

文章编号: 1674-5566(2026)01-0084-12

DOI: 10.12024/jsou.20250404844

## 野生、驯养和养殖黑斑原鲖肌肉营养成分分析与评价

武梦雨<sup>1,2</sup>, 黄建盛<sup>1</sup>, 何昊明<sup>1,2</sup>, 王壮壮<sup>2,3,4</sup>, 王万良<sup>2,3,4</sup>, 周建设<sup>2,3,4</sup>

(1. 广东海洋大学 水产学院, 广东 湛江 524000; 2. 西藏自治区农牧科学院水产科学研究所, 西藏 拉萨 850032; 3. 西藏土著鱼类繁育与利用技术工程研究中心, 西藏 拉萨 850032; 4. 西藏自治区渔业与种质资源利用重点实验室, 西藏 拉萨 850032)

**摘要:** 黑斑原鲖(*Glyptosternum maculatum*)是西藏重要的冷水性经济鱼类,为探究野生和养殖黑斑原鲖肌肉营养价值差异,以野生、驯养和养殖的黑斑原鲖为研究对象,对其肌肉的常规营养成分、氨基酸、脂肪酸进行了测定。结果显示,野生、驯养和养殖黑斑原鲖常规营养成分之间存在显著差异( $P<0.05$ );野生鱼的粗脂肪质量分数显著高于驯养鱼和养殖鱼( $P<0.05$ );驯养鱼的粗蛋白质质量分数显著高于野生鱼和养殖鱼( $P<0.05$ );养殖鱼的水分质量分数显著高于野生鱼和驯养鱼( $P<0.05$ )。野生、驯养和养殖的黑斑原鲖均检测出17种氨基酸,其中养殖鱼和驯养鱼在总氨基酸含量上存在显著差异( $P<0.05$ ),养殖鱼最高,驯养鱼最低,且野生鱼、驯养鱼和养殖鱼的总非必需氨基酸含量与总氨基酸含量差异一致。根据AAS和CS标准,野生、驯养和养殖黑斑原鲖第一限制性氨基酸均为蛋氨酸+胱氨酸,第二限制性氨基酸为缬氨酸。野生鱼饱和脂肪酸总量、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸含量均显著高于驯养鱼和养殖鱼( $P<0.05$ )。其中C12:0、C17:0、C18:3n6w为野生鱼特有脂肪酸,C22:1n9、C24:1n9、C22:2n6为养殖鱼特有脂肪酸,C15:0、C20:0为野生鱼和养殖鱼特有。野生鱼和养殖鱼DHA+EPA含量均显著高于驯养鱼( $P<0.05$ )。综上,野生和养殖黑斑原鲖肌肉营养品质高于驯养黑斑原鲖,这为黑斑原鲖肌肉品质的改善提供了基础数据。

**关键词:** 黑斑原鲖; 野生; 驯养; 养殖; 肌肉; 氨基酸; 脂肪酸

**中图分类号:** S 963 **文献标志码:** A

黑斑原鲖(*Glyptosternum maculatum*),又称拉鲏,藏语叫巴格里,隶属于鲑形目(Siluriformes)鲖科(Sisoridae)原鲖属(*Glyptosternum*)<sup>[1]</sup>,主要分布于印度的Indus River和我国雅鲁藏布江中、上游水系中<sup>[2-3]</sup>,是鲖科鱼类中分布海拔最高(4 200~2 800 m)的种类<sup>[4]</sup>。黑斑原鲖为高原冷水性鱼类,主要生活在水流湍急的石缝中或沙质的缓流河流中,生活区域水温常年低于15℃,对水温变化较为敏感<sup>[5]</sup>。近年来,由于过度捕捞、水利工程开发<sup>[6]</sup>以及外来鱼类入侵等原因,其数量急剧下降,野生资源枯竭<sup>[7]</sup>。周建设等<sup>[8]</sup>对黑斑原鲖人工繁殖技术进行了研究,发现黑斑原鲖怀卵量与其体质量间存在极显著正相关关系;丁诚志等<sup>[4]</sup>对黑斑原鲖进行了繁殖生物学研究,发现雄鱼初次性成熟年龄为

5龄,雌鱼初次性成熟年龄为7龄,绝对繁殖力与体长呈直线正相关;杨钰慧<sup>[9]</sup>对雅鲁藏布江7个地区的黑斑原鲖种群遗传多样性进行了研究,发现不同地理种群间遗传距离较为明显,种群内差异较小;方媛林等<sup>[10]</sup>研究了不同开口饵料和组合方式对黑斑原鲖仔鱼成活率和生长的影响,认为黑斑原鲖仔鱼开口饲料,选择使用摇蚊幼虫+螺旋藻或鳗鱼饲料+螺旋藻+摇蚊幼虫饲料会有较好的效果;曾荣俊等<sup>[11]</sup>对黑斑原鲖鱼苗和成鱼进行急性高温胁迫研究,发现急性高温胁迫下鱼苗的耐受能力强于成鱼,水温越高对黑斑原鲖鱼体的伤害越大,越容易在短时间内大量死亡。有关黑斑原鲖的研究已在多个学科领域取得了显著的科研成果,但关于黑斑原鲖肌肉营养价值评价方面的研究鲜有报道。

收稿日期: 2025-04-20 修回日期: 2025-07-20

基金项目: 黑斑原鲖全人工繁育技术研究(XZ202202ZY0002N)

作者简介: 武梦雨(1998—),女,硕士研究生,研究方向为鱼类健康养殖与遗传育种。E-mail:wmy1230222@163.com

通信作者: 周建设, E-mail: zjianshe@xtaas.cn

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

本研究通过对野生、驯养和养殖黑斑原鲌肌肉进行常规营养成分测定,氨基酸、脂肪酸组成测定及品质评价,分析了野生、驯养与养殖黑斑原鲌肌肉常规营养成分及肌肉品质差异,旨在探究黑斑原鲌的营养价值、在水产养殖业的发展前景,以期为后续黑斑原鲌的种质资源保护提供参考,相关研究结果将为西藏优质水产种质资源开发利用提供科学数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品鱼

本研究采样对象为野生、驯养和养殖的黑斑原鲌。野生鱼采集于2024年5月份雅鲁藏布江流域日喀则等地区经合法途径捕捞上来的黑斑原鲌,驯养鱼和养殖鱼采集于雅鲁藏布江繁育基地,驯养鱼随机选择驯养2~3年的黑斑原鲌,此时的驯养鱼已完全适应驯养环境,摄食正常。驯养新进个体摄食主动性较低,使用软管将剁碎的沙蚕等饵料灌入其胃中,每周1次,其间投喂活鱼,适用后每3~4天喂食1次,喂食量为体质量的3%~5%<sup>[12]</sup>。养殖鱼随机选择雅鲁藏布江流域渔业资源繁育基地人工繁殖子一代4龄黑斑原鲌,黑斑原鲌养殖和驯养采用微流水养殖模式,模拟其野外生境,在养殖槽内放入鹅卵石,水温平均为12~15℃、溶解氧平均为5.66 mg/L、pH平均为7.6,饲料为沙蚕和人工繁育子二代的拉萨裸裂尻鱼苗。本研究采集野生样本10尾、驯养样本10尾、养殖子一代四龄鱼10尾,共30个样本。

### 1.2 样品的采集

野生鱼、驯养鱼和养殖鱼随机选择健康、活力好的黑斑原鲌,使用浓度为250 mg/L的MS-222溶液(北京格林恒兴生物科技有限公司)进行麻醉,麻醉后采集3组试验鱼的肌肉样品。样品鱼麻醉后测量其全长、体长、体重,在冰上取其肌肉,后转入-20℃冰箱暂存。每组取3个混合样本,每个混合样品肌肉含量为50 g,用于测定肌肉营养成分。野生、驯养和养殖黑斑原鲌的基础数据,见表1。野生鱼平均体质量为(145.25±47.29)g,平均全长为(238.24±24.50)mm,平均体长为(212.06±22.34)mm;驯养鱼平均体质量为(65.77±11.21)g,平均全长为(191.50±14.17)mm,平均体长为(170.85±13.25)mm;养殖鱼平均体质量为(24.91±6.81)g,平均全长为(150.54±12.80)mm,平均体长为(136.44±12.07)mm。

