

## 4种来源大黄鱼营养成分的比较分析

陈金玉<sup>1,2,3</sup>, 杨盈悦<sup>1,2,3</sup>, 黄家海<sup>4</sup>, 梅光明<sup>2,3\*</sup>, 张小军<sup>2,3</sup>, 方益<sup>2,3</sup>

(1. 浙江海洋大学食品与医药学院, 舟山 316022; 2. 浙江省海洋水产研究所, 舟山 316021; 3. 浙江省海水增养殖重点实验室, 舟山 316021; 4. 浙江伊漾源检测科技有限公司, 舟山 316000)

**摘要: 目的** 比较4种不同来源大黄鱼(福建宁德养殖、浙江温州养殖、浙江舟山养殖和舟山渔场海域捕捞)的营养组成。**方法** 对4种大黄鱼肌肉营养成分进行定量分析。**结果** 舟山海域捕捞大黄鱼肌肉组织中水分含量显著偏高而脂肪含量显著偏低( $P<0.05$ ), 福建宁德养殖大黄鱼粗蛋白和脂肪含量明显最高( $P<0.05$ )。舟山自然海域捕捞大黄鱼中Mg、Se、Asp、Glu、Lys、必需氨基酸总量、氨基酸总量、鲜味氨基酸总量和苦味氨基酸总量含量均最高( $P<0.05$ ), Zn含量也最高且明显高于福建宁德与浙江温州养殖大黄鱼( $P<0.05$ ), Cu含量显著低于温州养殖大黄鱼( $P<0.05$ ); 福建宁德养殖大黄鱼中脂肪酸、饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸含量均最高( $P<0.05$ ), 舟山自然海域捕捞大黄鱼中多不饱和脂肪酸总量/不饱和脂肪酸总量占比高达78.6%, 其二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸的总含量明显高于其他养殖大黄鱼。**结论** 不同产地大黄鱼营养组成上存在差异。自然海域捕捞的大黄鱼在低脂肪及较高含量的矿物元素、鲜味氨基酸和多不饱和脂肪酸含量上较养殖大黄鱼具有明显优势, 而养殖大黄鱼可以提高蛋白质及总脂肪酸含量。

**关键词:** 大黄鱼; 来源; 营养成分; 氨基酸; 脂肪酸

### Comparative analysis on nutritional components of *Larimichthys crocea* from 4 kinds of sources

CHEN Jin-Yu<sup>1,2,3</sup>, YANG Ying-Yue<sup>1,2,3</sup>, HUANG Jia-Hai<sup>4</sup>, MEI Guang-Ming<sup>2,3\*</sup>,  
ZHANG Xiao-Jun<sup>2,3</sup>, FANG Yi<sup>2,3</sup>

(1. College of Food Science and Pharmacy, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China; 2. Zhejiang Marine Fisheries Research Institute, Zhoushan 316021, China; 3. Key Laboratory of Mariculture and Enhancement of Zhejiang Province, Zhoushan 316021, China; 4. Zhejiang Yimeiyuan Detection Technology Co., Ltd., Zhoushan 316000, China)

**ABSTRACT: Objective** To compare the nutritional composition of 4 kinds of *Larimichthys crocea* from different sources (3 species cultured in Ningde, Wenzhou, and Zhoushan, and 1 species captured in sea area of Zhoushan). **Methods** The nutritional components of muscle in 4 kinds of *L. crocea* were quantitatively analyzed. **Results** The moisture content in muscle tissue of *L. crocea* caught in sea area of Zhoushan was significantly higher and the fat content was significantly lower ( $P<0.05$ ), while the crude protein and fat content of *L. crocea* cultured in Ningde were significantly higher ( $P<0.05$ ). The content of Mg, Se, Asp, Glu, Lys, total essential amino acids, total amino acids, total umami amino acids and total bitter amino acids in the *L. crocea* caught in Zhoushan natural sea were the

基金项目: 2021年浙江省科技厅科研院所扶持专项(33000091077504)

Fund: Supported by the Special Projects in 2021 for Scientific Research Institutes Supported by Science Technology Department of Zhejiang Province (33000091077504)

\*通信作者: 梅光明, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为水产品加工与质量安全。E-mail: meigm123@163.com

\*Corresponding author: MEI Guang-Ming, Master, Senior Engineer, Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, No.28, Tiyu Road, Dinghai District, Zhoushan 316021, China. E-mail: meigm123@163.com

highest ( $P < 0.05$ ), while the content of Zn was also the highest and significantly higher than that of the *L. crocea* raised in Ningde, Fujian Province and Wenzhou, Zhejiang Province ( $P < 0.05$ ), and the content of Cu was significantly lower than that of the *L. crocea* raised in Wenzhou and Zhoushan ( $P < 0.05$ ). The fatty acid, saturated fatty acid and unsaturated fatty acid content of cultured *L. crocea* in Ningde, Fujian were the highest ( $P < 0.05$ ). The proportion of total polyunsaturated fatty acid/total unsaturated fatty acid content of harvested *L. crocea* in Zhoushan natural sea area was as high as 78.6%, and the total content of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid were significantly higher than those of other cultured *L. crocea*. **Conclusion** There are differences in nutritional composition of *L. crocea* from different habitats. *L. crocea* caught in natural sea area has obvious advantages over cultured *L. crocea* in low fat and high content of mineral elements, delicious amino acids and polyunsaturated fatty acids, while cultured *L. crocea* can increase the content of protein and total fatty acids.

