

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240813001

3个不同地理群体翘嘴鲢肌肉营养品质评价

李思敏¹, 周 钦¹, 刘 伟¹, 胡大雁², 齐 明¹, 姚高华¹,
吴荣峰³, 王 扬¹, 丁雪燕¹, 周 凡^{1*}

(1. 浙江省水产技术推广总站, 杭州 310023; 2. 湖州市农业科学研究院, 湖州 313001;

3. 湖州吴氏生态农业股份有限公司, 湖州 313002)

摘要: **目的** 通过综合分析比较翘嘴鲢太湖群体与广东群体、秋浦群体等不同来源地的翘嘴鲢肌肉的营养成分, 评价浙江省培育的太湖群体的营养价值。**方法** 通过测定翘嘴鲢肌肉的质构、基本营养成分、氨基酸、脂肪酸、挥发性风味物质指标, 综合评价分析太湖群体的营养价值优势和不足。**结果** 太湖群体与广东群体、秋浦群体相比, 基本营养成分方面水分最高, 氨基酸方面必需氨基酸含量占比(30.91%)、甜味氨基酸含量占比(19.16%)最高, 脂肪酸方面有6种饱和脂肪酸、4种单不饱和脂肪酸和3种多不饱和脂肪酸的含量比例较高, 风味物质方面己醛(11.83%)和1-辛烯-3-醇(5.80%)的含量占比是最低的。从质构指标来看, 太湖群体的肉质更有嚼劲。**结论** 翘嘴鲢太湖群体在氨基酸、脂肪酸、风味物质组成等方面具有一定的优势, 本研究结果将为翘嘴鲢养殖业可持续发展提供数据参考。

关键词: 翘嘴鲢; 养殖群体; 质构特性; 营养成分; 风味物质

Evaluation of muscle nutritional quality of 3 kinds of different geographic groups of *Siniperca chuatsi*

LI Si-Min¹, ZHOU Qin¹, LIU Wei¹, HU Da-Yan², QI Ming¹, YAO Gao-Hua¹,
WU Rong-Feng³, WANG Yang¹, DING Xue-Yan¹, ZHOU Fan^{1*}

(1. Zhejiang Fisheries Technical Extension Center, Hangzhou 310023, China; 2. Huzhou Academy of Agricultural Science, Huzhou 313001, China; 3. Huzhou Wushi Ecological Agriculture Co., Ltd., Huzhou 313002, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the nutritional value of the Taihu Lake population cultivated in Zhejiang Province by comprehensively analyzing and comparing the nutrient composition of the muscles of *Siniperca chuatsi* from different sources, like Guangdong population, Qiupu population and Taihu population. **Methods** By determining the textural properties, basic nutrients, amino acids, fatty acids and volatile flavor substances of *Siniperca chuatsi* muscle, the advantages and disadvantages of nutritional value of the Taihu Lake population were comprehensively evaluated and analyzed. **Results** Compared with the Guangdong population and Qiupu

基金项目: 国家特色淡水鱼产业技术体系项目(CARS-46)、浙江省农业农村厅三农九方科技项目(2024SNJF056)、浙江省农业农村厅水产产业技术团队项目(2024-2026-1)

Fund: Supported by the China Agriculture Research System (CARS-46), the “Sannong Jiufang” Project of Zhejiang Provincial Department of Agriculture and Rural Affairs (2024SNJF056), and the Aquaculture Science and Technology Project of Zhejiang Provincial Department of Agriculture and Rural Affairs (2024-2026-1)

*通信作者: 周凡, 博士, 正高级工程师, 主要研究方向为水产养殖和水产动物营养。E-mail: zhoufan0302@126.com

*Corresponding author: ZHOU Fan, Ph.D, Professor, Aquaculture and Aquatic Nutrition, Zhejiang Fisheries Technical Extension Station (Hangzhou), Hangzhou 310023, China. E-mail: zhoufan0302@126.com

population, the Taihu population had the highest water content, the highest proportion of essential amino acids (30.91%) and sweet amino acids (19.16%) in amino acids, the higher proportion of 6 kinds of saturated fatty acids, 4 kinds of monounsaturated fatty acids and 3 kinds of polyunsaturated fatty acids in fatty acids, and the lowest proportion of hexanal (11.83%) and 1-octene-3-ol (5.80%) in flavor substances. From the point of view of texture index, the meat quality of Taihu Lake population was more chewy. **Conclusion** The Taihu population of *Siniperca chuatsi* has certain advantages in terms of amino acids, fatty acids and flavour substance composition. The results of the present study will provide a data for the sustainable development of *Siniperca chuatsi* aquaculture.

KEY WORDS: *Siniperca chuatsi*; cultured populations; textural properties; nutritional components; flavor substances

0 引 言

鳊鱼(*Siniperca chuatsi*), 俗称“桂鱼”“桂花鱼”, 常见种类有翘嘴鳊、大眼鳊、高体鳊、斑鳊等, 是我国特有的水产养殖经济品种, 凭借肉质鲜嫩、无肌间刺、营养价值高等特点^[1-3], 深受市场和消费者青睐, 2023 年全国鳊鱼产量已达 47.76 万 t, 产值超过 200 亿元^[4], 主产区为广东、湖北、安徽、江西、湖南、江苏、浙江等省份^[5-6]。浙江省以养殖翘嘴鳊为主, 主要养殖群体包括广东群体、秋浦鳊、以及湖州本地的太湖群体, 近年来围绕配合饲料驯化与养成、新型设施化养殖模式构建、病害防控等方面开展了示范与推广工作^[7-8], 但对太湖本地翘嘴鳊的关注度不高, 养殖户基本以引进外地翘嘴鳊品种为主。为更好地了解浙江太湖水域内的翘嘴鳊群体整体品质特性, 9 本研究拟通过对浙江省内 3 种翘嘴鳊养殖群体的肌肉品质的对比研究, 揭示不同地理群体的营养价值特性, 旨在为保护和开发太湖翘嘴鳊资源, 推动鳊鱼产业健康发展提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

本研究用的翘嘴鳊广东群体、秋浦群体、太湖群体均于 2024 年 3 月采自浙江省湖州市吴兴区鳊鱼省级良种场-湖州织里渔大哥水产养殖专业合作社, 鳊鱼体重(402.0±4.5) g, 体质健康, 个体完整。

五水合硫酸铜、硫酸钾、氢氧化钠、硅油消泡剂、焦性没食子酸、氯化钠、无水硫酸钠(分析纯, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司); 硫酸、盐酸、硼酸、石油醚(沸程 30~60 °C)、无水乙醚、甲醇、正己烷、95%乙醇(分析纯, 上海凌峰化学试剂有限公司); 酚酞、甲基红、甲基蓝、三氯化硼甲醇(分析纯, 上海麦克林生化科技有限公司)。

1.2 仪器与设备

DGG-9070A 电热恒温鼓风干燥箱(上海森信实验仪器

有限公司); AAF11/18 灰化炉(杭州金谱科学仪器有限公司); XPE205DR 电子天平(精度 0.0001 g, 杭州康迪仪器设备有限公司); K-370 自动凯氏定氮仪(瑞士 BUCHI 公司); B-811 全密封索式提取仪(杭州柏瑞科学仪器有限公司); L-8900 全自动氨基酸分析仪(日本日立公司); 8900N 系列气相色谱仪、890-7000B 气相色谱-三重四极杆串联质谱仪、DB-23 色谱柱(60 m×0.25 mm, 0.15 μm)、DB-5MS 色谱柱(60 m×0.25 mm, 0.25 μm)(美国安捷伦科技有限公司); BWS-5 恒温水浴锅、YGC-24CF 氮吹仪(杭州博友科技有限公司); TA-TXplus 质构仪(英国 SMS 公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 样品前处理