## 1.3 营养成分测定方法

### 1.3.1 常规营养成分

营养成分的测定参照国家有关标准进行。肌肉中水分含量参考《GB 5009.3—2016 食品中水分的测定》规定的方法测定,利用食品中水分的物理性质,在101.3 kPa(1个大气压),温度101~105℃下采用挥发方法测定样品中干燥减失的重量,包括吸湿水、部分结晶水和该条件下能挥发的物质,再通过干燥前后的称量数值计算出水分的含量。肌肉中粗脂肪的含量参考《GB 5009.6—2016 食品中脂肪的测定》规定的方法测定,样品直接用无水乙醚或石油醚等溶剂抽提后,蒸发试剂除去溶剂,干燥,得到游离态脂肪的含量。肌肉中粗蛋白的含量参考《GB 5009.5—2016 食品中蛋白质的测定》规定的方法测定,样品中的蛋白质在催化加热条件下被分解,产生的氨与硫酸结合生成硫酸铵。碱化蒸馏使氨游离,用硼酸吸收后以硫酸或盐酸标准滴定溶液滴定,根据酸的消耗量计算氮含量,再乘以换算系数,即为蛋白质的含量。常规营养成分含量以鲜质量计。

### 1.3.2 氨基酸及脂肪酸含量

参照《GB5009.124—2016 食品中氨基酸的测定》测定肌肉中氨基酸的含量。肌肉中的蛋白质经盐酸水解成为游离氨基酸,经离子交换柱分离后,与茚三酮溶液产生颜色反应,再通过可见光分光光度计测定鱼体内17种氨基酸含量,其中包括6种必需氨基酸、8种非必需氨基酸和3种半必需氨基酸。参照《GB5009.168—2016 食品中脂肪酸的测定》测定脂肪酸含量,水解-提取法:加入内标物的试样经水解-乙醚溶液提取其中的脂肪后,在碱性条件下皂化和甲酯化,生成脂肪酸甲酯,经毛细管柱气相色谱分析,内标法定量测定脂肪酸甲酯含量。依据各种脂肪酸甲酯含量和转换系数计算出总脂肪、饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸等含量。

### 1.4 主要仪器

主要仪器:索氏提取器(典锐球形-250 mL)、恒温水浴锅(力辰邦西 HH-4)、万分之一分析天平(赛多利斯 BSA124S)、凯氏定氮仪(爱斯佩 SKD-200)、红外石英消化炉(上海沛欧 SKD-20S2)、电热鼓风干燥箱(博艾特 BAT240-LGF)、氨基酸分析仪(日立 L-8900)、气相色谱仪(安捷伦 7890型)、旋转蒸发器(予华 YRE2000E)。

表1 野生、驯养和养殖黑斑原鲖基础数据  
Tab. 1 Wild, domesticated and farmed *Glyptosternum maculatum* muscles basic data

| 组别<br>Group         | 样品名称<br>Sample name | 体质量<br>Body mass/g | 全长<br>Entire length/mm | 体长<br>Body length/mm |
|---------------------|---------------------|--------------------|------------------------|----------------------|
| 野生组<br>Wild         | A1                  | 107.00             | 227.59                 | 203.60               |
|                     | A2                  | 240.16             | 279.16                 | 245.78               |
|                     | A3                  | 123.04             | 226.54                 | 201.76               |
|                     | A4                  | 133.05             | 235.06                 | 210.26               |
|                     | A5                  | 199.51             | 256.93                 | 226.62               |
|                     | A6                  | 159.91             | 253.29                 | 226.85               |
|                     | A7                  | 111.41             | 225.87                 | 202.72               |
|                     | A8                  | 77.05              | 187.88                 | 163.05               |
|                     | A9                  | 149.65             | 237.70                 | 211.91               |
|                     | A10                 | 151.76             | 252.39                 | 228.03               |
| 驯养组<br>Domesticated | B1                  | 70.60              | 193.35                 | 171.43               |
|                     | B2                  | 74.45              | 198.59                 | 177.85               |
|                     | B3                  | 74.25              | 203.24                 | 181.37               |
|                     | B4                  | 83.85              | 210.47                 | 187.58               |
|                     | B5                  | 49.00              | 175.84                 | 157.98               |
|                     | B6                  | 58.03              | 192.32                 | 176.16               |
|                     | B7                  | 54.85              | 172.11                 | 153.90               |
|                     | B8                  | 65.08              | 193.42                 | 172.94               |
|                     | B9                  | 54.73              | 170.46                 | 147.66               |
|                     | B10                 | 72.88              | 205.18                 | 181.62               |
| 养殖组<br>Farmed       | C1                  | 26.23              | 153.79                 | 138.28               |
|                     | C2                  | 20.17              | 149.78                 | 133.53               |
|                     | C3                  | 31.56              | 151.95                 | 138.21               |
|                     | C4                  | 16.22              | 134.30                 | 119.91               |
|                     | C5                  | 29.76              | 165.89                 | 147.09               |
|                     | C6                  | 32.89              | 160.67                 | 150.33               |
|                     | C7                  | 30.32              | 161.73                 | 149.29               |
|                     | C8                  | 28.86              | 161.26                 | 145.51               |
|                     | C9                  | 16.56              | 134.51                 | 121.19               |
|                     | C10                 | 16.48              | 131.48                 | 121.06               |

### 1.5 营养价值评价方法

根据世界粮农组织/世界卫生组织<sup>[13]</sup>建议的氨基酸评分标准模式(% ,干质量)和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式<sup>[14]</sup>(% ,干质量),分别比较氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)<sup>[15]</sup>,计算公式如下:

$$AAS = \frac{aa}{AA(FAO/WHO)} \quad (1)$$

$$CS = \frac{aa}{AA(Egg)} \quad (2)$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100a}{ae} \times \frac{100b}{be} \times \frac{100c}{ce} \times \dots \times \frac{100j}{je}} \quad (3)$$

式中:aa为待测蛋白质中氨基酸含量,mg/g;AA

(FAO/WHO)为联合国粮农组织/世界卫生组织评分模式中同种氨基酸含量,mg/g;AA(Egg)为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量,mg/g;n为比较的氨基酸个数;a、b、c……j为鱼肉蛋白质的必需氨基酸含量,mg/g;ae、be、ce……je为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量,mg/g。

### 1.6 数据统计与分析

肌肉样品采用Microsoft Excel 2019 进行数据整理,结果以“平均值±标准差”表示;使用SPSS 18.0 软件进行统计分析,采用单因素方差分析(One-way ANOVA)检验的Duncan's 对数据进行处理, $P < 0.05$ 表示存在显著差异, $P \geq 0.05$ 表示差异不显著。

## 2 结果

### 2.1 常规营养成分分析

养殖组与野生组和驯化组水分质量分数存在显著差异( $P<0.05$ ),但野生组和驯养组水分质量分数无显著差异( $P\geq 0.05$ )。驯养组粗蛋白质量分数与另外两组存在显著差异( $P<0.05$ ),野生组与养殖组粗蛋白质量分数无显著差异( $P\geq 0.05$ )。3组肌肉粗脂肪质量分数均存在显著差异( $P<0.05$ ),野生组粗脂肪质量分数显著高于另外2组,且野生组肌肉粗脂肪质量分数极显著高于驯养组( $P<0.01$ ),见表2。

表2 野生、驯养和养殖黑斑原鲖肌肉常规营养成分质量分数

Tab. 2 Mass fraction of conventional nutrients in wild, domesticated and farmed *Glyptosternum maculatum* muscles %

| 营养成分<br>Nutrition component | 野生组<br>Wild             | 驯养组<br>Domesticated     | 养殖组<br>Farmed           |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 水分 Moisture                 | 79.31±0.28 <sup>a</sup> | 78.85±0.83 <sup>a</sup> | 80.39±0.82 <sup>b</sup> |
| 粗蛋白 Crude protein           | 15.03±0.39 <sup>a</sup> | 16.59±0.65 <sup>b</sup> | 14.85±0.35 <sup>a</sup> |
| 粗脂肪 Crude fat               | 2.99±0.37 <sup>c</sup>  | 0.98±0.14 <sup>a</sup>  | 1.64±0.56 <sup>b</sup>  |

注:同行数据肩标不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

Notes: Values in the same row with different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ ).