**KEY WORDS:** *Larimichthys crocea*; producing areas; nutritional composition; amino acids; fatty acids

## 0 引言

大黄鱼(*Larimichthys crocea*)属石首科、黄鱼属, 俗称黄花鱼、金箱鱼等, 是我国重要的海洋经济养殖鱼类<sup>[1-2]</sup>, 不仅肉质鲜美、营养丰富, 还具有一定的药用价值, 因而深受消费者喜爱<sup>[3-4]</sup>。目前学界将我国近岸沿海的大黄鱼分为岱衢族、闽-粤东族和硃洲族 3 个地理种群, 分别主要分布在黄海南部至东海北部、东海南部至南海北部(福建嵛山岛以南到珠江口)和珠江口以西到琼州海峡以东的近岸<sup>[5-6]</sup>。浙江沿海的舟山渔场历史上是岱衢族大黄鱼的主要生栖场所<sup>[7-8]</sup>。20 世纪 70 年代的过度海洋捕捞使我国近海野生大黄鱼产量骤降为稀缺资源, 目前市售大黄鱼主要来源于海水养殖。我国大黄鱼养殖主要在福建、浙江和广东等地, 分别占全国大黄鱼总产量的 80.5%、12.8%和 6.6%<sup>[9]</sup>。当前我国大黄鱼养殖以近岸传统网箱养殖为主, 近年来各地积极发展深水网箱、牧场化围栏和深远海养殖等多种新型养殖模式。然而自然海域生长的野生大黄鱼在品质口感上被普遍认为优于养殖大黄鱼, 不同地域环境、不同养殖模式和不同家系的大黄鱼在营养或口感上也差异明显<sup>[10-14]</sup>。因此带来的市场售价也完全不同, 不同来源的大黄鱼市场售价相差很大, 如规格较大的野生大黄鱼每斤售价在千元以上, 而养殖大黄鱼售价从一二十元到上百元不等。

在巨大经济利益驱动下, 水产品市场上以人工饲养大黄鱼充当野生大黄鱼、以近岸普通养殖大黄鱼冒充深水网箱养殖大黄鱼来高价出售的“挂羊头卖狗肉”类质量造假销售事件时有发生。与此同时, 近年来国内水产品质量安全领域重点关注的“三鱼两药”问题中大黄鱼检出氧氟沙星等禁用药物事件也时有报道。对不同来源大黄鱼进行有效区分可以为打击假冒伪劣违法行为、维护消费者合法权利和保障水产品质量安全提供有效手段。分析不同来源大黄鱼的营养成分差异可以为大黄鱼产地区分提供必要的数据支撑。目前针对不同来源的大黄鱼营养成分差异比较不够系统全面, 本研究通过对 4 种不同来源的大黄鱼(舟山自然

海域捕捞大黄鱼、舟山养殖大黄鱼、温州养殖大黄鱼及福建宁德养殖大黄鱼)肌肉营养成分进行比较分析与评价, 旨在为大黄鱼产地溯源、人工养殖、饲料研发及种质资源挖掘提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

2020 年 9 月~2021 年 6 月间共采集 40 份大黄鱼样品。其中福建宁德养殖大黄鱼样本(NDYZ) 10 份于 2020 年 9 月收集, 主要采用近岸普通网箱养殖; 浙江温州养殖大黄鱼样本(WZYZ) 10 份(产地为温州苍南、平阳和南麂岛)于 2020 年 10 月收集, 包括普通网箱养殖和深水网箱养殖; 浙江舟山养殖大黄鱼样本(ZSYZ) 10 份(产地为舟山嵊泗和东极)于 2021 年 6 月收集, 采用深水网箱和围网养殖; 舟山渔场海域捕捞大黄鱼样本(ZSYS) 10 份于 2020 年 12 月购买于舟山市国际水产城码头某停靠渔船, 经渔民捕捞日志确认在北纬 30°28'、东经 122°42'的舟山渔场海域捕获, 并经浙江省海洋水产研究所渔业资源专家鉴定符合野生岱衢族大黄鱼生物学特征。大黄鱼体重范围 400~550 g/条, 体长 22~30 cm, 取新鲜样品装入带冰泡沫箱后在 6 h 内尽快运回实验室。

### 1.2 实验仪器

AL204 型电子天平(精度 0.0001 g, 瑞士梅特勒-托利多仪器有限公司); DS-30HL 型立式鼓风干燥箱(上海儒一恒温设备中心); K-350 全自动凯氏定氮仪(瑞士 Buchi 公司); Agilent 7900 电感耦合等离子体质谱仪(美国安捷伦公司); L-8900 全自动氨基酸分析仪(日本日立公司); 450GC 气相色谱仪(美国瓦里安公司)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 样品前处理

由于部分大黄鱼样品价格高且难以获取, 如自然海域捕捞大黄鱼和深水网箱养殖大黄鱼每斤售价分别在千元和百元以上, 综合考虑后每份样品中养殖大黄鱼取 2 尾、

自然海域捕捞大黄鱼样品取 1 尾, 取样中选择同一网箱、同批次生产且个体大小相近的鱼体。实验室制样中, 从前部至尾部完整取出上背部肌肉, 经搅碎混匀后于 $-18^{\circ}\text{C}$ 储藏待测。

### 1.3.2 一般营养成分的测定

水分采用 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中直接干燥法测定; 灰分采用 GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》中第一法测定; 粗脂肪采用 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中索氏抽提法测定; 粗蛋白质采用 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中凯氏定氮法测定。

### 1.3.3 矿物元素的测定

11 种矿物元素含量采用 GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》中电感耦合等离子体质谱法测定。

### 1.3.4 脂肪酸的测定

37 种脂肪酸含量采用 GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》中外标法测定。

### 1.3.5 氨基酸的测定

17 种氨基酸含量采用 GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》测定。

根据联合国粮食及农业组织/世界卫生组织(Food and Agriculture Organization/World Health Organization, FAO/WHO)提出的理想模式, 即氨基酸组成中必需氨基酸(essential amino acids, EAA)总量/氨基酸总量(total amino acids, TAA) ( $\sum\text{EAA}/\sum\text{TAA}$ ) 在 40%、必需氨基酸总量/非必需氨基酸(non-essential amino acids, NEAA)总量 ( $\sum\text{EAA}/\sum\text{NEAA}$ ) 在 60% 以上的属于优质蛋白<sup>[15]</sup>进行营养评价, 按参考文献[16]中的公式计算氨基酸评分(amino acid score, AAS), 公式见式(1)。

$$\text{AAS} = \frac{\text{样品蛋白质中某种必需氨基酸含量}}{\text{FAO模式中某种必需氨基酸含量}} \quad (1)$$

### 1.3.6 数据处理

每份大黄鱼样品各指标值以 3 次平行测定结果的均值表示, 最终该来源大黄鱼样品该项指标以 10 份样品结果的平均值 $\pm$ 标准偏差表示。采用 SPSS 23.0 软件对数据进行单因素方差分析(one-way analysis of variance, ANOVA) 和 Duncan 检验法比较,  $P < 0.05$  为有显著性差异结果。

## 2 结果与分析

### 2.1 一般营养成分分析

由表 1 可知, 4 种来源大黄鱼水分、灰分、粗蛋白含量分别在 73.72%~79.94%、1.10%~1.19%和 15.84%~18.02%, 其中灰分含量在各样本间无显著性差异( $P > 0.05$ ), 而舟山自然海域捕捞大黄鱼中水分含量和福建宁德养殖大黄鱼中粗