取规格一致、活力旺盛、健康无病的广东群体、秋浦群体、太湖群体各 10 尾, 平均规格(402.0±4.5) g, 去除鱼刺、鱼皮, 用剪刀将肌肉切成大小一致的立方体, 用于质构测定。随后用均质机将鱼肉制成肉糜, 每个群体各设置 3 组重复, 分别装入密封保鲜袋中, 于-20 °C 下冷冻保存备用。

1.3.2 质构测定

用纱布吸干翘嘴鳊表面水分、血渍, 用剪刀剪取翘嘴鳊鱼背中段, 剪成 1.5 cm×1.5 cm×1.5 cm 的正方形, 平整地摆放于测量台上, 安装 2 mm 直径的 P/6 柱形探头, 进行质地剖面分析(texture profile analysis, TPA)测试实验^[9], 记下硬度、弹性、内聚性、咀嚼力、回复力。每组测定 5 个平行数据。设定参数: 形变百分率 50%, 测试速度 60 mm/s, 触发力 0.15 N。

1.3.3 基本营养成分测定

水分含量测定按照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》的第一法-直接干燥法; 粗灰分含量测定按照 GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》的第一法; 粗蛋白含量测定按照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》的第二法-全自动凯氏定氮法; 粗脂肪含量测定按照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》的第一法-索氏抽提法。

1.3.4 氨基酸含量测定和营养价值评价

氨基酸组成和含量按照 GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》的方法,全自动氨基酸分析仪测定 3 种翘嘴鲌肉种的 17 种常见氨基酸。根据联合国粮农组织/世界卫生组织(United Nations Food and Agriculture Organization/World Health Organization, FAO/WHO)建议的全鸡蛋蛋白氨基酸和氨基酸评分标准,按照公式(1)~(3)计算 3 种翘嘴鲌氨基酸评分(amino acid score, AAS)、化学评分(chemical score, CS)^[10]、氨基酸比值系数(ratio of amino acid, RC)、氨基酸比值系数分(score of ratio coefficient of amino acid, SRC)^[11-13]:

$$AAS = \frac{\text{待测样品中必需氨基酸含量(mg/g)}}{\text{FAO/WHO评分标准模式相对应的必需氨基酸含量(mg/g)}} \quad (1)$$

$$CS = \frac{\text{待测样品中必需氨基酸含量(mg/g)}}{\text{鸡蛋蛋白中相对应的必需氨基酸含量(mg/g)}} \quad (2)$$

$$RC = \frac{\text{某一必需氨基酸的AAS}}{\text{AAS均数}} \quad (3)$$

$$SRC = 100 - \frac{RC \text{标准差}}{RC \text{均数}} \quad (4)$$

$$SRC = 100 - CV$$

式中: CV (coefficient of variation)是 RC 的变异系数。

1.3.5 脂肪酸含量测定和营养价值评价

脂肪酸组成和含量测定按照 GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》的第三法-归一化法。

参考 WANG 等^[14]的方式计算 3 种不同来源地翘嘴鲌的动脉粥样硬化指数(atherogenic index, AI)和血栓形成指数(thrombosis index, TI)如公式(5)~(6):

$$AI = \frac{(C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0)}{(\sum MUFA + \sum PUFA)} \quad (5)$$

$$TI = \frac{(C14:0 + C16:0 + C18:0)}{\{0.5 \times \sum MUFA + 0.5 \times \sum n6PUFA + 3 \times \sum n3PUFA + (\frac{n3}{n6})\}} \quad (6)$$

式中: C12:0 表示月桂酸的含量, C14:0 表示肉豆蔻酸的含量, C16:0 表示棕榈酸的含量, C18:0 表示硬脂酸的含量, $\sum MUFA$ 表示单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid)的总含量, $\sum PUFA$ 表示多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid)的总含量, $\sum n6PUFA$ (以下简写 n-6)表示 n-6 多不饱和脂肪酸的总含量, $\sum n3PUFA$ (以下简写 n-3)表示 n-3 多不饱和脂肪酸的总含量。

1.3.6 风味物质测定

参照柯泽华^[15]和胡静等^[16]的方法进行优化: 精确称取 2.00 g 鳊鱼肉糜, 加入 0.12 g/mL NaCl 溶液 4 mL, 涡旋振荡 1 min, 将老化完毕的萃取头插入定空瓶内, 孵育加热温度 80 °C, 预孵育时间 20 min, 萃取时间 60 min, 解吸 7 min, 用于气相色谱-三重四极杆串联质谱仪分析测定。

气相色谱条件参考胡静等^[16]的方法进行优化: 载体为 He, 流速为 1 mL/min, 色谱柱为 DB-5MS 柱(60 m×0.32 mm, 0.25 μm), 进样口温度为 250 °C; 升温程序: 初始温度 40 °C, 维持 4 min; 以 5 °C/min 升至 60 °C, 维持 3 min; 以 10 °C/min 升至 120 °C, 维持 5 min; 再以 15 °C/min 的升温速度升至 250 °C, 维持 7 min。

质谱条件参考相懿芳等^[17]的方法测定。

1.4 数据处理

实验数据重复 6 次测定, 所得实验数据用 Excel 2023 汇总和数据处理, 用 SPSS 27 进行统计分析和显著性分析, 最终结果以平均值±标准偏差形式表示, $P < 0.05$ 表示显著性差异。

2 结果与分析

2.1 质构参数分析

3 种翘嘴鲌群体肌肉的弹性、内聚性、和回复力等质构参数结果与李文倩等^[1]的研究结果相近(表 1), 太湖群里的咀嚼性也与其研究结果更相近。太湖群体肌肉黏着性绝对值显著高于广东群体($P < 0.05$), 咀嚼性显著高于秋浦群体($P < 0.05$), 这说明太湖群体的肌肉吃起来整体会有嚼劲、但又不费劲。另外, 有研究^[1]表明, 鱼肉的质构一方面受肌纤维特性、肌内结缔组织、肌内中性脂肪含量等内在因素影响; 另一方面又会因饲料配方、养殖模式等外在条件影响内在因素而改变, 3 种翘嘴鲌群体在黏着性和咀嚼力方面的显著性差异, 可能是各群体间的生活习性、活动强度等外在条件影响了肌肉中肌纤维强度、密度以及胶原蛋白含量分布的不同^[8,18]。

表 1 3 种翘嘴鲌养殖群体肌肉质构检测结果

Table 1 Muscle texture results of dorsal muscles in 3 kinds of cultured populations of *Siniperca chuatsi*

组别	广东群体	秋浦群体	太湖群体
硬度/g	562.62±64.2	500.17±50.61	519.63±73.48
黏着性/(g.sec)	-5.48±0.88 ^b	-8.32±0.55 ^a	-8.05±0.62 ^a
弹性/%	0.94±0.01	0.91±0.01	0.92±0.01
内聚性	0.49±0.05	0.51±0.05	0.48±0.03
咀嚼力/g	271.73±19.22 ^{ab}	244.59±19.62 ^b	322.72±27.50 ^a
回复力	0.31±0.02	0.33±0.03	0.31±0.01