### 2.2 氨基酸组成分析

由表3可知,从氨基酸种类来看,野生、驯养和养殖黑斑原鲖肌肉中均检测出17种氨基酸,其中包括6种必需氨基酸、8种非必需氨基酸和3种半必需氨基酸。驯养组和养殖组干重氨基酸总量存在显著差异( $P<0.05$ ),野生组与另外两组干重氨基酸总量差异不显著( $P\geq 0.05$ )。3组肌肉干重必需氨基酸含量不存在显著差异( $P\geq 0.05$ ),驯养组和养殖组干重非必需氨基酸含量存在显著差异( $P<0.05$ ),其中养殖组非必需氨基酸含量相较于另外两组更高。3组各氨基酸占比接近,谷氨酸(Glu)含量最高,其次为亮氨酸(Leu)、赖氨酸(Lys)、天冬氨酸(Asp),胱氨酸(Cys)含量最低。野生组、驯养组和养殖组肌肉的必需氨基酸与氨基酸总量的比值(EAA/TAA)分别为41.51%、40.43%和41.15%,非必需氨基酸与氨基酸总量的比值(NEAA/TAA)为51.20%、52.59%和51.00%。

### 2.3 氨基酸评分、化学评分和必需氨基酸指数

根据世界粮农组织(FAO)和世界卫生组织(WHO)共同制定氨基酸评价标准,计算得出野

生、驯养和养殖黑斑原鲖的氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI),见表4。野生、驯养和养殖黑斑原鲖氨基酸总量低于FAO/WHO建议的标准。根据AAS和CS可知,黑斑原鲖第一限制性氨基酸均为蛋氨酸+胱氨酸,第二限制性氨基酸为缬氨酸。野生组必需氨基酸指数为45.18%,驯养组必需氨基酸指数为38.99%,养殖组必需氨基酸指数为46.89%。

### 2.4 黑斑原鲖肌肉呈味氨基酸组成及分析

黑斑原鲖肌肉呈味氨基酸组成见表5。氨基酸中的苏氨酸、赖氨酸、谷氨酸、丙氨酸、甘氨酸、脯氨酸、丝氨酸呈甜味;缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、精氨酸、组氨酸呈苦味;天冬氨酸、谷氨酸、组氨酸呈酸味;天冬氨酸、谷氨酸呈鲜味。以鲜质量计,野生组甜味氨基酸总含量为5.33 g/100 g,苦味氨基酸总含量为3.68 g/100 g,酸味氨基酸总含量为3.67 g/100 g,鲜味氨基酸总含量为2.51 g/100 g;驯养组甜味氨基酸总含量为4.84 g/100 g,苦味氨基酸总含量为3.15 g/100 g,酸味氨基酸总含量为3.27 g/100 g,鲜味氨基酸总含量为2.28 g/100 g;养殖组甜味氨基酸总含量为5.29 g/100 g,苦味氨基酸总含量为3.72 g/100 g,酸味氨基酸总含量为3.63 g/100 g,鲜味氨基酸总含量为2.47 g/100 g。以干质量计,野生组甜味氨基酸总含量为25.74 g/100 g,苦味氨基酸总含量为17.79 g/100 g,酸味氨基酸总含量为17.74 g/100 g,鲜味氨基酸总含量为12.12 g/100 g;驯养组甜味氨基酸总含量为22.91 g/100 g,苦味氨基酸总含量为14.94 g/100 g,酸味氨基酸总含量为15.49 g/100 g,鲜味氨基酸总含量为10.82 g/100 g;养殖组甜味氨基酸总含量为27.02 g/100 g,苦味氨基酸总含量为18.99 g/100 g,酸味氨基酸总含量为18.53 g/100 g,鲜味氨基酸总含量为12.58 g/100 g。野生、驯养和养殖黑斑原鲖甜味氨基酸、苦味氨基酸、酸味氨基酸、鲜味氨基酸等质量之间无显著差异( $P\geq 0.05$ )。干质量中驯养和养殖组鲜味氨基酸总含量、酸味氨基酸总含量、鲜味氨基酸总含量存在显著差异( $P<0.05$ )。野生和养殖黑斑原鲖肌肉中,呈味氨基酸含量由高到低均为甜味氨基酸>苦味氨基酸>酸味氨基酸>鲜味氨基酸;驯养黑斑原鲖肌肉中,呈味氨基酸含量由高到低均为甜味氨基酸>酸味氨基酸>苦味氨基酸>鲜味氨基酸。

表 3 野生、驯养和养殖黑斑原鲖肌肉中氨基酸的含量  
Tab. 3 Amino acid mass fraction of wild, domesticated and cultured *Glyptosternum maculatum* muscle %

| 类别<br>Category | 氨基酸<br>Amino acid | 野生组 Wild          |                          | 驯养组 Domesticated  |                         | 养殖组 Farmed        |                         |
|----------------|-------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
|                |                   | 鲜质量<br>Fresh mass | 干质量<br>Dry mass          | 鲜质量<br>Fresh mass | 干质量<br>Dry mass         | 鲜质量<br>Fresh mass | 干质量<br>Dry mass         |
| EAA            | Thr               | 0.60±0.07         | 2.90±0.36                | 0.53±0.11         | 2.53±0.52               | 0.59±0.04         | 2.99±0.16               |
|                | Val               | 0.59±0.07         | 2.85±0.37 <sup>ab</sup>  | 0.52±0.10         | 2.46±0.51 <sup>a</sup>  | 0.58±0.04         | 2.96±0.17 <sup>b</sup>  |
|                | Ile               | 0.52±0.12         | 2.54±0.59                | 0.44±0.09         | 2.07±0.44               | 0.52±0.08         | 2.67±0.38               |
|                | Leu               | 1.16±0.21         | 5.62±1.06                | 0.98±0.29         | 4.67±1.40               | 1.17±0.11         | 5.95±0.48               |
|                | Phe               | 0.47±0.11         | 2.29±0.55                | 0.40±0.11         | 1.88±0.53               | 0.47±0.09         | 2.40±0.41               |
|                | Lys               | 1.03±0.10         | 5.00±0.50 <sup>ab</sup>  | 0.93±0.13         | 4.43±0.63 <sup>a</sup>  | 1.00±0.06         | 5.11±0.25 <sup>b</sup>  |
| SEAA           | His               | 0.18±0.03         | 0.85±0.14                | 0.15±0.03         | 0.72±0.16               | 0.17±0.02         | 0.86±0.08               |
|                | Arg               | 0.60±0.15         | 2.90±0.74 <sup>ab</sup>  | 0.51±0.13         | 2.41±0.63 <sup>a</sup>  | 0.66±0.13         | 3.37±0.58 <sup>b</sup>  |
| NEAA           | Cys               | 0.11±0.01         | 0.54±0.05 <sup>b</sup>   | 0.10±0.01         | 0.48±0.05 <sup>a</sup>  | 0.10±0.01         | 0.53±0.03 <sup>ab</sup> |
|                | Asp               | 1.08±0.10         | 5.24±0.50 <sup>ab</sup>  | 0.98±0.14         | 4.66±0.67 <sup>a</sup>  | 1.06±0.06         | 5.39±0.26 <sup>b</sup>  |
|                | Ser               | 0.53±0.06         | 2.56±0.31 <sup>ab</sup>  | 0.47±0.10         | 2.24±0.47 <sup>a</sup>  | 0.53±0.03         | 2.72±0.14 <sup>b</sup>  |
|                | Glu               | 1.42±0.14         | 6.88±0.67 <sup>ab</sup>  | 1.30±0.18         | 6.16±0.91 <sup>a</sup>  | 1.40±0.08         | 7.19±0.37 <sup>b</sup>  |
|                | Gly               | 0.56±0.05         | 2.72±0.24 <sup>ab</sup>  | 0.51±0.10         | 2.42±0.50 <sup>a</sup>  | 0.57±0.04         | 2.90±0.13 <sup>b</sup>  |
|                | Ala               | 0.76±0.11         | 3.70±0.54 <sup>ab</sup>  | 0.66±0.16         | 3.12±0.78 <sup>a</sup>  | 0.77±0.07         | 3.91±0.32 <sup>b</sup>  |
|                | Met               | 0.15±0.04         | 0.74±0.20                | 0.15±0.02         | 0.73±0.09               | 0.15±0.03         | 0.77±0.16               |
|                | Tyr               | 0.33±0.05         | 1.62±0.22 <sup>ab</sup>  | 0.29±0.05         | 1.39±0.25 <sup>a</sup>  | 0.33±0.03         | 1.69±0.12 <sup>b</sup>  |
|                | Pro               | 0.41±0.52         | 2.00±0.26                | 0.42±0.21         | 2.01±0.09               | 0.43±0.34         | 2.19±0.13               |
| EAA            |                   | 4.38±0.68         | 21.19±3.35               | 3.80±0.82         | 18.04±4.02              | 4.33±0.41         | 22.08±2.00              |
| NEAA           |                   | 5.38±0.60         | 25.99±2.94 <sup>ab</sup> | 4.90±0.77         | 23.20±3.81 <sup>a</sup> | 5.35±0.33         | 27.31±1.62 <sup>b</sup> |
| TAA            |                   | 10.53±1.44        | 50.94±7.12 <sup>ab</sup> | 9.36±1.74         | 44.37±8.60 <sup>a</sup> | 10.51±0.88        | 53.62±4.30 <sup>b</sup> |
| EAA/TAA        |                   | 41.51±0.98        |                          | 40.43±1.40        |                         | 41.15±0.46        |                         |
| NEAA/TAA       |                   | 51.20±1.56        |                          | 52.59±1.85        |                         | 51.00±1.20        |                         |
| EAA/NEAA       |                   | 81.18±4.26        |                          | 77.03±5.25        |                         | 80.74±2.79        |                         |