蛋白含量均显著高于其他 3 种大黄鱼( $P < 0.05$ )。目前养殖大黄鱼多采用高蛋白配合饲料, 配比满足大黄鱼生长过程中所需蛋白质, 使得人工养殖与自然海域捕捞大黄鱼粗蛋白含量相差不大<sup>[17]</sup>, 在投喂充分情况下可进一步提高养殖鱼中蛋白质含量。4 种大黄鱼粗脂肪含量为 1.87~8.73 g/100 g, 其中福建宁德养殖大黄鱼脂肪含量显著高于其他 3 种大黄鱼( $P < 0.05$ ), 平均含量达 8.73 g/100 g, 这与张艳霞<sup>[4]</sup>报道的福建宁德普通网箱大黄鱼脂肪含量 7.9 g/100 g 相当。舟山自然海域捕捞大黄鱼脂肪含量最低( $P < 0.05$ )。在胭脂鱼<sup>[18]</sup>、棘头梅童鱼<sup>[19]</sup>、大麻哈鱼<sup>[20]</sup>等鱼类肌肉检测中也发现野生鱼的粗脂肪含量显著低于养殖鱼类, 这可能与不同生长模式下大黄鱼的活动范围、运动强度及饵料中含有的脂肪含量较高<sup>[21]</sup>有关。由于自然海域中大黄鱼为洄游性生物, 生活在深海区, 运动消耗能量较大, 不利于脂肪积累; 普通网箱养殖大黄鱼运动空间狭窄, 且有充足的饵料, 能量消耗低, 很容易积累脂肪; 深水网箱由于处于半开放性海域, 潮流较急、活动空间较大, 脂肪含量一般低于普通网箱养殖大黄鱼而高于自然海域捕捞大黄鱼。

表 1 不同来源大黄鱼肌肉中一般营养成分( $n=10$ , 以湿重计)  
Table 1 Nutrient content in muscles of *Larimichthys crocea* from different sources ( $n=10$ , wet weight)

指标	NDYZ	WZYZ	ZSYZ	ZSYS
水分/%	73.72 $\pm$ 2.23 <sup>b</sup>	75.65 $\pm$ 4.05 <sup>b</sup>	74.9 $\pm$ 1.24 <sup>b</sup>	79.94 $\pm$ 1.36 <sup>a</sup>
灰分/%	1.12 $\pm$ 0.02	1.17 $\pm$ 0.82	1.10 $\pm$ 0.05	1.19 $\pm$ 0.051
粗蛋白/%	18.02 $\pm$ 0.91 <sup>a</sup>	15.84 $\pm$ 1.22 <sup>b</sup>	15.95 $\pm$ 1.79 <sup>b</sup>	16.35 $\pm$ 1.14 <sup>b</sup>
脂肪/(g/100 g)	8.73 $\pm$ 1.78 <sup>a</sup>	4.42 $\pm$ 2.37 <sup>b</sup>	5.87 $\pm$ 1.65 <sup>b</sup>	1.87 $\pm$ 1.33 <sup>c</sup>

注: 同一行不同上标字母表示差异显著( $P < 0.05$ ), 下同。

此外, 不同养殖模式下的摄食差异也是造成不同产区大黄鱼营养成分差异的重要因素。目前我国养殖产量最高的福建养殖大黄鱼以普通网箱养殖模式为主(占 92.8%), 而浙江大黄鱼养殖模式以深水网箱为主(占 85.9%), 普通网箱养殖模式仅占 7.92%, 其余为围网养殖模式<sup>[22]</sup>。大黄鱼普通网箱养殖设置在近岸沿海, 投喂冰鲜饵料或人工配合饲料; 深水网箱通常设置在靠近外海区域, 具有一定潮流速, 在部分投喂冰鲜饵料或人工配合饲料的同时自身能捕获一定的天然饵料; 自然海域的大黄鱼则完全依靠捕食天然饵料。受目前我国在海洋渔业资源保护和幼鱼禁捕规定等政策影响, 大黄鱼养殖业中逐渐采用配合饲料完全替代冰鲜小杂鱼等鲜活饵料, 因此自然海域捕捞大黄鱼动物性饵料摄入占比一般会高于养殖大黄鱼, 深水网箱养殖由于天然饵料的补充又会使得动物性饵料高于近岸普通网箱养殖。食物结构的不同也将会直接造成各类营养物质在大黄鱼体内的累积差异。

## 2.2 矿物元素分析

矿物元素是在维持人体生命活动以及新陈代谢中不可缺少、但又不能依靠人体自行合成的一类营养物质<sup>[23]</sup>。本研究检测了 4 种来源大黄鱼肌肉中的 11 种矿物元素(表 2)。4 种来源大黄鱼肌肉在 Na、Ca、Cr 和 Mo 含量上, 相互间均没有显著性差异( $P>0.05$ )。Mg 元素平均含量最低与最高分别为温州养殖大黄鱼和舟山捕捞大黄鱼, 二者均与其他 3 种来源大黄鱼存在显著差异( $P<0.05$ )。福建宁德养殖大黄鱼 K 含量明显低于舟山自然海域捕捞大黄鱼( $P<0.05$ ), Fe 含量显著性低于温州养殖大黄鱼( $P<0.05$ ), Co 含量显著性低于温

州及舟山两种养殖大黄鱼( $P<0.05$ ), Cu 含量显著低于温州养殖大黄鱼( $P<0.05$ ), Zn 含量显著低于舟山养殖及自然海域捕捞大黄鱼( $P<0.05$ )。舟山自然海域捕捞大黄鱼中 Zn 含量显著高于宁德和温州养殖大黄鱼( $P<0.05$ ), Se 含量显著性高于其他 3 种来源大黄鱼( $P<0.05$ )。结果表明自然海域捕捞大黄鱼在 Se、Zn 等矿物元素组成要比养殖大黄鱼更加丰富。不同产区大黄鱼矿物元素含量差异与不同海域环境本身矿物元素含量差异有关, 也与不同来源大黄鱼的饲料组成差异存在关联性。由于自然海域捕捞大黄鱼在摄食结构上更加丰富, 可能会更利于矿物元素的积累。