注: 不同小写字母同行数据表示差异显著($P < 0.05$), 表 2~4、7、8 同。

2.2 常规营养成分分析

水分、灰分、粗蛋白质和粗脂肪等主要营养成分是评价水产品营养价值和品质情况的重要指标^[13,19]。3 种不同产地来源的翘嘴鲌肌肉的基本营养成分如表 2 所示。由表

中结果可知, 各组所测得的水分 76.30~80.40 g/100 g, 灰分 1.00~1.13 g/100 g, 粗脂肪 0.90~3.00 g/100 g, 粗蛋白 18.40~19.40 g/100 g, 与胡玉婷等^[20]对翘嘴鲈的研究结果相比, 本研究的太湖群体的粗脂肪、粗蛋白结果与其研究的金色鳊鱼结果相近, 秋浦群体的灰分、粗蛋白结果与其研究的普通鳊鱼结果相近, 广东群体的水分、粗蛋白结果与其研究的普通鳊鱼结果相近。

本研究观察到, 在 3 个群体中太湖群体肌肉的水分含量最高、灰分、粗脂肪、粗蛋白含量最低, 且脂肪比鲫鱼(4.2 g/100 g)、草鱼(1.2 g/100 g)、鲤鱼(2.0 g/100 g)、罗非鱼(2.6 g/100 g)、乌鳢(4.0 g/100 g)、鳊鱼(2.6 g/100 g)等其他淡水养殖鱼类低, 水分、灰分、蛋白质等与其他淡水养殖鱼类相持平^[21]。在比较不同来源对翘嘴鲈基本营养成分影响时发现, 太湖群体肌肉的水分与其他两个群体之间有显著性差异($P<0.05$), 粗脂肪与秋浦群体之间有显著性差异($P<0.05$)。这可能与不同翘嘴鲈群体的活动习性、运动强度、摄食差异有关^[8]。另外, 在品种选育过程的条件不同也可能会造成翘嘴鲈体内各类营养成分的分布差异^[22-23]。

表 2 3 种翘嘴鲈养殖群体肌肉基本营养成分含量(g/100 g) Table 2 Proximate composition of dorsal muscle in 3 kinds of cultured populations of <i>Siniperca chuatsi</i> (g/100 g)			
组别	广东群体	秋浦群体	太湖群体
水分	76.80±0.20 ^b	76.30±0.56 ^b	80.40±0.77 ^a
灰分	1.07±0.02 ^b	1.13±0.02 ^a	1.00±0.08 ^b
粗脂肪	2.10±0.25 ^b	3.00±0.16 ^a	0.90±0.17 ^c
粗蛋白	18.60±0.11 ^b	19.40±0.11 ^a	18.40±0.30 ^b

2.3 氨基酸组成与评价

蛋白质是由不同氨基酸排列组合而成, 并且在消化道中再次被分解成小分子氨基酸才能被人体利用转化, 通过评价氨基酸的营养价值可以反应翘嘴鲈肌肉的营养价值, 同时氨基酸可以反应翘嘴鲈肌肉的滋味特性^[24]。

由表 3 可知, 3 种不同来源地的翘嘴鲈肌肉中均检测出 17 种氨基酸, 色氨酸由于水解时被破坏未检出。太湖群体肌肉中氨基酸总含量(26.37±0.30) g/100 g, 广东群体肌肉中氨基酸总量为(25.37±1.11) g/100 g, 秋浦群体肌肉中氨基酸总含量为(29.50±0.30) g/100 g。3 种鳊鱼群体的必需氨基酸含量的检测结果与胡玉婷等^[20]研究的普通鳊鱼的结果相近。EAA 的组成和含量是影响翘嘴鲈肌肉蛋白质营养价值的重要指标^[25-27]。由表 4, 对于太湖群体而言, 检测出 EAA 总量为(8.17±0.05) g/100 g, 占 TAA 的 30.91%, 比秋浦群体(30.52%)、广东群体(30.54%)略高, 较鲫鱼(7.16 g/100 g)、草鱼(7.26 g/100 g)、鲤鱼(6.79 g/100 g)、罗非鱼(6.41 g/100 g)、乌鳢(6.61 g/100 g)、鳊鱼(7.06 g/100 g)等其他养殖淡水鱼要略高^[21]。另外赖氨酸/精氨酸比值低的蛋白质具有降低胆固醇的作用。太湖群体、广东群体、秋浦群体的赖氨酸/精氨酸比值分别为 1.65、1.54、1.54, 说明太湖群体肌肉蛋白质较秋浦群体、广东群体, 更能降低胆固醇。

呈味氨基酸的种类和含量能赋予翘嘴鲈肌肉特殊风味^[12,28]。从表 4 中可以看出, 太湖群体肌肉中的甜味氨基酸总含量约为(5.06±0.21) g/100 g, 占 TAA 的 19.16%, 鲜味氨基酸总含量约为(6.05±0.11) g/100 g, 占 TAA 的 22.92%,

表 3 3 种翘嘴鲈养殖群体肌肉氨基酸含量(g/100 g) Table 3 Amino acid content of dorsal muscle in 3 kinds of cultured populations of <i>Siniperca chuatsi</i> (g/100 g)				
氨基酸类别	滋味	广东群体	秋浦群体	太湖群体
天冬氨酸	鲜	2.05±0.20 ^b	2.65±0.02 ^a	2.31±0.04 ^b
苏氨酸*	甜	0.94±0.08	1.03±0.04	0.90±0.00
丝氨酸	甜	0.77±0.06 ^c	0.89±0.00 ^b	1.41±0.04 ^a
谷氨酸	鲜	3.44±0.17 ^b	4.22±0.04 ^a	3.74±0.15 ^b
丙氨酸	甜	1.25±0.09 ^b	1.46±0.02 ^a	1.07±0.10 ^b
甘氨酸	甜	1.12±0.07 ^b	1.36±0.00 ^b	1.12±0.04 ^b
缬氨酸*	苦	0.70±0.02 ^b	0.77±0.00 ^a	0.80±0.01 ^a
半胱氨酸	-	2.49±0.05 ^b	2.83±0.03 ^a	2.34±0.02 ^c
蛋氨酸*	苦	0.63±0.05 ^b	0.73±0.01 ^a	0.61±0.01 ^b
异亮氨酸*	苦	1.06±0.05 ^b	1.27±0.00 ^a	1.10±0.00 ^b
亮氨酸*	苦	1.73±0.04 ^b	2.03±0.04 ^a	1.82±0.03 ^b
苯丙氨酸*	苦	0.61±0.01 ^c	0.78±0.00 ^a	0.68±0.01 ^b
酪氨酸	-	1.05±0.05 ^{ab}	1.13±0.00 ^a	0.97±0.06 ^b
赖氨酸*	-	2.07±0.12 ^b	2.39±0.06 ^a	2.24±0.01 ^{ab}
组氨酸	苦	3.41±0.07 ^b	3.69±0.03 ^a	3.38±0.06 ^b
精氨酸	-	1.34±0.09 ^b	1.55±0.02 ^a	1.36±0.02 ^b
脯氨酸	甜	0.74±0.06 ^a	0.71±0.04 ^a	0.54±0.02 ^b