注: TAA. 总氨基酸; EAA. 必需氨基酸; NEAA. 非必需氨基酸; SEAA. 半必需氨基酸; Thr. 苏氨酸; Val. 缬氨酸; Ile. 异亮氨酸; Leu. 亮氨酸; Phe. 苯丙氨酸; Lys. 赖氨酸; His. 组氨酸; Arg. 精氨酸; Cys. 胱氨酸; Asp. 天冬氨酸; Ser. 丝氨酸; Glu. 谷氨酸; Gly. 甘氨酸; Ala. 丙氨酸; Met. 甲硫氨酸; Tyr. 酪氨酸; Pro. 脯氨酸。同行数据肩标不同字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

Notes: TAA. Total amino acids; EAA. Essential amino acids; NEAA. Non-essential amino acids; SEAA. Semi-essential amino acids; Thr. Threonine; Val. Val; Ile. isoleucine; Leu. Leucine; Phe. phenylalanine; Lys. lysine; His. Histidine; Arg. Arginine; Cys. Cys; Asp. Aspartic acid; Ser. serine; Glu. glutamic acid; Gly. glycine; Ala. alanine; Met. methionine; Tyr. tyrosine; Pro. proline. Values in the same row with different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ ).

## 2.5 脂肪酸组成分析

3 组肌肉中均检测出 23 种脂肪酸, 其中包括 8 种饱和脂肪酸、5 种单不饱和脂肪酸和 10 种多不饱和脂肪酸。统计分析发现, 3 组各脂肪酸含量存在显著差异 ( $P<0.05$ )。C12:0、C17:0、C18:3n6 为野生组特有脂肪酸, C22:1n9、C24:1n9、C22:2n6 为养殖组特有脂肪酸, C15:0、C20:0 为野生组和养殖组特有。野生组饱和脂肪酸 (SFA)、单不饱和脂肪酸 (MUFA) 含量与另外两组存在显著差异 ( $P<0.05$ ), 多不饱和脂肪酸含量 (PUFA) 与驯养组存在显著差异 ( $P<0.05$ ), 饱和

脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量均为野生组最高。野生组和养殖组 DHA+EPA 含量均显著高于驯养组 ( $P<0.05$ )。3 个群体中饱和脂肪酸主要为 C16:0 (棕榈酸), 单不饱和脂肪酸主要为 C18:1n9c (油酸), 多不饱和脂肪酸主要为 C22:6n3 (DHA)、C20:5n3 (EPA)。3 组肌肉中 C20:4n6 (花生四烯酸) 的含量存在显著差异 ( $P<0.05$ ), 野生组最高, 养殖组次之, 驯养组最低。3 组黑斑原鲖肌肉饱和脂肪酸含量分别占脂肪酸总量的 38.82%、46.98%、39.43%, 不饱和脂肪酸含量分别占脂肪酸总量的 61.18%、60.57%、53.02%, 见表 7。

表4 野生、驯养和养殖黑斑原鲖肌肉氨基酸营养价值评价  
 Tab. 4 Evaluation of amino acid nutritional value of wild, domesticated and cultured *Glyptosternum maculatum* muscle

| 必需氨基酸<br>种类EAA | FAO/WHO评<br>分模式<br>FAO/WHO<br>scoring pattern | 全鸡蛋<br>蛋白评<br>分模式<br>Egg<br>protein | 野生组 Wild                |                         | 驯养组 Domesticated        |                        | 养殖组 Farmed             |                        |
|----------------|---|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                |   |                                     | AAS氨基酸<br>评分<br>(干质量)   | CS化学评分<br>(干质量)         | AAS氨基酸<br>评分<br>(干质量)   | CS化学评分<br>(干质量)        | AAS氨基酸<br>评分<br>(干质量)  | CS化学评分<br>(干质量)        |
|                |   |                                     | g/100 g                 |                         | g/100 g                 |                        | g/100 g                |                        |
| Thr            | 4.00  | 4.98                                | 0.72±0.09               | 0.58±0.07               | 0.63±0.13               | 0.51±0.10              | 0.75±0.05              | 0.60±0.04              |
| Val            | 5.00  | 7.42                                | 0.57±0.07 <sup>ab</sup> | 0.38±0.05 <sup>ab</sup> | 0.49±0.10 <sup>a</sup>  | 0.33±0.07 <sup>a</sup> | 0.59±0.04 <sup>b</sup> | 0.40±0.02 <sup>b</sup> |
| Ile            | 4.00  | 6.60                                | 0.63±0.15               | 0.38±0.09               | 0.52±0.11               | 0.31±0.07              | 0.67±0.10              | 0.40±0.06              |
| Leu            | 7.00  | 8.80                                | 0.80±0.15               | 0.64±0.12               | 0.677±0.20              | 0.53±0.16              | 0.85±0.08              | 0.68±0.06              |
| Lys            | 5.50  | 6.40                                | 0.91±0.09 <sup>ab</sup> | 0.78±0.08 <sup>ab</sup> | 0.811±0.11 <sup>a</sup> | 0.69±0.10 <sup>a</sup> | 0.93±0.05 <sup>b</sup> | 0.80±0.04 <sup>b</sup> |
| Met+Cys        | 3.50  | 5.48                                | 0.37±0.07               | 0.23±0.05               | 0.34±0.04               | 0.22±0.03              | 0.37±0.06              | 0.24±0.04              |
| Phe+Tyr        | 6.00  | 10.08                               | 0.65±0.13               | 0.39±0.08               | 0.54±0.13               | 0.32±0.08              | 0.68±0.10              | 0.41±0.06              |
| EAA            | 36.00   | 51.46                               | 21.19±3.35              |                         | 18.04±4.02              |                        | 22.08±2.00             |                        |
| EAAI           |   |                                     | 45.18±7.29              |                         | 38.99±7.98              |                        | 46.89±4.03             |                        |

注:AAS.氨基酸评分;CS.化学评分;EAAI.必需氨基酸指数。同行数据肩标不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

Notes: AAS.amino acid score; CS.chemical score; EAAI.essential amino acid index.Values in the same row with different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ ).

表5 黑斑原鲖肌肉呈味氨基酸组成  
 Tab. 5 *Glyptosternum maculatum* muscle flavoring amino acid composition

| 类别<br>Category      | 氨基酸<br>Amino acid | 甜味氨基酸<br>Sweet amino acids | 苦味氨基酸<br>Bitter amino acid | 酸味氨基酸<br>Sour amino acid | 鲜味氨基酸<br>Umami amino acids |
|---------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
|                     | Thr*              | +                          |                            |                          |                            |
|                     | Val*              |                            | +                          |                          |                            |
|                     | Ile*              |                            | +                          |                          |                            |
|                     | Leu*              |                            | +                          |                          |                            |
|                     | Lys*              | +                          |                            |                          |                            |
|                     | Met*              |                            | +                          |                          |                            |
|                     | Phe*              |                            | +                          |                          |                            |
|                     | Asp               |                            |                            | +                        | +                          |
|                     | Glu               | +                          |                            | +                        | +                          |
|                     | Ala               | +                          |                            |                          |                            |
|                     | Gly               | +                          |                            |                          |                            |
|                     | Pro               | +                          |                            |                          |                            |
|                     | Ser               | +                          |                            |                          |                            |
|                     | Arg**             |                            | +                          |                          |                            |
|                     | His**             |                            | +                          | +                        |                            |
| 野生组<br>Wild         | 总含量(鲜)            | 5.33±0.57                  | 3.68±0.72                  | 3.67±0.44                | 2.51±0.24                  |
|                     | 总含量(干)            | 25.74±2.84                 | 17.79±3.56                 | 17.74±2.19               | 12.12±1.17                 |
| 驯养组<br>Domesticated | 总含量(鲜)            | 4.84±0.78                  | 3.15±0.76                  | 3.27±0.60                | 2.28±0.32                  |
|                     | 总含量(干)            | 22.91±3.88                 | 14.94±3.74                 | 15.49±2.98               | 10.82±1.59                 |
| 养殖组<br>Farmed       | 总含量(鲜)            | 5.29±0.35                  | 3.72±0.46                  | 3.63±0.25                | 2.47±0.14                  |
|                     | 总含量(干)            | 27.02±1.61                 | 18.99±2.31                 | 18.53±1.20               | 12.58±0.69                 |

注:\*表示必需氨基酸;\*\*表示半必需氨基酸;+表示含有。同行数据肩标不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

Notes: \* indicates essential amino acids; \*\* represents semi-essential amino acids; + indicates presence.Values in the same row with different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ ).