表 2 不同来源大黄鱼肌肉中矿物元素含量( $n=10$ , 以湿重计)  
Table 2 Mineral content in muscles of *Larimichthys crocea* from different sources ( $n=10$ , wet weight)

矿物元素	NDYZ	WZYZ	ZSYZ	ZSYS
Na/(mg/kg)	902.24±403.75	804.60±203.21	791.34±225.47	929.26±204.69
Mg/(mg/kg)	282.54±15.82 <sup>b</sup>	207.28±30.49 <sup>c</sup>	299.15±89.26 <sup>b</sup>	364.23±31.62 <sup>a</sup>
K/(mg/kg)	2885.92±489.53 <sup>b</sup>	2946.18±438.42 <sup>b</sup>	3084.87±380.07 <sup>ab</sup>	3689.11±721.63 <sup>a</sup>
Ca/(mg/kg)	103.28±26.71	120.34±176.13	140.50±103.23	105.5±147.83
Fe/(mg/kg)	3.60±5.21 <sup>b</sup>	13.19±12.08 <sup>a</sup>	3.95±7.65 <sup>ab</sup>	7.78±3.45 <sup>ab</sup>
Cr/(μg/kg)	144.90±83.56	210.26±68.45	189.32±121.65	173.48±110.56
Co/(μg/kg)	2.19±1.36 <sup>b</sup>	4.59±1.16 <sup>a</sup>	4.98±1.56 <sup>a</sup>	3.67±2.94 <sup>ab</sup>
Cu/(μg/kg)	84.13±34.16 <sup>b</sup>	516±369.15 <sup>a</sup>	104.25±56.48 <sup>b</sup>	98.64±79.48 <sup>b</sup>
Zn/(μg/kg)	4052.16±394.56 <sup>b</sup>	4528.84±795.46 <sup>b</sup>	5565.49±684.12 <sup>a</sup>	5670.16±498.16 <sup>a</sup>
Se/(μg/kg)	297.16±86.94 <sup>b</sup>	329.48±99.87 <sup>b</sup>	279.35±110.46 <sup>b</sup>	498.13±76.48 <sup>a</sup>
Mo/(μg/kg)	2.96±3.64	2.75±3.71	1.56±2.15	3.14±2.48

## 2.3 氨基酸含量与营养评价

### 2.3.1 肌肉氨基酸组成分析

4 种来源大黄鱼均检测出 17 种氨基酸, 包括 7 种必需氨基酸、2 种半必需氨基酸和 8 种非必需氨基酸, 含量最丰富的均为鲜味氨基酸谷氨酸和天冬氨酸, 这也是大黄鱼肌肉鲜美的原因。由表 3 可知, 4 种来源的大黄鱼肌肉  $\Sigma$ TAA、 $\Sigma$ EAA 和  $\Sigma$ HEAA 从大到小依次均为:  $\Sigma$ TAA> $\Sigma$ HEAA> $\Sigma$ EAA, 舟山自然海域捕捞大黄鱼的 Asp、Glu、Lys、 $\Sigma$ EAA、 $\Sigma$ TAA、 $\Sigma$ FAA 和  $\Sigma$ BAA 均显著性高于其他 3 种( $P<0.05$ ), 福建宁德养殖大黄鱼中的 Ser 含量显著性高于其他 3 种来源( $P<0.05$ ), 温州养殖大黄鱼中  $\Sigma$ EAA、 $\Sigma$ SAA 和  $\Sigma$ TAA 均显著性低于其他 3 种大黄鱼( $P<0.05$ )。结果表明自然海域捕捞大黄鱼较养殖大黄鱼鲜味氨基酸占比更高, 因此自然海域捕捞大黄鱼口感更加鲜美, 这也可能与自然海域捕捞大黄鱼摄入了丰富的藻类及鱼虾类等天然饵料有关, 使得自身在呈味氨基酸组成上具有优势。

### 2.3.2 氨基酸营养品质评价

支链氨基酸/芳香族氨基酸(branched amino acids/aromatic amino acids, BCAA/AAA)是人类重要的健康指标, 4 种来源大黄鱼的  $\Sigma$ BCAA/ $\Sigma$ AAA 在 2.07~2.37 之间, 接近人类 3.0 的健康标准<sup>[24]</sup>。根据 FAO/WHO 的理想模式,

表 3 不同来源大黄鱼肌肉中氨基酸组成( $n=10$ , 以湿重计)  
Table 3 Amino acid content in muscles of *Larimichthys crocea* from different sources ( $n=10$ , wet weight)

氨基酸	NDYZ	WZYZ	ZSYZ	ZSYS
Asp**	1.87±0.02 <sup>b</sup>	1.78±0.15 <sup>b</sup>	1.95±0.08 <sup>b</sup>	2.33±0.32 <sup>a</sup>
Thr*	0.85±0.02 <sup>b</sup>	0.67±0.07 <sup>b</sup>	0.87±0.04 <sup>b</sup>	1.01±0.17 <sup>a</sup>
Ser**	1.13±0.52 <sup>a</sup>	0.74±0.06 <sup>c</sup>	0.81±0.05 <sup>b</sup>	0.92±0.15 <sup>b</sup>
Glu**	2.75±0.54 <sup>b</sup>	2.49±0.27 <sup>c</sup>	3.10±0.09 <sup>b</sup>	3.81±0.58 <sup>a</sup>
Pro**	0.37±0.01 <sup>b</sup>	0.29±0.05 <sup>c</sup>	0.36±0.03 <sup>b</sup>	0.54±0.14 <sup>a</sup>
Gly**	0.82±0.01 <sup>b</sup>	1.13±0.08 <sup>a</sup>	0.91±0.08 <sup>b</sup>	0.96±0.14 <sup>b</sup>
Ala**	1.11±0.21 <sup>b</sup>	0.92±0.06 <sup>c</sup>	1.15±0.25 <sup>b</sup>	1.34±0.20 <sup>a</sup>
Cys**	0.08±0.01	0.08±0.02	0.06±0.03	0.10±0.02
Val*	0.88±0.15	0.86±0.17	0.93±0.14	1.08±0.16
Met*	0.61±0.04 <sup>a</sup>	0.50±0.07 <sup>b</sup>	0.63±0.02 <sup>a</sup>	0.75±0.11 <sup>a</sup>
Ile*	0.86±0.04 <sup>b</sup>	0.95±0.06 <sup>b</sup>	0.90±0.03 <sup>b</sup>	1.05±0.16 <sup>a</sup>
Leu*	1.55±0.02 <sup>b</sup>	1.15±0.13 <sup>c</sup>	1.61±0.06 <sup>b</sup>	1.92±0.30 <sup>a</sup>
Tyr**	0.67±0.03	0.77±0.06	0.69±0.02	0.87±0.16
Phe*	0.74±0.09 <sup>b</sup>	0.58±0.06 <sup>c</sup>	0.79±0.05 <sup>b</sup>	0.89±0.13 <sup>a</sup>
Lys*	1.65±0.02 <sup>b</sup>	1.36±0.14 <sup>c</sup>	1.68±0.08 <sup>b</sup>	2.01±0.31 <sup>a</sup>
His <sup>&amp;</sup>	0.40±0.04 <sup>b</sup>	0.81±1.07 <sup>a</sup>	0.43±0.03 <sup>b</sup>	0.47±0.07 <sup>b</sup>
Arg <sup>&amp;</sup>	1.13±0.07 <sup>b</sup>	1.47±0.13 <sup>a</sup>	1.16±0.06 <sup>b</sup>	1.36±0.20 <sup>a</sup>
$\Sigma$ EAA	7.14±0.13 <sup>b</sup>	6.07±0.15 <sup>c</sup>	7.42±0.11 <sup>b</sup>	8.72±0.09 <sup>a</sup>
$\Sigma$ NEAA	10.32±0.05 <sup>b</sup>	10.47±0.03 <sup>b</sup>	10.63±0.10 <sup>b</sup>	12.69±0.06 <sup>a</sup>