注: *表示必需氨基酸。-未有此项, 表 6 同。

表 4 3 种翘嘴鲻养殖群体肌肉氨基酸分布情况
Table 4 Distribution of amino acids of dorsal muscle in 3 kinds of cultured populations of *Siniperca chuatsi*

指标	广东群体	秋浦群体	太湖群体
EAA/(g/100 g)	7.77±0.35 ^b	9.01±0.14 ^a	8.17±0.05 ^b
NEAA/(g/100 g)	17.60±0.76 ^b	20.50±0.16 ^a	18.20±0.25 ^b
TAA/(g/100 g)	25.37±1.11 ^b	29.50±0.30 ^a	26.37±0.30 ^b
EAA/TAA/%	30.54	30.52	30.91
赖氨酸/精氨酸	1.54	1.54	1.65
甜味氨基酸/(g/100 g)	4.82±0.35 ^b	5.46±0.00 ^a	5.06±0.21 ^{ab}
甜味氨基酸占比/%	18.98	18.51	19.16
鲜味氨基酸/(g/100 g)	5.49±0.37 ^b	6.87±0.06 ^a	6.05±0.11 ^b
鲜味氨基酸占比/%	21.61	23.29	22.92
苦味氨基酸/(g/100 g)	8.16±0.20 ^b	9.28±0.03 ^a	8.39±0.05 ^b
苦味氨基酸占比/%	32.13	31.46	31.78

注：EAA 表示必需氨基酸(essential amino acid, EAA), NEAA 表示非必需氨基酸(nonessential amino acid, NEAA), TAA 表示氨基酸总量(total amino acid, TAA)。

苦味氨基酸总含量约为(8.39±0.05) g/100 g, 占 TAA 的 31.78%。相比广东群体、秋浦群体而言, 太湖群体的甜味氨基酸占比是最高的, 苦味氨基酸和鲜味氨基酸占比居中, 甜味氨基酸在提供甜味的同时, 能一定程度上增加鲜味、缓解苦味。这表明太湖群体肌肉在滋味表现上要优于广东群体。

3 个群体翘嘴鲻的肌肉氨基酸营养价值评价结果见表 5、6。AAS 和 CS 是从不同比较参考角度评价食物中氨基酸组成和利用关系^[29-30]。从表 5 中可以看出, 在 FAO/WHO 模式下, 由 AAS 评分可知, 3 种翘嘴鲻的第一限制氨基酸均是缬氨酸、第二限制氨基酸均是苏氨酸。从表 6 中可以

看出, 在鸡蛋蛋白模式下, 由 CS 评分可知, 3 种翘嘴鲻的第一限制氨基酸均是缬氨酸、第二限制氨基酸均是苯丙氨酸+酪氨酸。RC 值表明所含必需氨基酸与 FAO/WHO 推荐值的符合度^[31-32], 3 种翘嘴鲻在赖氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸以及总氨基酸含量上都比较接近 1, 也就说更接近 FAO/WHO 推荐标准。SRC 值是用来评价食物中蛋白质的营养价值, 数值越接近 100, 说明所含的各种必需氨基酸含量越均衡, 营养价值也就越高^[31-33]。从结果看, 太湖群体肌肉必需氨基酸组成相对更均衡些。但 3 个群体翘嘴鲻均符合 FAO/WHO 推荐的理想模式, 表明翘嘴鲻自身就是一个营养价值均衡、优质的养殖经济鱼类品种。

表 5 3 种翘嘴鲻养殖群体肌肉中氨基酸评价
Table 5 Evaluation of amino acids in dorsal muscle in 3 kinds of cultured populations of *Siniperca chuatsi*

EAA	FAO/WHO 模式 (g/100 g)	广东群体		秋浦群体		太湖群体	
		AAS	RC	AAS	RC	AAS	RC
异亮氨酸	4.00	4.28	0.76	5.36	0.80	3.66	0.79
亮氨酸	7.00	4.18	0.71	5.07	0.73	3.55	0.74
赖氨酸	5.50	6.29	1.08	7.74	1.09	5.44	1.17
蛋氨酸+半胱氨酸	3.50	13.89	2.57	17.02	2.55	11.99	2.41
苯丙氨酸+酪氨酸	6.00	4.54	0.80	5.51	0.80	3.79	0.79
苏氨酸	4.00	3.91 [△]	0.68	4.52 [△]	0.65	3.09 [△]	0.64
缬氨酸	5.00	0.23 [#]	0.41	0.30 [#]	0.39	0.23 [#]	0.46
总量	35.00	4.97	0.93	4.21	0.93	3.18	0.94
SRC/%		99.33		99.34		99.39	

注：数字右上角#、△分别代表第一、第二限制性氨基酸, 表 6 同。

表 6 3 种翘嘴鲈养殖群体肌肉中氨基酸化学评分
Table 6 Chemical score of amino acids in dorsal muscle in
3 kinds of cultured populations of *Siniperca chuatsi*

必需氨基酸	鸡蛋蛋白模式 /(g/100 g)	广东群体	秋浦群体	太湖群体
		CS	CS	CS
异亮氨酸	6.60	3.23	4.05	2.76
亮氨酸	8.80	3.45	4.18	2.92
赖氨酸	6.40	4.85	5.96	4.20
蛋氨酸+半胱氨酸	5.50	7.91	9.70	6.83
苯丙氨酸+酪氨酸	10.00	3.05 [△]	3.70 [△]	2.55 [△]
苏氨酸	5.10	3.35	3.87	2.65
缬氨酸	7.30	0.17 [#]	0.22 [#]	0.17 [#]
总量	49.70	-	-	-

2.4 脂肪酸组成与评价

3 种不同来源地的翘嘴鲈的脂肪酸组成和含量测定结果见表 7。从表中可看出,太湖群体肌肉中共检出 33 种脂肪酸,其中不饱和脂肪酸有 20 种,饱和脂肪酸有 13 种;广东群体肌肉中共检出 32 种脂肪酸,不饱和脂肪酸有 19 种,饱和脂肪酸有 13 种;秋浦群体肌肉中共检出 33 种脂肪酸,不饱和脂肪酸有 20 种,饱和脂肪酸有 13 种。总体上,3 种翘嘴鲈肌肉中脂肪酸种类差异不大,且不饱和脂肪酸的占比均高于饱和脂肪酸。从结果看,太湖群体的脂肪酸结果与胡玉婷等^[20]对普通鳊鱼的测定结果相近,广东群体和秋浦群体与其对金色鳊鱼的测定结果相近。

在 3 种翘嘴鲈肌肉检测出的单不饱和脂肪酸中,油酸(C18:1n9c)含量占比均是最高,达 25%左右。在检测出的多不饱和脂肪酸中,亚油酸(C18:2n6c)含量占比均是最高,亚油酸是人体必需脂肪酸之一,在体内经酶催化转化成 γ -亚麻酸、花生四烯酸等,具有降低血清和肝脏中的胆固醇、预防糖尿病等作用^[33]。其次是 γ -亚油酸(C18:3n6)和神经酸(C24:1n9),神经酸具有维持神经系统健康、促进大脑发育和缓解抑郁症状等作用^[34]。