表 6 黑斑原鲖肌肉干质量呈味氨基酸显著性差异(干质量)

Tab. 6 Significant differences of taste amino acids in dry muscle mass of *Glyptosternum maculatum* (dry mass)

| 类别 Category              | 野生组 Wild                 | 驯养组 Domesticated        | 养殖组 Farmed              |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 甜味氨基酸 Sweet amino acids  | 25.74±2.84 <sup>ab</sup> | 22.91±3.88 <sup>a</sup> | 27.02±1.61 <sup>b</sup> |
| 苦味氨基酸 Bitter amino acids | 17.79±3.56               | 14.94±3.74              | 18.99±2.31              |
| 酸味氨基酸 Sour amino acids   | 17.74±2.19 <sup>ab</sup> | 15.49±2.98 <sup>a</sup> | 18.53±1.20 <sup>b</sup> |
| 鲜味氨基酸 Umami amino acids  | 12.12±1.17 <sup>ab</sup> | 10.82±1.59 <sup>a</sup> | 12.58±0.69 <sup>b</sup> |

注:同行数据肩标不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

Notes: Values in the same row with different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ ).

表 7 野生、驯养和养殖黑斑原鲖肌肉中脂肪质量分数

Tab. 7 Fat mass fraction in the muscles of wild, domesticated and farmed *Glyptosternum maculatum*

| 类别 Category             | 脂肪酸种类 Types of fatty acids | 野生组 Wild                  | 驯养组 Domesticated         | 养殖组 Farmed                |
|-------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 饱和脂肪酸 SFA               | C11:0                      | 0.196±0.002 <sup>b</sup>  | 0.198±0.008 <sup>b</sup> | 0.184±0.007 <sup>a</sup>  |
|                         | C12:0                      | 0.013±0.002 <sup>b</sup>  | 0 <sup>a</sup>           | 0 <sup>a</sup>            |
|                         | C14:0                      | 0.140±0.010 <sup>c</sup>  | 0.037±0.009 <sup>a</sup> | 0.062±0.024 <sup>b</sup>  |
|                         | C15:0                      | 0.005±0.001 <sup>c</sup>  | 0 <sup>a</sup>           | 0.003±0.001 <sup>b</sup>  |
|                         | C16:0                      | 0.435±0.041 <sup>b</sup>  | 0.199±0.029 <sup>a</sup> | 0.268±0.078 <sup>a</sup>  |
|                         | C17:0                      | 0.005±0.001 <sup>b</sup>  | 0 <sup>a</sup>           | 0 <sup>a</sup>            |
|                         | C18:0                      | 0.154±0.015 <sup>b</sup>  | 0.096±0.011 <sup>a</sup> | 0.099±0.016 <sup>a</sup>  |
|                         | C20:0                      | 0.008±0.002 <sup>c</sup>  | 0 <sup>a</sup>           | 0.005±0.001 <sup>b</sup>  |
| 单不饱和脂肪酸 MUFA            | C16:1n7                    | 0.366±0.015 <sup>c</sup>  | 0.066±0.013 <sup>a</sup> | 0.106±0.048 <sup>b</sup>  |
|                         | C18:1n9c                   | 0.567±0.091 <sup>c</sup>  | 0.230±0.035 <sup>a</sup> | 0.407±0.176 <sup>b</sup>  |
|                         | C20:1                      | 0.027±0.006 <sup>b</sup>  | 0.012±0.002 <sup>a</sup> | 0.039±0.017 <sup>b</sup>  |
|                         | C22:1n9                    | 0 <sup>a</sup>            | 0 <sup>a</sup>           | 0.004±0.001 <sup>b</sup>  |
|                         | C24:1n9                    | 0 <sup>a</sup>            | 0 <sup>a</sup>           | 0.005±0.001 <sup>b</sup>  |
| 多不饱和脂肪酸 PUFA            | C18:2n6c                   | 0.091±0.015 <sup>ab</sup> | 0.058±0.010 <sup>a</sup> | 0.117±0.053 <sup>b</sup>  |
|                         | C18:3n6                    | 0.006±0.001 <sup>b</sup>  | 0 <sup>a</sup>           | 0 <sup>a</sup>            |
|                         | C18:3n3                    | 0.070±0.011 <sup>b</sup>  | 0.006±0.001 <sup>a</sup> | 0.008±0.004 <sup>a</sup>  |
|                         | C20:2                      | 0.015±0.001 <sup>b</sup>  | 0.009±0.002 <sup>a</sup> | 0.017±0.007 <sup>b</sup>  |
|                         | C20:3n6                    | 0.008±0.001 <sup>b</sup>  | 0.005±0.001 <sup>a</sup> | 0.007±0.002 <sup>ab</sup> |
|                         | C20:3n3                    | 0.014±0.002 <sup>b</sup>  | 0.003±0.001 <sup>a</sup> | 0.005±0.001 <sup>a</sup>  |
|                         | C20:4n6                    | 0.023±0.001 <sup>c</sup>  | 0.018±0.002 <sup>a</sup> | 0.021±0.002 <sup>b</sup>  |
|                         | C22:2n6                    | 0 <sup>a</sup>            | 0 <sup>a</sup>           | 0.002±0.001 <sup>b</sup>  |
|                         | C20:5n3                    | 0.142±0.010 <sup>b</sup>  | 0.029±0.002 <sup>a</sup> | 0.029±0.002 <sup>a</sup>  |
|                         | C22:6n3                    | 0.178±0.018 <sup>a</sup>  | 0.166±0.021 <sup>a</sup> | 0.252±0.053 <sup>b</sup>  |
|                         | DHA+EPA                    | 0.320±0.012 <sup>b</sup>  | 0.195±0.023 <sup>a</sup> | 0.281±0.060 <sup>b</sup>  |
|                         | SFA                        | 0.955±0.066 <sup>b</sup>  | 0.530±0.051 <sup>a</sup> | 0.621±0.139 <sup>a</sup>  |
|                         | MUFA                       | 0.961±0.109 <sup>c</sup>  | 0.307±0.050 <sup>a</sup> | 0.561±0.266 <sup>b</sup>  |
|                         | PUFA                       | 0.547±0.037 <sup>b</sup>  | 0.295±0.038 <sup>a</sup> | 0.458±0.135 <sup>b</sup>  |
| 脂肪酸总量 Total fatty acids | 2.464±0.210 <sup>c</sup>   | 1.132±0.139 <sup>a</sup>  | 1.640±0.493 <sup>b</sup> |                           |

注:同行数据肩标不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

Notes: Values in the same row with different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ ).

### 3 讨论

#### 3.1 常规营养成分组成差异

鱼类肌肉作为人类重要的蛋白来源,其常规

营养成分包括水分、粗蛋白、脂肪和灰分,其中粗蛋白、脂肪和灰分的含量在一定程度上体现了鱼肉的营养价值<sup>[16]</sup>。冷水性鱼类肉质细嫩,肉味鲜美,是我国淡水鱼种的重要组成部分<sup>[17]</sup>。研究表

明,鱼类因生存环境、食物来源的不同,其肌肉的常规营养成分、脂肪酸和氨基酸种类组成与含量、矿物质组成和含量存在差异<sup>[18]</sup>。

本研究中,养殖组与另外两组水分质量分数存在显著差异,而野生组和驯养组水分质量分数无显著差异,总体上呈现养殖组>野生组>驯养组,此结果与细鳞裂腹鱼(*Schizothorax chongi*)<sup>[19]</sup>和硬刺松潘裸鲤(*Gymnocypris potanini firmispinatus*)<sup>[20]</sup>的研究结果类似。驯养组粗蛋白质量分数与另外两组存在显著差异,野生组和养殖组粗蛋白质量分数无显著差异。这与斑尾刺虾虎鱼(*Acanthogobius ommaturus*)<sup>[21]</sup>的研究结果相似,与异齿裂腹鱼(*Schizothorax oconnori*)<sup>[22]</sup>、硬刺松潘裸鲤<sup>[23]</sup>、大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)<sup>[24]</sup>的研究结果存在一定差异,出现差异的原因可能与食物来源有关。驯养组较野生组食物来源、生长环境更稳定,有利于蛋白质在鱼体内的积累,此外,驯化过程中进行饱和投喂,保障了营养的充分供给,肌肉中粗蛋白质量分数更高。相较于养殖鱼,驯养鱼因食物来源的改变,肠道内消化酶活性发生变化,使得养殖组与驯养鱼粗蛋白及粗脂肪含量存在一定差异。3组肌肉粗脂肪质量分数均存在显著差异,野生组粗脂肪质量分数相较于另外两组更高,且野生组肌肉粗脂肪质量分数约为驯养组的3倍,这与斑尾刺虾虎鱼<sup>[21]</sup>、黄斑蓝子鱼(*Siganus canaliculatus*)<sup>[25]</sup>、鲮(*Liza haematocheila*)<sup>[26]</sup>的研究结果相反。可能是因为野生组饲料来源更为广泛,更符合黑斑原鲌肌肉脂肪合成的基础营养需要。养殖组人工投喂饲料虽模拟野外食物,但饲料来源较单一,导致野生组粗脂肪含量高于养殖组。驯养组虽和养殖组饲料来源一致,但人工驯养需要一个漫长的适应过程,这可能是导致驯养鱼和养殖鱼脂肪含量存在差异的原因之一。