表 3(续)

氨基酸	NDYZ	WYZY	ZSYZ	ZSYS
∑TAA	17.45±0.12 <sup>b</sup>	16.54±0.09 <sup>c</sup>	18.04±0.16 <sup>b</sup>	21.41±0.14 <sup>a</sup>
∑FAA	4.62±0.04 <sup>b</sup>	4.27±0.08 <sup>b</sup>	5.05±0.03 <sup>b</sup>	6.14±0.11 <sup>a</sup>
∑SAA	4.28±0.11 <sup>a</sup>	3.75±0.12 <sup>b</sup>	4.10±0.07 <sup>a</sup>	4.77±0.08 <sup>a</sup>
∑BAA	6.17±0.04 <sup>b</sup>	6.32±0.06 <sup>b</sup>	6.45±0.09 <sup>b</sup>	7.52±0.11 <sup>a</sup>
∑BCAA	3.29±0.17 <sup>b</sup>	2.96±0.12 <sup>c</sup>	3.44±0.24 <sup>b</sup>	4.05±0.32 <sup>a</sup>
∑AAA	1.59±0.14 <sup>b</sup>	1.25±0.09 <sup>c</sup>	1.66±0.10 <sup>b</sup>	1.90±0.17 <sup>a</sup>
∑BCAA/∑AAA	2.07	2.37	2.07	2.13
∑EAA/∑TAA/%	40.92	36.70	41.13	40.73
∑EAA/∑NEAA/%	69.19	57.98	69.80	68.72
∑FAA/∑TAA/%	26.48	25.82	27.99	28.68
∑SAA/∑TAA/%	24.53	22.67	22.73	22.28
∑BAA/∑TAA/%	35.36	38.21	35.75	35.12

注: \*为必需氨基酸(essential amino acid, EAA); \*\*为非必需氨基酸(non-essential amino acid, NEAA); &为半必需氨基酸(half essential amino acid, HEAA); 鲜味氨基酸(flavor amino acid, FAA); 甜味氨基酸(sweet amino acid, SAA); 苦味氨基酸(bitter amino acid, BAA); 支链氨基酸(branched-chain amino acid, BCAA); 芳香氨基酸(aromatic amino acid, AAA); ∑TAA 为氨基酸总量; ∑EAA 为必需氨基酸总量; ∑HEAA 为半必需氨基酸总量; ∑NEAA 为非必需氨基酸总量; ∑FAA 为鲜味氨基酸总量(Asp、Glu); ∑SAA 为甜味氨基酸总量(Thr、Ala、Gly、Pro 和 Ser); ∑BAA 为苦味氨基酸总量(Ile、Leu、Met、Phe、Val、His 和 Arg); ∑BCAA 为支链氨基酸总量(Val、Ile、Leu); ∑AAA 为芳香氨基酸总量(Phe、Thr)。

氨基酸组成中∑EAA/∑TAA 在 40%、∑EAA/∑NEAA 在 60% 以上的属于优质蛋白<sup>[25]</sup>。由表 3 可知, 除温州养殖大黄鱼略低外, 福建宁德养殖、舟山养殖和舟山自然海域捕捞大黄鱼的∑EAA/∑TAA 和∑EAA/∑NEAA 分别在 40.73%~41.13%和 68.72%~69.80%之间, 为优质蛋白, 即各氨基酸平衡效果较好。4 种来源大黄鱼肌肉氨基酸组成的 AAS 见表 4, 福建宁德养殖、舟山养殖和舟山自然海域捕捞大黄鱼第一限制性氨基酸均为 Val, 温州养殖大黄鱼第一限制性氨基酸为 Leu, 4 种

来源大黄鱼的第二限制性氨基酸均为 Met+Cys, 这与郭全友等<sup>[26]</sup>的研究结果相似。除福建宁德养殖大黄鱼的 Val 外, 4 种来源大黄鱼的 AAS 评分均大于 1, 且 Lys 评分最高, 大黄鱼肌肉中 Lys 含量顺序为 ZSYS>ZSYZ>NDYZ>WYZY。表明舟山自然海域捕捞大黄鱼中 Lys 最接近人体营养需要。因此, 对以谷物为主的膳食者, 经常食用大黄鱼可以有效补充 Lys, 提高人体消化和吸收食物中蛋白质的能力<sup>[27]</sup>。