相较于广东群体和秋浦群体而言,太湖群体肌肉中饱和脂肪酸含量占比最高,不饱和脂肪酸含量占比居中。饱和脂肪酸方面,太湖群体肌肉中,丁酸(C4:0)、十五烷酸(C15:0)、十七烷酸(C17:0)、二十二烷酸(C22:0)、二十三烷酸(C23:0)、二十四烷酸(C24:0)等 6 种饱和脂肪酸;肉豆蔻烯酸(C14:1n5)、棕榈油酸(C16:1n7)、顺-10-十七碳烯酸(C17:1n7)、反油酸(C18:1n9t)等 4 种单不饱和脂肪酸;顺-8,11,14-二十碳三烯酸(C20:3n6)、顺-11,14,17-二十碳三烯酸(C20:3n3)、EPA (C20:5n3)等 3 种多不饱和脂肪酸的含量比例均高于广东群体和秋浦群体。EPA 和 DHA 在改善健康、预防疾病方面起着积极作用,棕榈油酸在调节身体代谢、治疗炎症、改善色素沉淀等方面具有积极作用。

表 7 3 种翘嘴鲈养殖群体肌肉中脂肪酸含量(%)
Table 7 Fatty acid content in dorsal muscle between 3 kinds of
cultured populations of *Siniperca chuatsi* (%)

脂肪酸类别	广东群体	秋浦群体	太湖群体
C4:0	0.02±0.00 ^{ab}	0.01±0.00 ^b	0.04±0.01 ^a
C12:0	0.01±0.00	0.03±0.00	0.08±0.05
C13:0	0.05±0.00 ^b	0.10±0.01 ^a	0.05±0.02 ^b
C14:0	1.59±0.13 ^a	1.19±0.01 ^b	1.06±0.02 ^b
C14:1n5	0.07±0.00 ^c	0.10±0.01 ^b	0.33±0.01 ^a
C15:0	0.30±0.02 ^b	0.08±0.00 ^c	1.13±0.05 ^a
C15:1n5	ND	0.25±0.02 ^a	0.22±0.02 ^b
C16:0	10.99±0.44	11.28±0.19	10.97±0.43
C16:1n7	5.73±0.21 ^b	5.53±0.13 ^b	6.55±0.31 ^a
C17:0	0.30±0.02 ^c	0.82±0.01 ^b	1.10±0.07 ^a
C17:1n7	0.26±0.05 ^b	0.06±0.00 ^c	1.39±0.10 ^a
C18:1n9c	36.89±0.17 ^a	24.91±1.26 ^b	26.43±0.85 ^b
C18:1n9t	5.15±0.08 ^b	5.21±0.24 ^b	6.78±0.33 ^a
C18:0	3.08±0.17	3.35±0.11	3.47±0.22
C18:2n6t	0.22±0.01 ^b	0.30±0.03 ^a	0.17±0.01 ^c
C18:2n6c	13.94±0.18 ^b	29.92±0.34 ^a	12.09±0.16 ^c
C18:3n3	1.36±0.05 ^a	1.15±0.04 ^b	0.64±0.02 ^c
C18:3n6	4.15±0.05 ^b	5.97±0.22 ^a	4.52±0.17 ^b
C20:0	0.12±0.01 ^b	0.17±0.01 ^a	0.15±0.01 ^a
C20:1	1.19±0.06	2.13±0.61	1.41±0.27
C20:4n6	0.12±0.01 ^c	0.23±0.04 ^a	0.16±0.01 ^b
C20:2	0.63±0.03 ^c	0.80±0.02 ^a	0.69±0.03 ^b
C21:0	0.69±0.02 ^c	1.14±0.06 ^a	0.87±0.04 ^b
C20:3n6	1.00±0.03 ^c	3.52±0.21 ^b	5.22±0.13 ^a
C20:3n3	0.14±0.01 ^c	0.40±0.03 ^b	0.50±0.02 ^a
C22:0	0.14±0.01 ^c	1.94±0.03 ^b	3.62±0.20 ^a
C20:5n3	0.22±0.01 ^c	0.31±0.01 ^b	0.79±0.03 ^a
C22:1n9	0.15±0.01 ^b	0.48±0.07 [#]	0.08±0.00 ^b
C22:2n6	0.21±0.01 ^b	0.25±0.02 ^b	0.44±0.02 ^a
C23:0	0.09±0.00 ^c	0.48±0.02 ^b	0.63±0.02 ^a
C22:6n3	4.61±0.32 ^a	4.16±0.07 ^{ab}	3.85±0.07 ^b
C24:1n9	6.54±0.10 ^a	3.62±0.18 ^c	4.32±0.19 ^b
C24:0	0.05±0.00 ^c	0.12±0.01 ^b	0.26±0.03 ^a
Σ饱和脂肪酸	17.43±0.47 ^b	20.71±0.36 ^b	23.42±0.47 ^a
Σ不饱和脂肪酸	82.57±0.47 ^a	79.29±0.36 ^b	76.58±0.47 ^c
Σ单不饱和脂肪酸	55.97±0.15 ^a	42.29±1.03 ^{ab}	47.51±0.87 ^b
Σ多不饱和脂肪酸	26.60±0.54	37.01±0.75	29.07±0.41

注: ND 表示未检出,表 9 同。

3 种群体翘嘴鲌脂肪酸营养价值评价分析结果见表 8。n-3/n-6 比值可用来衡量翘嘴鲌肌肉中脂肪酸营养价值,是反映翘嘴鲌脂肪酸组成是否合理的指标之一,该比值越高,表示翘嘴鲌肌肉中脂肪酸营养价值越高^[24,34-36]。太湖群体的 n-3/n-6 比值比秋浦群体高($P<0.05$),说明太湖群体肌肉中脂肪酸的组成较合理。AI 表示促进动脉粥样硬化的能力, TI 表示在血管中形成凝块的倾向,这两种指数可被用于评估食物中脂肪酸组分对人体健康的影响^[37-39]。数值超过 1 且越大,表明翘嘴鲌肌肉中脂肪酸对人体健康危害越高。太湖群体的 AI 值和 TI 值均低于广东群体且 TI 有显著性差异($P<0.05$),和秋浦群体相近。总体上,3 种翘嘴鲌肌肉中脂肪酸的 AI 值和 TI 值均小于 0.4,表示 3 种翘嘴鲌肌肉中脂肪酸组成都比较合理, DHA+EPA 相对含量比鲫鱼(4.17%)、草鱼(1.56%)、鲤鱼(3.21%)、罗非鱼(3.21%)、乌鳢(3.82%)、鳊鱼(3.60%)等其他淡水养殖鱼类^[21]高,在脂肪酸组成方面属于优质淡水鱼类。

因此,从脂肪酸的营养组成方面来考量,浙江省养殖的太湖群体肌肉的脂肪酸组成比较合理和均衡,仍具有较高的营养价值。

表 8 3 种翘嘴鲌养殖群体肌肉中脂肪酸营养价值评价(%)
Table 8 Evaluation of the nutritional value of fatty acids in dorsal muscle between 3 kinds of cultured populations of *Siniperca chuatsi* (%)