### 3.2 氨基酸组成差异及必需氨基酸评价

鱼类氨基酸组成是其蛋白质营养的重要组成部分,对鱼类的生长、发育和健康具有重要影响。不同养殖环境下,可以显著影响水产品中氨基酸组成,进而影响其营养价值和风味。根据FAO和WHO提出的理想蛋白质氨基酸构成比例<sup>[27]</sup>,3组黑斑原鲌EAA/TAA均高于40%,EAA/NEAA均高于60%,表明黑斑原鲌肌肉的必需氨基酸组成符合上述指标的要求,属于优质蛋白

源。试验结果显示,驯养组和养殖组肌肉中的缬氨酸、赖氨酸、精氨酸、天冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、酪氨酸等含量存在显著差异,野生组和驯养组肌肉中的胱氨酸含量存在显著差异。不同养殖模式和饲料营养条件下,某些特定氨基酸含量会存在一定差异,如在稻田养殖模式下,大鳞副泥鳅(*Paramisguruns dabryanu*)肌肉中必需氨基酸百分比略高于池塘养殖模式,肌肉中缬氨酸和酪氨酸含量高于池塘养殖模式<sup>[28]</sup>。大口黑鲈(*Micropterus salmoides* L.)饲料中添加褐藻提取物使其肌肉中Met+Cys的含量提高,添加褐藻提取物能够在一定程度上改善大口黑鲈肌肉氨基酸组成和肌肉营养价值<sup>[29]</sup>。本研究中,养殖组氨基酸总量、必需氨基酸和非必需氨基酸含量高于野生组和驯养组,这与硬刺松潘裸鲤<sup>[23]</sup>、中华鲟(*Acipense rsinensis*)<sup>[30]</sup>的研究结果相反,与哈氏仿对虾(*Parapenaeopsis hardwickii*)<sup>[31]</sup>、乌鳢(*Channa argus*)<sup>[32]</sup>研究结果相似,这种差异可能与食物的改变有关<sup>[32-33]</sup>,养殖鱼类经过人工选择,已经能够适应人工饲料的营养成分,其肌肉营养成分和品质可能会发生变化,导致氨基酸含量高于驯养组和野生组氨基酸含量。养殖组必需氨基酸指数大于野生组和驯养组,此结果与硬刺松潘裸鲤结果类似,说明养殖环境下黑斑原鲌体内必需氨基酸比例更加均衡。驯养组必需氨基酸指数最低,说明驯养环境下黑斑原鲌受环境因素等影响,体内必需氨基酸比例相较于另外两组较不平衡。根据AAS和CS可知,黑斑原鲌第一限制性氨基酸均为蛋氨酸+胱氨酸,第二限制性氨基酸为缬氨酸。这与周建设<sup>[15]</sup>等的研究结果存在一定差异,可能与采样地点及食物来源不同有关。

### 3.3 呈味氨基酸分析

食品中氨基酸的种类和含量是衡量其营养质量和感官呈味的一项重要指标<sup>[34]</sup>。鱼体肌肉中的呈味氨基酸主要包括谷氨酸、甘氨酸、天冬氨酸和丙氨酸等。呈味氨基酸对鱼肉鲜味起着决定性的作用<sup>[35]</sup>。本研究野生黑斑原鲌肌肉中,呈味氨基酸总含量由高到低为甜味氨基酸>苦味氨基酸>酸味氨基酸>鲜味氨基酸,这与周建设等<sup>[15]</sup>的研究结果一致。不同养殖环境下,黑斑原鲌肌肉呈味氨基酸含量发生了改变,具体表现为驯养和养殖黑斑原鲌肌肉中,甜味氨基酸、酸味



氨基酸、鲜味氨基酸总含量均存在显著差异。饲料的营养平衡可能在很大程度上决定养殖鱼类的品质<sup>[36]</sup>。驯养过程中,鱼体适应环境和饮食结构的变化需要一个过程,饲料的改变影响了鱼体肠道的吸收能力,表现为呈味氨基酸中甜味氨基酸、酸味氨基酸和鲜味氨基酸含量的改变。此外,野生、驯养和养殖黑斑原鲢肌肉中的多不饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸含量存在显著差异,鱼体肌肉中的脂肪酸组成差异也会影响呈味氨基酸的含量和风味<sup>[37]</sup>。

### 3.4 脂肪酸组成差异

鱼类脂肪酸也是鱼类重要的营养成分之一,在鱼类生长、发育和繁殖中起着重要的作用。不同养殖环境下,鱼类脂肪酸的含量存在一定差异。养殖鱼类的脂肪酸含量可能受到饲料和环境因素的影响,而野生鱼类可能因为自然食物链中的多样性和营养均衡性而具有不同的脂肪酸组成。本试验结果显示,野生组 SFA、MUFA 的含量与另外两组存在显著差异,PUFA 含量与驯养组存在显著差异,饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量均为野生组最高,这与亚东鲑(*Salmo trutta*)<sup>[38]</sup>的研究结果类似,但与异齿裂腹鱼<sup>[32]</sup>的研究结果存在一定差异。3个群体中饱和脂肪酸主要为 C16:0(棕榈酸),单不饱和脂肪酸主要为 C18:1n9c(油酸),多不饱和脂肪酸主要为 C22:6n3(DHA)、C20:5n3(EPA)。研究发现,n-3 高度不饱和脂肪酸是海水鱼仔、稚鱼的必需脂肪酸,其中以 DHA 和 EPA 最为重要,淡水鱼类必需脂肪酸为亚油酸和亚麻酸,而海水鱼类必需脂肪酸为 C20:5 和 C22:6<sup>[39]</sup>。黑斑原鲢肌肉中富含多不饱和脂肪酸中的 EPA 和 DHA,这与之前对拉萨河鱼类的研究结果相似<sup>[40]</sup>。本试验中,野生组和养殖组 DHA+EPA 含量均显著高于驯养组。3组肌肉中 C20:4n6(花生四烯酸)的含量存在显著差异,野生组最高,养殖组次之,驯养组最低。这与之前对马口鱼(*Opsariichthys bidens*)的研究结果具有一定相似性<sup>[41]</sup>。γ-亚麻酸(C18:3n6)仅在野生组被测出;亚油酸(C18:2n6c)为养殖组>野生组>驯养组,且驯养组和养殖组存在显著差异。亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸为多不饱和脂肪酸,不能在体内合成,必须通过饮食摄入,上述差异可能与食物来源有关。本试验中,C12:0、C17:0、C18:3n6 仅在野生组中被检测到,C22:

1n9、C24:1n9、C22:2n6 仅在养殖组中被检测到,C15:0、C20:0 在野生组和养殖组中被检测到。这种差异可能与遗传与适应性、运动量和代谢、饲料组成等多种因素有关。

## 4 结论

本研究对野生、驯养和养殖黑斑原鲢肌肉常规营养成分、氨基酸组成、脂肪酸组成进行了测定和分析比较。野生、驯养和养殖黑斑原鲢肌肉均为优质蛋白源,3组黑斑原鲢肌肉品质存在显著差异,野生和养殖环境下黑斑原鲢肌肉营养价值高于驯养环境下黑斑原鲢。

