生与养殖刀鲚肌肉营养成分的比较分析[J]. 动物营养学报, 2011, 23(3): 514-520.  
Tang X, Xu G C, Xu P, *et al.* A comparison of muscle nutrient composition between wild and cultured *Coilia nasus*[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2011, 23(3): 514-520(in Chinese).
- [23] 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(in Chinese).
- [24] Wasim M P. Issues, growth and instability of inland fish production in Sindh (Pakistan) Spatial-Temporal Analysis[J]. Pakistan Economic & Social Review, 2007, 45(2): 203-230.
- [25] 刘少军. 远缘杂交导致不同倍性鱼的形成[J]. 中国科学:生命科学, 2010, 53(4):416-425.  
Liu S J. Distant hybridization leads to different ploidy fishes[J]. Science China Life Sciences, 2010, 53(4):416-425(in Chinese).

## Muscle nutrient of *Carassius auratus cuvieri* (♀)× *Carassius auratus red var.* (♂) and its parents

LIU Qingfeng, WANG Jing, XIAO Jun, CHEN Xuan, QI Yanhua, LI Wuhui,  
TAO Min, ZHANG Chun, QIN Qinbo, LUO Kaikun, LIU Shaojun \*

(Key Laboratory of Developmental Biology of Freshwater Fish, Hunan Normal University,  
College of Life Sciences, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

**Abstract:** This paper conducted a cross of white crucian carp (*Carassius auratus cuvieri*) (♀)×red crucian carp(*Carassius auratus red var.*) (♂) (WR), and the nutritional composition and quality of muscles from WR and its parents were investigated and analyzed by biochemical analysis methods. The results show that the moisture content of WR (71.00%) was significantly lower than that of its parents (WCC:75.60%, RCC:75.50%), while the protein content of WR (17.70%) was higher than that of RCC (17.00%) and was much higher than that of WCC (14.80%). Fifteen kinds of amino acids were found in muscles from WR and its parents. Both total amino acids and total essential amino acids contents of WR (15.87% and 6.55%) were higher than those of RCC (15.52% and 6.46% respectively), and were significantly higher than those of WCC (13.13% and 5.27% respectively). In particular, the total flavor amino acids content of WR (6.26%) was higher than that of RCC (6.07%), and was much higher than that of WCC (5.29%). Taken together, the results provided evidences for proving the advantages of WR in nutritional value and taste, and provided the theoretical supports for its application in production.

**Key words:** WR; hybrid fish; muscle; nutrient composition; amino acid

**Corresponding author:** LIU Shaojun. E-mail: lsj@hunnu.edu.cn

**Funding projects:** National Natural Science Foundation of China (31430088 and 31210103918); Cooperative Xnnovation Center of Engineering and New Products for Developmental Biology (20134486); Science-Technology Foundation of Changsha, Hunan Province, China (K1205009-21)