指标	广东群体	秋浦群体	太湖群体
DHA+EPA	4.83±0.03 ^a	4.48±0.06 ^c	4.64±0.08 ^b
n3/n6	0.32±0.01 ^a	0.20±0.01 ^c	0.26±0.02 ^b
AI	0.21±0.01	0.20±0.02	0.20±0.01
TI	0.39±0.01 ^a	0.28±0.02 ^b	0.29±0.02 ^b

2.5 风味物质分析

3 种翘嘴鲌群体均检出 8 大类风味化合物(表 9)。太湖群体检出 36 种,其中醇类 3 种,醛类 18 种,酮类 3 种,烃类 7 种,酸类 1 种,芳香类 3 种,呋喃类 1 种;秋浦群体检出 32 种,其中醇类 2 种,醛类 17 种,酮类 2 种,烃类 3 种,酸类 1 种,酯类 2 种,芳香类 3 种,呋喃类 2 种;广东群体检出 35 种,其中醇类 3 种,醛类 15 种,酮类 3 种,烃类 5 种,酸类 1 种,酯类 1 种,芳香类 5 种,呋喃类 2 种。3 种不同来源地所测得的风味物质结果与胡静等^[16]的研究结果相近。

己醛、1-辛烯-3-醇是普遍存在于鱼类^[40-41],也是翘嘴鲌重要的腥味相关物质。醛类物质的阈值低对食品的风味贡献大,饱和的直链醛常会产生一些令人不愉快的辛辣的刺激性气味,如己醛呈现青草、酸腐味,壬醛有鱼味、香草味,苯甲醛有坚果香味^[40]。太湖群体肌肉中己醛含量占比是 11.83%,比广东群体(17.87%)、秋浦群体(12.99%)略低。

表 9 3 种翘嘴鲌养殖群体肌肉中主要挥发性风味物质的种类及组成

Table 9 Types and composition of main volatile flavor compounds in the muscles of 3 kinds of *Siniperca chuatsi*

化合物	秋浦群体	广东群体	太湖群体
醇类			
1-辛烯-3-醇	6.08	6.29	5.80
环辛醇	1.11	0.36	1.80
1-环戊基-2-丙烯-1-醇	ND	0.93	0.73
醛类			
己醛	12.99	17.87	11.83
苯甲醛	2.92	8.75	4.81
2-庚醛	1.66	2.65	0.68
正辛醛	7.90	7.24	6.08
壬醛	21.24	13.40	13.89
癸醛	0.77	0.52	1.11
反式-2-壬烯醛	2.09	0.74	0.74
3-乙基苯甲醛	3.53	1.84	2.83
5-乙基环戊-1-烯甲醛	0.66	0.71	0.43
十一醛	0.33	0.34	0.66
十二醛	0.34	ND	0.67
2-十一烯醛	1.50	0.40	0.47
反式-2-癸烯醛	1.96	0.52	0.45
十三醛	ND	ND	0.31
反-2-辛烯醛	3.06	2.12	1.56
4-戊烷基苯甲醛	0.36	0.16	0.38
4-癸烯醛	0.47	ND	0.58
2,4-庚二烯醛	0.65	0.54	0.35
酸类			
2-甲基戊酸	2.24	2.68	3.96
酮类			
3,5-辛二烯-2-酮	1.61	1.05	1.07
2-壬酮	ND	0.44	0.28
甲基壬基甲酮	0.27	0.21	0.55
芳香类			
甲苯	ND	0.54	0.28
间二甲苯	ND	0.32	ND
2,6-二叔丁基对甲酚	0.27	0.23	0.46
4-乙基苯酚	0.26	0.24	0.22
4-仲丁基苯酚	0.37	0.26	ND
呋喃类			
2-正戊基呋喃	2.22	2.36	1.82
2-丙酰呋喃	0.36	0.36	ND
烃类			
5-甲基-癸烷	0.33	0.53	0.55
十四烷	ND	0.29	0.29
十五烷	ND	0.59	0.78
十六烷	ND	0.18	0.25
十七烷	0.31	ND	0.36
2-甲基癸烷	0.28	0.63	0.68
1-乙基-2-甲基-环戊烷	ND	ND	2.87
酯类			
甲酸辛酯	4.55	ND	ND
甲酸庚酯	1.29	1.22	ND

1-辛烯-3-醇是亚油酸的氢过氧化物的降解产物^[42-43], 不饱和醇类物质阈值较低对风味贡献较大。1-辛烯-3-醇含量占比是 5.80%, 比秋浦群体(6.08%)、广东群体(6.29%)略低。这一现象可能是, 太湖群体的粗脂肪含量以及亚油酸含量占比都比秋浦群体和广东群体要略低, 相同条件下亚油酸酸化、氢化、氧化后产生己醛和 1-辛烯-3 醇的含量可能相对少些, 加之太湖群体与秋浦群体、广东群体养殖水质环境、投喂饲料成分的差异影响, 因此对翘嘴鲌肌肉的腥味贡献相对较低。从风味物质组成方面来考量, 太湖群体的腥味相关物质的含量占比较低, 带来的食用感官体验较佳。

酮类化合物具有独特的清香和果香味, 可能是由于多不饱和脂肪酸的热氧化或降解氨基酸降解产生的^[44-45], 太湖群体肌肉中检出的酮类化合物种类较秋浦群体、广东群体的要多, 它们可能对翘嘴鲌肌肉清香风味有贡献^[46-47]。太湖群体肌肉中检出的风味物质种类比其他 2 种翘嘴鲌的要丰富, 养殖环境、喂养饲料、活动习性等不同^[48], 会影响鱼肌肉的风味物质的呈味。

3 结 论

本研究报道了太湖水域自然翘嘴鲌群体和翘嘴鲌广东群体、秋浦群体的肌肉营养与品质差异。综上结果, 翘嘴鲌太湖群体肌肉的氨基酸、脂肪酸、风味物质组成等指标具有较好的价值, 尤其是甜味氨基酸占比高、腥味物质(己醛和 1-辛烯-3-醇)相对含量低, 使得翘嘴鲌太湖群体肌肉能呈现较好的滋味和气味, 体现出了其作为新品种选育候选亲本群体和养殖群体的良好潜力, 对于下一步推动翘嘴鲌产业健康可持续发展提供了基础参考。此外, 3 种翘嘴鲌群体肌肉的质构特性的差异也反映了不同群体间肌肉肌纤维、微观结构存在差异。下一步将围绕 3 种翘嘴鲌群体肌肉的微观结构、胶原蛋白等方面开展更加细致研究, 并与质构特性相结合, 以更好地挖掘与利用翘嘴鲌太湖群体优势。