作者声明本文无利益冲突。

### 参考文献:

- [1] 陈美群. 黑斑原鲢的生物学研究进展[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(3): 3.  
CHEN M Q. Research Progress of the Biology of *Glyptosternum maculatum* [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2016, 44(3): 3.
- [2] WALKER K F, YANG H Z. Fish and fisheries in western of China[J]. FAO Fish Tech, 1999, 385: 237-278.
- [3] 陈彦伶, 邓晓川, 李华, 等. 不同开口饵料对黑斑原鲢仔鱼成活率和生长的影响[J]. 水产养殖, 2020, 41(3): 14-18.  
CHEN Y L, DENG X C, LI H, et al. Effects of initial feeding on the growth and survival of *Glyptosternum Maculatum* larvae [J]. Journal of Aquaculture, 2020, 41(3): 14-18.
- [4] 丁城志, 陈毅峰, 何德奎, 等. 雅鲁藏布江黑斑原鲢繁殖生物学研究[J]. 水生生物学报, 2010, 34(4): 762-768.  
DING C Z, CHEN Y F, HE D K, et al. Reproductive biology of *Glyptosternum Maculatum* in Yarlung Tsangpo river in Tibet, CHINA [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2010, 34(4): 762-768.
- [5] 刘欣苑, 李勇, 刘晓锐, 等. 西藏黑斑原鲢人工繁殖技术简介[J]. 南方农业, 2023, 17(8): 188-190.  
LIU X Y, LI Y, LIU X Y, et al. Introduction to the artificial breeding technology of *Glyptosternum Maculatum* in Tibet [J]. South China Agriculture, 2023, 17(8): 188-190.
- [6] ZHENG Q Z, WANG Q M, LIU F, et al. Analysis of factors influencing the ecologically suitable areas for *Glyptosternum maculatum* in the Yarlung Zangbo River [J]. Ecological Indicators, 159: 111713.
- [7] 周建设, 王且鲁, 王万良, 等. 黑斑原鲢肌肉脂肪酸及无机盐组成特征分析[J]. 水产科学, 2020, 39(3): 414-

419.  
ZHOU J S, WANG Q L, WANG W L, et al. Compositions of fatty acids and minerals in muscle of blackspot sisord catfish *Glyptosternum maculatum* [J]. Fisheries Science, 2020, 39(3): 414-419.
- [8] 周建设, 李宝海, 潘瑛子, 等. 黑斑原鲌的人工繁殖技术研究[J]. 中国水产, 2015(10): 81-83.  
ZHOU J S, LI B H, PAN Y Z, et al. Research on the artificial breeding technology of *Glyptosternum maculatum* [J]. China Fisheries, 2015 (10): 81-83.
- [9] 杨钰慧. 黑斑原鲌种群遗传多样性的研究[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2019.  
YANG Q H. The genetic diversity of the *Glyptosternum maculatum* populations [D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2019.
- [10] 方媛林, 刘晓锐, 吴雷, 等. 黑斑原鲌仔鱼开口饵料的初步试验[J]. 黑龙江水产, 2024, 43(2): 144-148.  
FANG Y L, LIU X R, WU L, et al. Preliminary experiment on opening bait of juvenile *Glyptosternum maculatum* [J]. Northern Chinese Fisheries, 2024, 43(2): 144-148.
- [11] 曾荣俊, 刘晓锐, 耿庆宝, 等. 黑斑原鲌对急性高温耐受性的研究[J]. 渔业研究, 2024, 46(2): 156-161.  
ZENG R J, LIU X R, GENG Q B, et al. Effects of high temperature stress on the lethality of fry and adult *Glyptosternon maculatum* [J]. Journal of Fisheries Research, 2024, 46(2): 156-161.
- [12] 刘欣苑, 杨海青, 金冠锋, 等. 黑斑原鲌野生亲鱼驯养与养护探讨[J]. 农村科学实验, 2022(6): 231-233  
LIU X Y, YANG H Q, JIN G F, et al. A Probe into the Domestication and Conservation of Wild Broodstock of *Glyptosternum maculatum* [J]. Rural scientific experiment, 2022(6): 231-233.
- [13] Pellett PL, Yong VR, Nutritional evaluation of protein foods [M]. Tokyo: The United National University Publishing Company, 1980: 26-29.
- [14] 桥本芳郎编. 养鱼饲料科学[M]. 蔡完其, 译. 北京: 中国农业出版社, 1980: 114-115.  
Edited by Yoshiro Hashimoto. Fish Feed Science [M]. Translated by Cai Wanqi. Beijing: China Agricultural Press, 1980: 114-115.
- [15] 周建设, 王万良, 朱挺兵, 等. 黑斑原鲌肌肉营养成分与品质评价[J]. 水产科学, 2018, 037(6): 775-780.  
ZHOU J S, WANG W L, ZHU T B, et al. Analysis and evaluation of nutritional components in muscle of *Glyptosternum maculatum* [J]. Fisheries Science, 2018, 37(6): 775-780.
- [16] MIAO X M, GUO H, SONG Y, et al. Improvement of flesh quality of farmed silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) by short-term stocked in natural water [J]. Fishes, 2023, 8(3): 142.
- [17] 孙中武, 尹洪滨. 六种冷水鱼肌肉营养组成分析与评价[J]. 营养学报, 2004, 26(5): 386-388, 392.  
SUN Z W, YIN H B. Effect of photosensitive bacteria on serum lipids and antioxidant capacity in hyperlipidemic rabbits [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2004, 26(5): 386-388, 392.
- [18] 高欣, 石立冬, 任同军, 等. 野生与养殖鱼类营养与品质差异研究进展[J]. 水产学杂志, 2023, 36(1): 108-117.  
GAO X, SHI L D, REN T J, et al. A Review of research advances on nutrition and quality differences between wild and cultured fishes [J]. Chinese Journal of Fisheries, 2023, 36(1): 108-117.
- [19] 左鹏翔, 金方彭, 冷云, 等. 野生与养殖细鳞裂腹鱼肌肉营养成分比较分析及营养价值评价[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2023, (18): 126-132.  
ZUO P X, JIN F P, LENG Y, et al. Comparative analysis and nutritional value evaluation of muscle nutrient composition between wild and cultured *Schizothorax chongi* [J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2023, (18): 126-132.
- [20] 张嘉祺. 野生和养殖硬刺松潘裸鲤肌肉营养成分和肠道菌群结构差异研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2023.  
ZHANG J Q. Comparative study of muscle nutritional composition and intestinal flora structure between wild and cultured *Gymnocypris potanini firmispinatus* [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2023.
- [21] 祝斐, 徐大风, 贾超峰, 等. 野生与驯养斑尾刺虾虎鱼肌肉营养成分分析[J]. 水产科学, 2023, 42(2): 279-287.  
ZHU F, XU D F, JIA C F, et al. Comparison of nutritive composition in muscle of wild and domesticated goby *Acanthogobius ommaturus* [J]. Fisheries Science, 2023, 42(2): 279-287.
- [22] 王金林, 王万良, 王且鲁, 等. 野生与驯养异齿裂腹鱼肌肉营养成分比较分析[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(9): 105-113.  
WANG J L, WANG W L, WANG Q L, et al. Comparison of nutritive composition in the muscle of wild and domesticated *Schizothorax oconnori* [J]. Journal of China Agricultural University, 2019, 24(9): 105-113.
- [23] 张嘉祺, 喻亚丽, 路珂, 等. 野生、驯养和养殖硬刺松潘裸鲤肌肉营养成分分析与评价[J]. 大连海洋大学学报, 2025, 40(2): 281-289.  
ZHANG J Q, YU Y L, LU K, et al. Analysis and evaluation of muscle nutritional composition among wild, cultured and domesticated *Gymnocypris potanini firmispinatus* [J]. Journal of Dalian Ocean University, 2025, 40(2): 281-289.
- [24] 蒋慧琪, 王晶, 汪愈超, 等. 养殖大黄鱼肌肉品质评价及其营养调控的研究进展[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2021, 47(3): 275-283.  
JIANG H Q, WANG J, WANG Y C, et al. Research