## 2.4 脂肪酸含量分析

4 种来源大黄鱼肌肉中共检测出 29 种脂肪酸, 其中 11 种饱和脂肪酸(fatty acid, SFA)、8 种单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA)、10 种多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acids, PUFA)。根据表 5 可知, C16:0(棕榈酸甘油单酯)、C18:1n9c(油酸)、C22:6n3[二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)]和 C20:5n3[二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)]是 4 种大黄鱼肌肉中含量较为丰富的脂肪酸。舟山自然海域捕捞大黄鱼中 C16:0 和 C18:1n9c 含量显著低于其他 3 种大黄鱼( $P<0.05$ )。C16:0 具有提高血脂的作用, 并且有可能会提高血液中的胆固醇含量<sup>[28-29]</sup>。而 C18:1n9c 是人体必需的营养物质, 能提供身体所需的能量, 是一种具有降低胆固醇和低密度脂蛋白功能的低血脂性脂肪酸, 因此被认为是一种良性的脂肪酸<sup>[30]</sup>。可见养殖大黄鱼能在一定程度上提高脂肪酸的营养价值。在大目金枪鱼<sup>[31]</sup>、金鲷鱼<sup>[32]</sup>、长吻鮠<sup>[33]</sup>等鱼类肌肉的检测中均有类似结果。福建宁德养殖大黄鱼中 FA、SFA 和 UFA 含量均显著高于其他 3 种来源, 这与其较高的脂肪含量相关。舟山自然海域捕捞大黄鱼中 ∑PUFA/∑UFA 占比高达 78.6%。DHA 和 EPA 是 n-3 多不饱和脂肪酸, 能改善血脂水平, 减少血栓形成的风险和降低血压, 也能够抗发炎、抗血栓、抗心律失常、降血脂和软化血管等<sup>[34-35]</sup>。4 种来源大黄鱼的 EPA + DHA 含量依次为 ZSYS>NDYZ>WYZY>ZSYZ, 舟山自然海域捕捞大黄鱼 EPA+DHA 含量高于其他 3 种养殖大黄鱼, 说明舟山自然海域捕捞大黄鱼在脂肪酸饱和度较高, 具有调节血脂、软化血管、抑制动脉粥样硬化和血栓形成的作用<sup>[36]</sup>。

表 4 不同来源大黄鱼必需氨基酸评分 AAS ( $n=10$ , 以湿重计)Table 4 Essential AAS in muscles of *Larimichthys crocea* from different sources ( $n=10$ , wet weight)

EAA	FAO/WHO	NDYZ		WYZY		ZSYZ		ZSYS	
		EAA	AAS	EAA	AAS	EAA	AAS	EAA	AAS
Thr	250	295	1.18	264	1.06	341	1.37	386	1.54
Lys	340	572	1.68	537	1.57	658	1.94	768	2.26
Ile	250	298	1.20	375	1.50	353	1.41	401	1.60
Leu	440	538	1.22	454	1.03*	631	1.43	734	1.67
Tyr+Phe	380	489	1.48	533	1.61	580	1.77	673	2.04
Met+Cys	220	239	1.08**	229	1.04**	270	1.23**	325	1.48**
Val	310	305	0.99*	339	1.09	364	1.17*	426	1.34*

注: \*为第一限制性氨基酸, \*\*为第二限制性氨基酸。

表 5 不同来源大黄鱼肌肉中脂肪酸组成( $n=10$ , mg/100 g, 以湿重计)  
Table 5 Fatty acid composition in muscles of *Larimichthys crocea* from different sources ( $n=10$ , mg/100 g, wet weight)

脂肪酸	NDYZ	WYZY	ZSYZ	ZSYS
C10:0	0.58±0.05 <sup>a</sup>	0.39±0.04 <sup>b</sup>	0.40±0.01 <sup>b</sup>	0.45±0.22 <sup>b</sup>
C12:0	0.28±0.05 <sup>a</sup>	0.24±0.01 <sup>a</sup>	0.25±0.10 <sup>a</sup>	0.13±0.06 <sup>b</sup>
C14:0	20.70±0.85 <sup>a</sup>	4.61±1.30 <sup>c</sup>	8.53±5.37 <sup>b</sup>	3.26±2.75 <sup>c</sup>
C14:1	0.40±0.07 <sup>a</sup>	0.39±0.16 <sup>b</sup>	0.22±0.18 <sup>b</sup>	0.11±0.03 <sup>b</sup>
C15:0	3.96±2.71	1.54±0.17	1.03±0.42	0.57±0.56
C15:1	0.38±0.18	0.22±0.18	0.23±0.11	0.30±0.20
C16:0	448.00±183.10 <sup>c</sup>	183.00±158.00 <sup>b</sup>	175.00±123.00 <sup>b</sup>	80.30±94.66 <sup>a</sup>
C16:1	32.30±43.20	34.10±28.40	33.90±20.30	15.90±17.50
C17:0	6.30±0.85 <sup>c</sup>	2.04±0.31 <sup>b</sup>	1.83±0.41 <sup>b</sup>	0.93±1.24 <sup>a</sup>
C17:1	3.63±0.46 <sup>a</sup>	1.41±0.34 <sup>a</sup>	1.02±0.19 <sup>a</sup>	0.63±0.58 <sup>b</sup>
C18:0	71.50±52.88 <sup>b</sup>	41.3±23.40 <sup>b</sup>	32.50±29.90 <sup>b</sup>	7.84±9.28 <sup>a</sup>
C18:1n9c	131.00±38.60 <sup>a</sup>	127.00±38.1 <sup>a</sup>	118±59.30 <sup>a</sup>	34.70±40.13 <sup>b</sup>
C18:2n6c	17.4±1.94 <sup>b</sup>	51.40±4.21 <sup>b</sup>	80.00±39.00 <sup>c</sup>	1.13±0.314 <sup>a</sup>
C18:3n6	0.45±0.30	0.49±0.30	0.43±0.78	0.18±0.26
C18:3n3	4.97±3.74	6.14±3.54	7.92±3.78	2.58±5.43
C20:0	5.00±0.28 <sup>a</sup>	0.89±1.13 <sup>b</sup>	0.78±1.18 <sup>b</sup>	0.50±4.74 <sup>b</sup>
C20:1	10.10±5.16 <sup>a</sup>	5.49±1.04 <sup>c</sup>	6.62±2.64 <sup>c</sup>	2.76±1.10 <sup>b</sup>
C20:2	2.58±0.18 <sup>c</sup>	1.76±0.14 <sup>b</sup>	1.42±0.61 <sup>b</sup>	0.41±0.37 <sup>a</sup>
C21:0	0.18±0.15	0.21±0.16	0.30±0.15	0.10±0.13
C20:3n6	0.88±1.12 <sup>a</sup>	0.51±0.39 <sup>b</sup>	0.38±0.24 <sup>b</sup>	0.25±0.48 <sup>b</sup>
C20:4n6	50.40±66.68 <sup>a</sup>	3.57±1.10 <sup>b</sup>	3.23±1.15 <sup>b</sup>	2.40±2.05 <sup>b</sup>
C20:3n3	3.60±3.53 <sup>b</sup>	0.84±0.34 <sup>a</sup>	0.38±0.11 <sup>a</sup>	0.40±0.1 <sup>a</sup>
C20:5n3	36.20±0.85 <sup>b</sup>	24.30±5.10 <sup>c</sup>	12.00±7.47 <sup>c</sup>	50.50±6.50 <sup>a</sup>
C22:0	2.98±1.62	3.64±1.47	3.82±1.63	2.19±1.10
C22:1n9	7.98±1.45 <sup>a</sup>	0.47±0.24 <sup>b</sup>	0.48±0.36 <sup>b</sup>	0.45±0.31 <sup>b</sup>
C22:2	0.30±0.28 <sup>a</sup>	0.41±0.14 <sup>b</sup>	0.50±0.11 <sup>b</sup>	0.25±0.16 <sup>a</sup>
C24:0	4.03±5.87 <sup>c</sup>	2.01±0.38 <sup>b</sup>	1.35±0.23 <sup>a</sup>	1.03±0.36 <sup>a</sup>
C24:1	14.1±5.94 <sup>b</sup>	2.16±1.44 <sup>a</sup>	2.93±1.53 <sup>a</sup>	1.96±1.92 <sup>a</sup>
C22:6n3	111.00±21.20 <sup>b</sup>	91.30±19.50 <sup>b</sup>	81.90±16.10 <sup>b</sup>	150.00±17.80 <sup>a</sup>
ΣFA	990.18 <sup>a</sup>	591.83 <sup>b</sup>	577.35 <sup>b</sup>	362.21 <sup>c</sup>
ΣSFA	563.51 <sup>a</sup>	293.87 <sup>b</sup>	225.79 <sup>b</sup>	97.30 <sup>c</sup>
ΣUFA	427.67 <sup>a</sup>	351.96 <sup>b</sup>	351.56 <sup>b</sup>	264.91 <sup>c</sup>
ΣPUFA	227.78	180.72	188.16	208.10
ΣMUFA	199.89 <sup>a</sup>	171.24 <sup>a</sup>	163.40 <sup>a</sup>	56.81 <sup>b</sup>