参考文献

- [1] 李文倩, 李小勤, 冷向军, 等. 鳊鱼肌肉品质评价的初步研究[J]. 食品工业科技, 2010(9): 114-117.
LI WQ, LI XQ, LENG XJ, *et al.* Preliminary study on flesh quality evaluation of *Siniperca chuatsi* (Basilewsky) [J]. Sci Technol Food Ind, 2010(9): 114-117.
- [2] 严安生, 熊传喜. 鳊鱼含肉率及鱼肉营养价值的研究[J]. 华中农业大学学报, 1995, 14(1): 80-84.
YAN ANS, XIONG CX. A study on the rate of flesh content of mandarin fish and nutritional quality of the flesh [J]. J Huazhong Agric Univ, 1995, 14(1): 80-84.
- [3] XIAO M, XU H, GONG B, *et al.* The intestinal microbial community of the farmed mandarin fish *Siniperca chuatsi* in recirculating ponds aquaculture system (RAS) compared to a pond system [J]. Microbiology, 2024, 93(3): 333-337.
- [4] YANG R, LIU XG, TIAN QD, *et al.* Dissolved oxygen and ammonia affect ammonia production via GDH/AMPK signaling pathway and alter flesh quality in Chinese perch (*Siniperca chuatsi*) [J]. Fish Physiol Biochem, 2024, 50(3): 1237-1249.
- [5] 张家国, 沈益娟, 张长峰. 翘嘴鲌肌肉营养价值研究进展[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(22): 209-214.
ZHANG JG, SHEN YJ, ZHANG CF. Advances in research on muscle nutritional value of *Siniperca chuatsi* [J]. Food Res Dev, 2019, 40(22): 209-214.
- [6] 陈秀梅, 罗莎, 邹记兴, 等. 鲈、鳢、鳊蛋白质营养需求的研究进展[J]. 饲料研究, 2022, 45(5): 128-132.
CHEN XM, LUO S, ZHOU JX, *et al.* Advances in protein nutritional requirements of *Misgurnus salmonids*, *Channa argus* and *Siniperca chuatsi* [J]. Feed Res, 2022, 45(5): 128-132.
- [7] 梁旭方, 李姣. 鳊鱼营养需求与饲料研制技术[J]. 科学养鱼, 2020(7): 66-67.
LIANG XF, LI J. Nutritional requirements and feed development technology for mandarin fish [J]. Sci Fish Farm, 2020(7): 66-67.
- [8] 张皓迪, 马卉佳. 鳊鱼营养需求及其饲料研究进展[J]. 水产科技情报, 2024, 51(4): 258-263, 268.
ZHANG HD, MA HJ. Research progress on nutrient requirements and feed of mandarin fish (*Siniperca chuatsi*) [J]. Fisher Sci Technol Inf, 2024, 51(4): 258-263, 268.
- [9] 梁宏, 王一帆, 管纹萱, 等. 即烹扇贝冷冻预制菜的质构特性及营养品质评价分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(5): 23-33.
LIANG H, WANG YF, GUAN WX, *et al.* Analysis and evaluation of textural characteristics and nutritional quality of ready-to-cook scallop frozen prepared dishes [J]. J Food Saf Qual, 2024, 15(5): 23-33.
- [10] 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 CG, *et al.* Composition analysis and nutritional evaluation of wild and farmed *Channa argus* [J]. Mod Food Sci Technol, 2015, 31(9): 244-249.
- [11] 孙中武, 李超, 尹洪滨, 等. 不同品系虹鳟的肌肉营养成分分析[J]. 营养学报, 2008, 30(3): 298-302.
SUN ZW, LI C, YIN HB, *et al.* Analysis of the nutritional composition in muscle of five varieties of *Oncorhynchus mykiss* [J]. Acta Nutr Sin, 2008, 30(3): 298-302.
- [12] 王梦阁, 何业春, 李进, 等. 湖南石门县地方品种鸡肉氨基酸组成分析及蛋白质营养价值评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(1): 264-273.
WANG MG, HE YC, LI J, *et al.* Analysis of amino acid composition and evaluation of protein nutritional value of chicken of local breeds in Shimen county, Hunan province [J]. J Food Saf Qual, 2024, 15(1): 264-273.
- [13] 高沛, 葛鹏飞, 姜启兴, 等. 虹鳟鱼各组织营养成分分析及评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(17): 5578-5585.
GAO P, GE PF, JIANG QX, *et al.* Nutritional analysis and evaluation of different tissues of *Oncorhynchus mykiss* [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(17): 5578-5585.
- [14] WANG T, PENG J, ZHAO X, *et al.* Characteristic profile of the hazardous,