- progress of flesh quality evaluation and nutrition regulation of farmed large yellow croaker[J]. Journal of Zhejiang University (Agric. & Life Sci.), 2021, 47(3): 275-283.
- [25] 杨育凯, 黄小林, 舒晓, 等. 不同生境下黄斑篮子鱼肌肉营养成分比较分析[J]. 南方水产科学, 2023, 19(1): 128-135.
- YANG Y K, HUANG X L, SHU H, et al. Comparative analysis of nutritional composition of muscle from *Siganus oramin* living in different habitats [J]. South China Fisheries Science, 2023, 19(1):128-135.
- [26] 李敏, 胡高宇, 滕爽, 等. 养殖与野生鲮营养成分和挥发性物质比较[J]. 水产科学, 2024, 43(1): 51-60.
- LI M, HU G Y, TENG S S, et al. Comparison of nutrients and volatile substances in muscles between cultured and wild mullet *Liza haematocheila* [J]. Fisheries science, 2024, 43(1): 51-60.
- [27] 王磊, 陈再忠, 冷向军, 等. 野生及人工养殖七彩神仙鱼肌肉成分的比较[J]. 上海海洋大学学报, 2016, 25(5): 719-725.
- WANG L, CHEN Z R, LENG X J, et al. Comparison of muscle composition of wild and cultured discus fishes *Symphysodon* spp. [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2016, 25(5): 719-725.
- [28] 段元亮. 四川省两种养殖模式下大鳞副泥鳅肠道微生物菌群特征、肠道酶活及肌肉氨基酸组分的比较[D]. 成都: 四川农业大学, 2017.
- DUAN Y L. Comparisons the intestinal microbiota characterizations, enzyme activities, and muscle amino acid compositions of loach in two cultivation modes (paddy fields and ponds) in Sichuan [D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2017.
- [29] 沈佳佳, 韦云勇, 卢波, 等. 饲料中添加褐藻提取物对大口黑鲈肌肉氨基酸的影响[J]. 饲料研究, 2025, 48(1): 78-83.
- SHEN J J, WEI Y Y, LU B, et al. Effect of adding brown algae extracts to feed on amino acid of muscle in *Micropterus salmoides* [J]. Feed Research, 2025, 48(1): 78-83.
- [30] 宋超, 庄平, 章龙珍, 等. 野生及人工养殖中华鲟幼鱼肌肉营养成分的比较[J]. 动物学报, 2007, 53(3): 502-510.
- SONG C, ZHUANG P, ZHANG L Z, et al. Comparison of nutritive components in muscles between wild and farmed juveniles of Chinese sturgeon *Acipenser sinensis* [J]. Acta Zoologica Sinica, 2007, 53(3): 502-510.
- [31] 施永海, 张根玉, 刘永士, 等. 野生及养殖哈氏仿对虾肌肉营养成分的分析与比较[J]. 水产学报, 2013, 37(5): 768-776.
- SHI Y H, ZHANG G Y, LIU Y S, et al. Comparison of muscle nutrient composition between wild and cultured sword prawn (*Parapenaeopsis hardwickii*) [J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(5): 768-776.
- [32] 赵立, 陈军, 赵春刚, 等. 野生和养殖乌鳢肌肉的成分分析及营养评价[J]. 现代食品科技, 2015, 31(9): 244-249.
- ZHAO L, CHEN J, ZHAO C G, et al. Composition analysis and nutritional evaluation of wild and farmed *Channa argus* [J]. Modern Food Science and Technology, 2015, 31(9): 244-249.
- [33] ZHANG Z L, WANG B. Synthesis of highly D-naproxenimprinted polymer and investigation of their specific performance [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2010, 113(2): 1050-1062.
- [34] 张娇, 刘崇万, 朱晓华, 等. 饲料中胰酶添加水平对大口黑鲈幼鱼生长性能、生化指标和肝肠组织结构的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2024, 33(5): 1144-1154.
- ZHANG J, LIU C W, ZHU X H, et al. Effects of dietary pancreatin level on growth performance, biochemical indices and enterohepatic structure of juvenile largemouth bass [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2024, 33(5): 1144-1154.
- [35] HAN J F, FENG L, JIANG W D, et al. Exploring the dietary strategies of phenylalanine: Improving muscle nutraceutical quality as well as muscle glycogen and protein deposition in adult grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) [J]. Food Chemistry: X, 2024, 22: 101421.
- [36] ZHENG J L, CHEN Y L, WAN F G, et al. Comparative study on the quality of wild and ecologically farmed large yellow croaker through on-site synchronous sampling from the Nanji Archipelago in the East China Sea [J]. Aquaculture, 2024, 591: 741098.
- [37] ZHANG X Q, ZHENG W Y, ZHANG H, et al. Comparison of muscle quality of the yellow catfish cultured in in-pond raceway systems and traditional ponds [J]. Water, 2022, 14(8), 1223.
- [38] 李琳, 张斐然, 刘长琳, 等. 养殖和野生东亚鲑机体成分比较分析[J]. 渔业科学进展, 2023, 44(2): 77-86.
- LI L, ZHANG F R, LIU C L, et al. Composition Analysis of Farmed and Wild Yadong Trout (*Salmo trutta fario*) [J]. Progress in Fishery Sciences, 2023, 44(2): 77-86.
- [39] 岳彦峰, 彭士明, 施兆鸿, 等. 脂肪酸营养对鱼类生长、脂代谢及免疫性能影响的研究进展[J]. 现代渔业信息, 2011, 26(11): 13-19.
- YUE Y F, PENG S M, SHI Z H, et al. The Effects of fatty acid nutrition on the growth, lipid Metabolism and immune performance of the fish [J]. Modern Fisheries Information, 2011, 26(11): 13-19.
- [40] 洛桑, 蒋海, 旦增达瓦, 等. 3种拉萨河鱼类肌肉脂肪酸的组成分析[J]. 食品与营养科学, 2013, 2(1): 4.
- LUO S, JIANG H, DAN Z D W, et al. Three fishes

- muscle fatty acid composition analysis of Lhasa River[J].  
Hans Journal of Food and Nutrition Science, 2013, 2(1):  
12-15.
- [41] 邱德林,张木子,刘嘉欣,等. 野生、池塘及工厂化养殖马  
口鱼肌肉营养成分的比较[J]. 水产学报, 2022, 46(8):  
1449-1457.
- QIU D L, ZHANG M Z, LIU J X, et al. Comparison of  
nutritional ingredients of muscle in *Opsariichthys bidens*  
under wild, pond and factory farming conditions [J].  
Journal of Fisheries of China, 2022, 46(8): 1449-1457.

## Analysis and evaluation of muscle nutritional components of wild, domesticated, and farmed *Glyptosternum maculatum*

WU Mengyu<sup>1,2</sup>, HUANG Jiansheng<sup>1</sup>, HE Haoming<sup>1,2</sup>, WANG Zhuangzhuang<sup>2,3,4</sup>, WANG Wanliang<sup>2,3,4</sup>, ZHOU Jianshe<sup>2,3,4</sup>

(1. Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524000, Guangdong, China; 2. Key Laboratory of Fishery and Germplasm Resources Utilization of Xizang Autonomous Region, Lhasa 850032, Xizang, China; 3. Xizang Indigenous Fish Breeding and Utilization Technology Engineering Research Center, Lhasa 850032, Xizang, China; 4. Institute of Fishery Sciences, Xizang Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa 850032, Xizang, China)

**Abstract:** *Glyptosternum maculatum* is an important cold-water economic fish in Tibet. To explore the differences in nutritional value of wild and farmed *Glyptosternum maculatum* muscles, the conventional nutrients, amino acids, and fatty acids in the muscles of wild, domesticated, and farmed *Glyptosternum maculatum* were determined. The results showed that there were significant differences between the conventional nutritional components of wild, domesticated and farmed *Glyptosternum maculatum* ( $P < 0.05$ ); the crude fat mass score of wild fish was significantly higher than that of domesticated fish and farmed fish ( $P < 0.05$ ); the crude protein mass score of domesticated fish was considerably higher than that of wild fish and farmed fish ( $P < 0.05$ ); the moisture mass score of farmed fish was significantly higher than that of wild fish and farmed fish ( $P < 0.05$ ). 17 amino acids were detected in wild, domesticated, and farmed *Glyptosternum maculatum*, among which there were significant differences in total amino acid content between farmed fish and domesticated fish ( $P < 0.05$ ). The highest farmed fish were followed by wild fish and domesticated fish, and the lowest farmed fish, and the total non-essential amino acid content of wild fish, domesticated fish, and farmed fish was consistent with the total amino acid content. According to the AAS and CS standards, the first restriction amino acids of wild, domesticated, and farmed *Glyptosternum maculatum* are methionine + cystine, and the second restriction amino acid is valine. The total amount of saturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, and polyunsaturated fatty acids content in wild fish was significantly higher than that in domesticated fish and farmed fish ( $P < 0.05$ ). Among them, C12:0, C17:0, and C18:3n6w are fatty acids unique to wild fish, C22:1n9, C24:1n9, and C22:2n6 are fatty acids unique to farmed fish, and C15:0 and C20:0 are unique to wild fish and farmed fish. Both wild fish and farmed fish DHA+EPA content was significantly higher than domesticated fish ( $P < 0.05$ ). In summary, the nutritional quality of wild and farmed *Glyptosternum maculatum* is higher than that of domesticated *Glyptosternum maculatum*, which provides basic data for the improvement of *Glyptosternum maculatum* muscle quality.

**Key words:** *Glyptosternum maculatum*; wild; domestication; breeding; muscle; amino acid; fatty acid