注: 脂肪酸(fatty acid, FA); 不饱和脂肪酸(unsaturated fattyacid, UFA)。

### 3 结 论

4 种来源大黄鱼均含有丰富的蛋白质、矿物元素、氨基酸和不饱和脂肪酸。从 Se、Zn 等有益矿物元素、鲜味氨基酸和多不饱和脂肪酸(特别是 EPA 和 DHA)含量上, 自然海域捕捞大黄鱼较养殖大黄鱼更佳, 但养殖大黄鱼在提高蛋白质及脂肪酸含量上也具有明显优势。野生与养殖大黄鱼各具优势, 均具有较高的营养价值。近年来, 随着深

远海大型养殖平台及围栏式海洋牧场等新型模式在大黄鱼养殖中的应用, 使得大黄鱼养殖环境接近野生生存条件, 进一步提升了养殖大黄鱼品质, 其营养成分及感官品质可与野生大黄鱼相媲美。

### 参考文献

- [1] 刘海燕, 杨汝晴, 陈玉磊, 等. 大黄鱼肌原纤维结合型丝氨酸蛋白酶的克隆、表达及性质[J]. 水产学报, 2022, 46(7): 1154-1166.  
LIU HY, YANG RQ, CHEN YL, et al. Molecular cloning, expression and