- nutritional, and taste-contributing compounds during the growth of *Argopecten irradians* with different shell colors [Z]. 2023.
- [15] 柯泽华, 刘贵巧, 陈佳悦, 等. 基于电子鼻和气相色谱-质谱法对市场臭鳊鱼风味物质分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(24): 9533–9540.
- KE ZH, LIU GQ, CHEN JY, *et al.* Analysis of flavor compounds in stinky mandarin fish on the market based on electronic nose and gas chromatography-mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(24): 9533–9540.
- [16] 胡静, 张凤枰, 刘耀敏, 等. 顶空固相微萃取-气质联用法测定鳊鱼肌肉中的挥发性风味成分[J]. 食品工业科技, 2013, 34(17): 313–316.
- HU J, ZHANG FP, LIU YM, *et al.* Determination of volatile flavor components of *Siniperca chuatsi* (Basilewsky) meat by head space solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry [J]. Sci Technol Food Ind, 2013, 34(17): 313–316.
- [17] 相懿芳, 夏邦华, 邹昊博, 等. 基于响应面分析法优化顶空-固相微萃取与气相色谱-质谱法检测黑龙江野生鳊鱼挥发性风味物质[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(1): 211–219.
- XIANG YF, XIA BH, ZHOU HB, *et al.* Optimization of headspace-solid phase microextraction based on response surface analysis and gas chromatography-mass spectrometry for the determination of volatile flavor substances in Heilongjiang wild *Siniperca chuatsi* [J]. J Food Saf Qual, 2023, 14(1): 211–219.
- [18] 刘婧懿, 赵前程, 程少峰, 等. 鱼肉质构的影响因素及测定方法研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(9): 3035–3043.
- LIU JY, ZHAO QC, CHENG SF, *et al.* Research progress on the influencing factor and determination methods of fish muscle texture [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(9): 3035–3043.
- [19] 凌胜男, 刘特元, 陈雪叶, 等. 鳊鱼营养成分分析与评价[J]. 现代食品科技, 2022, 38(3): 41–48.
- LING SN, LIU TY, CHEN XY, *et al.* Nutritional components analysis and evaluation of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) [J]. Mod Food Sci Technol, 2021, 38(3): 41–48.
- [20] 胡玉婷, 江河, 凌俊, 等. 金色鳊鱼与普通鳊鱼肌肉营养成分的比较分析[J]. 水产养殖, 2018, 39(1): 36–41.
- HU YT, JIANG H, LING J, *et al.* Comparative analysis of muscle nutrient composition of *Siniperca chuatsi* populations with golden color and common ones cultured in ponds [J]. J Aquacul, 2018, 39(1): 36–41.
- [21] 李燕, 史建华, 李永强, 等. 七种养殖淡水鱼类肌肉营养成分组成及对比研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(3): 359–363.
- LI Y, SHI JH, LI YQ, *et al.* Analysis and evaluation of the nutritional composition in seven cultured fresh water fishes [J]. Sci Technol Food Ind, 2016, 37(3): 359–363.
- [22] ZHANG Q, LIANG FX, ZHANG Y, *et al.* Adaptation of Chinese perch (*Siniperca chuatsi*) to different levels of dietary carbohydrates [Z]. 2024.
- [23] YANG J, KUANG YL, XU F, *et al.* Effect of ChREBP on carbohydrate feeding regulation in mandarin fish *Siniperca chuatsi* [J]. J Oceanol Limnol, 2022, 41(5): 1988–1996.
- [24] MCLEAN E, ALFREY KB, GATLIN DM, *et al.* Muscle amino acid profiles of eleven species of aquacultured animals and their potential value in feed formulation [J]. Aquacult Fisher, 2024, 9(4): 642–652.
- [25] 王腾, 彭吉星, 卢飞龙, 等. 南北方养殖不同规格皱纹盘鲍营养成分和呈味物质分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(8): 75–84.
- WANG T, PENG JX, LU LF, *et al.* Analysis of nutrient composition and flavor substances of *Haliotis duscus hannai* cultured in different sizes in north and south places [J]. J Food Saf Qual, 2024, 15(8): 75–84.
- [26] 骆启豪. 四种饵料对真蛸(*Octopus vulgaris*)生长、肠道微生物和风味营养的影响[D]. 上海: 上海海洋大学, 2021.
- LUO QH. Effects of four diets on the growth, intestinal microorganisms, flavor and nutritional ingredients of *Octopus vulgaris* [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2021.
- [27] TAN K, HUANG LH, TAN K, *et al.* Effects of culinary treatments on the lipid nutritional quality of fish and shellfish [J]. Food Chem: X, 2023, 19: 100856–100856.
- [28] 冉辉, 姚俊杰, 梁正其, 等. 锦江河大眼鳊和斑鳊肌肉营养成分及氨基酸组成成分分析[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(14): 3072–3075.
- RAN H, YAO JJ, LIANG ZQ, *et al.* A comparative study on the nutrient and amino acid composition of the muscle of *Siniperca kneri* and *S. scherzeri* in Jinjiang river [J]. Hubei Agric Sci, 2012, 51(14): 3072–3075.
- [29] 郭海波, 吴益春, 罗海军, 等. 四指马鲛鱼的营养成分分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(1): 88–92.
- GUO HB, WU YC, LUO HJ, *et al.* Nutrition ingredient analysis of *Eleutheronema tetradactylus* [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(1): 88–92.
- [30] 宓国强, 陈建明, 练青平, 等. 杂交鳊与鳊鱼、斑鳊肌肉营养成分和氨基酸含量比较[J]. 水产养殖, 2009, 30(4): 35–37.
- MI GQ, CHEN JM, LIAN QP, *et al.* A comparison of muscle proximate analysis and amino acids composition among mandarin fish hybrid, mandarin fish and *Siniperca scherzeri* [J]. J Aquacul, 2009, 30(4): 35–37.
- [31] 黄小兰, 郑容, 杨家贵, 等. 不同规格胭脂鱼的营养成分分析和安全性评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(7): 72–78.
- HUANG XL, ZHENG R, YANG JQ, *et al.* Nutritional analysis and safety evaluation of different specifications of *Myxocyprinus asiaticus* [J]. J Food Saf Qual, 2023, 14(7): 72–78.
- [32] 朱圣陶, 吴坤. 蛋白质营养价值评价——氨基酸比值系数法[J]. 营养学报, 1988(2): 187–190.
- ZHU ST, WU K. Nutritional evaluation of protein-ratio coefficient of amino acid [J]. Acta Nutr Sin, 1988(2): 187–190.
- [33] LI Z, QI HG, YU Y, *et al.* Near-infrared spectroscopy method for rapid proximate quantitative analysis of nutrient composition in Pacific oyster [J]. J Oceanol Limnol, 2022, 41(1): 342–351.
- [34] 姜启兴, 吴佳芮, 许艳顺, 等. 鳊鱼不同部位的成分分析及营养评价[J]. 食品科学, 2014, 35(5): 183–187.
- JIANG QX, WU JR, XU YS, *et al.* Composition analysis and nutritional evaluation of different parts of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) [J]. Food Sci, 2014, 35(5): 183–187.
- [35] TAN K, MA HY, LI SK, *et al.* Bivalves as future source of sustainable natural omega-3 polyunsaturated fatty acids [J]. Food Chem, 2020, 311: 125907.
- [36] GLADYSHEV MI, MAJHROV AA, SUSHCHIK NN, *et al.* Differences in composition and fatty acid contents of different rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) strains in similar and contrasting rearing conditions [Z]. 2022.
- [37] 李燕, 史建华, 李永强, 等. 翘嘴鳊、斑鳊和杂交翘嘴鳊鱼体营养成分和氨基酸、脂肪酸组成的比较分析[J]. 水产科技情报, 2015, 42(5): 246–250.
- LI Y, SHI JH, LI YQ, *et al.* Comparative analysis of nutritional

- components, amino acids, and fatty acid composition in the bodies of mandarin fish, spotted mandarin fish, and hybrid mandarin fish [J]. *Fisher Sci Technol Inf*, 2015, 42(5): 246–250.
- [38] VINCENZO N, LO TV, PATRIZIA L, *et al.* Determination of fatty acid profile in processed fish and shellfish foods [J]. *Foods*, 2023, 12(13): 2631.
- [39] CHEN J, LIU H. Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review [J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(16): 5695.
- [40] CETINKAYA T, AYSELI MT. A systematic review on nano-delivery systems enriched with aromatic compounds: Flavor, odor, and chemical quality perspectives in fish [J]. *Food Chem Adv*, 2024, 5: 100750.
- [41] 赵亮, 马凌云. GC-MS 法分析南湾鲮鱼鱼肉挥发性成分的组成[J]. *食品与机械*, 2011, 27(6): 80–82.
- ZHAO L, MA LY. Investigation of chemical volatile compounds of south bay bighead carp by GC/MS [J]. *Food Mach*, 2011, 27(6): 80–82.
- [42] LIU L, ZHAO Y, ZENG M, *et al.* Research progress of fishy odor in aquatic products: From substance identification, formation mechanism, to elimination pathway [J]. *Food Res Int*, 2024, 178: 113914.
- [43] HUANG PM, WANG ZR, FENG XY, *et al.* Promotion of fishy odor release by phenolic compounds through interactions with myofibrillar protein [J]. *Food Chem*, 2022, 387: 132852.
- [44] HAN QY, HU JJ, PAN WC, *et al.* Effects of rewilding aquaculture time on nutritional quality and flavor characteristics of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) [J]. *Fishes*, 2024, 9(7): 275–275.
- [45] CHEN Q, YANG X, LIU S, *et al.* Changes in protein and volatile flavor compounds of low-salt wet-marinated fermented golden pomfret during processing [J]. *Food Chem*, 2024. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.140029
- [46] HUANG S, TAO L, XU L, *et al.* Discrepancy on the flavor compound affect the quality of Taiping Houkui tea from different production regions [J]. *Food Chem: X*, 2024, 23: 101547.
- [47] 张胜. 基于近红外光谱的鲜味物质及鳊鱼鲜味强度检测方法研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2021.
- ZHANG S. Development of methods for detecting umami substances and umami intensity of mandarin fish based on near infrared spectroscopy [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2021.
- [48] LEI YL, AI MY, LU SF, *et al.* Effect of raw material frozen storage on physicochemical properties and flavor compounds of fermented mandarin fish (*Siniperca chuatsi*) [J]. *Food Chem: X*, 2023, 20: 101027.

(责任编辑: 韩晓红 蔡世佳)

作者简介



李思敏, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向为水产品加工和检测。
E-mail: 584538015@qq.com



周 凡, 博士, 正高级工程师, 主要研究方向为水产养殖和水产动物营养。
E-mail: zhoufan0302@126.com