- characterization of myofibril-bound serine proteinase from yellow croaker (*Larimichthys crocea*) [J]. *J Fish China*, 2022, 46(7): 1154–1166.
- [2] 孔胜楠. 大黄鱼高密度连锁图谱构建及刺激隐核虫抗性和体型性状全基因组遗传解析[D]. 新乡: 河南师范大学, 2019.
- KONG SN. High density linkage map of *Larimichthys crocea* and genetic mapping of *Cryptocaryon irritans* resistance and body shape trait [D]. Xinxiang: Henan Normal University, 2019.
- [3] 王百龙. 石首鱼、鲷鱼、石斑鱼的生药学研究[D]. 济南: 山东中医药大学, 2016.
- WANG BL. Study on the pharmacognosy of *Larimichthys*, *Pampuset psenopsis* and *Epinephelu* [D]. Jinan: Shandong Traditional Chinese Medicine University, 2016.
- [4] 张艳霞. 养殖大黄鱼品质评价及冻藏过程中品质变化规律的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2020.
- ZHANG YX. Quality evaluation of cultured *Pseudosciaena crocea* and its quality changes during frozen storage [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2020.
- [5] LIU Q, LIN H, CHEN J, *et al.* Genetic variation and population genetic structure of the large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) based on genome-wide single nucleotide polymorphisms in farmed and wild populations [J]. *Fish Res*, 2020, 232: 105718.
- [6] YU M, XIE QP, WEI FL, *et al.* Development and identification of a sex-specific molecular marker in Dai-qu stock large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) [J]. *Aquacul*, 2022, 555: 738172.
- [7] 赵传, 林景祺. 中国海洋渔业资源[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1990.
- ZHAO C, LIN JQ. Marine fishery resources in China [M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 1990.
- [8] 徐兆礼, 陈佳杰. 东黄海大黄鱼洄游路线的研究[J]. *水产学报*, 2011, 35(3): 429–437.
- XU ZL, CHEN JJ. Analysis of migratory route of *Larimichthys crocea* in the East China Sea and Yellow Sea [J]. *J Fish China*, 2011, 35(3): 429–437.
- [9] 刘聪, 张溢卓, 马林. 我国配合饲料投喂大黄鱼的 SWOT 分析[J]. *中国水产*, 2021, 12: 57–61.
- LIU C, ZHANG YZ, MA L. SWOT analysis of the compound feed on large yellow croaker in China [J]. *China Aquat*, 2021, 12: 57–61.
- [10] 周飘苹, 金敏, 吴文俊, 等. 不同养殖模式、投喂不同饵料及不同品系大黄鱼营养成分比较[J]. *动物营养学报*, 2014, 26(4): 969–980.
- ZHOU PP, JIN M, WU WJ, *et al.* Comparison of nutrient components of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* Richardson) cultured in different modes, fed different feeds and from different strains [J]. *China J Anim Nutr*, 2014, 26(4): 969–980.
- [11] 章霞, 油九菊, 柳敏海, 等. 大黄鱼选育家系 F1 代生长性状研究[J]. *水产科学*, 2017, 36(6): 735–740.
- ZHANG X, YOU JJ, LIU MH, *et al.* Growth characteristics of F1 in large yellow croaker *Pseudosciaena crocea* [J]. *Fish Sci*, 2017, 36(6): 735–740.
- [12] 阮成旭, 袁重桂, 陶翠丽, 等. 不同养殖模式对大黄鱼肉质的影响[J]. *水产科学*, 2017, 36(5): 623–627.
- RUAN CX, YUAN CG, TAO CL, *et al.* Influence of culture patterns on flesh quality of large yellow croaker *Pseudosciaena crocea* [J]. *Fish Sci*, 2017, 36(5): 623–627.
- [13] 郭全友, 邢晓亮, 王磊, 等. 深水网箱养殖和野生大黄鱼营养及品质差异性研究[J]. *渔业信息与战略*, 2019, 34(1): 53–60.
- GUO QY, XING XL, WANG L, *et al.* On nutrition and quality differences between wild and cultured large yellow croaker *Larimichthys crocea* [J]. *Fish Inform Strateg*, 2019, 34(1): 53–60.
- [14] 石钰琢, 郭全友, 郑尧, 等. 不同养殖模式及流通方式的大黄鱼品质评价和等级判定[J]. *食品科学*, 2022, 43(13): 184–191.
- SHI YZ, GUO QY, ZHENG Y, *et al.* Quality evaluation and grading of *Pseudosciaena crocea* cultured in different aquaculture modes and circulated under different conditions [J]. *Food Sci*, 2022, 43(13): 184–191.
- [15] FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. Energy and protein requirements [R]. FAO Nutrition Meeting Reports Series, 1973.
- [16] 姜巨峰, 韩现芹, 傅志茹, 等. 雌雄红鳍鲂可食部分主要营养成分比较分析[J]. *南方水产科学*, 2012, 8: 83–89.
- JIANG JF, HAN XQ, FU ZR, *et al.* Comparative analysis of main nutritive components in edible tissues of male and female *Culter erythropterus* [J]. *South China Fish Sci*, 2012, 8: 83–89.
- [17] ZHUANG J, WANG Y, SHEN W, *et al.* Evaluating dynamic effects of dietary glycerol monolaurate on the productive performance and flesh quality of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) [J]. *Food Chem*, 2022, 387: 132833.
- [18] 林郁葱, 龚媛, 龚世园, 等. 野生和人工养殖胭脂鱼肌肉营养成分的比较[J]. *淡水渔业*, 2011, 41(6): 70–75.
- LIN YC, GONG Y, GONG SY, *et al.* Comparison of nutrient components in muscle of wild and farmed groups of *Myxocyprinus asiaticus* [J]. *Freshw Fish*, 2011, 41(6): 70–75.
- [19] 马建忠, 邵鑫斌, 张立宁, 等. 野生和养殖棘头梅童鱼肌肉营养成分分析及比较[J]. *水产科技情报*, 2022, 49(2): 61–66.
- MA JZ, SHAO XB, ZHANG LN, *et al.* Comparison of nutritional composition in the muscles of wild and cultured *Collichthys lucidus* [J]. *Fish Sci Technol Inform*, 2022, 49(2): 61–66.
- [20] 王继隆, 刘伟, 李培伦, 等. 野生和养殖大麻哈鱼肌肉营养成分与品质评价[J]. *广东海洋大学学报*, 2019, 39(2): 126–132.
- WANG JL, LIU W, LI PL, *et al.* Evaluation of nutritive quality and nutrient components in the muscles of wild and farmed chum salmon (*Oncorhynchus keta*) [J]. *J Guangdong Ocean Univ*, 2019, 39(2): 126–132.
- [21] CHEN Y, HUANG W, SHAN X, *et al.* Growth characteristics of cage-cultured large yellow croaker *Larimichthys crocea* [J]. *Aquacul Rep*, 2020, 16: 100242.
- [22] 杨卫, 王春苗. 我国大黄鱼养殖产业发展研究[J]. *海洋开发与管理*, 2020, 37(5): 72–75.
- YANG W, WANG CM. Development of *Larimichthys crocea* breeding industry in China [J]. *Ocean Dev Manag*, 2020, 37(5): 72–75.
- [23] 吴靖娜, 许永安, 刘智禹. 养殖大黄鱼肌肉营养成分的分析及评价[J]. *营养学报*, 2013, 35(6): 610–612.
- WU JN, XU YAN, LIU ZY. Analysis and evaluation of nutritional components in meat of bred *Pseudosciaena crocea* [J]. *Acta Nutr Sin*, 2013, 35(6): 610–612.
- [24] 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 DL, ZHANG MZ, LIU JX, *et al.* Comparative study on nutritional ingredient of muscle in *Opsariichthys bidens* under wild, pond and factory farming [J]. *J Fish China*, 2022, 46(8): 1449–1457.
- [25] 徐永江, 王开杰, 姜燕, 等. 三种鲷属鱼类肌肉质构特性及营养成分比较分析[J]. *中国水产科学*, 2022, 29(7): 1022–1032.
- XU YJ, WANG KJ, JIANG Y, *et al.* Comparative analysis of the muscle texture characteristics and nutrient compositions among three *Seriola* fishes [J]. *J Fish Sci China*, 2022, 29(7): 1022–1032.
- [26] 郭全友, 邢晓亮, 姜朝军, 等. 野生和养殖大黄鱼(*Larimichthys crocea*)品质特征与差异性探究[J]. *现代食品科技*, 2019, 35(10): 92–101.
- GUO QY, XING XL, JIANG CJ, *et al.* Quality characteristics and differences of wild and cultured large yellow croakers (*Larimichthys crocea*) [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2019, 35(10): 92–101.
- [27] 韩悦, 马剑锋, 陈雪昌, 等. 4 种养殖河豚鱼肌肉营养成分分析与评价[J]. *食品研究与开发*, 2022, 43(8): 28–35.
- HAN Y, MA JF, CHEN XC, *et al.* Nutrient components in muscle of 4 species of cultured puffer fish [J]. *Food Res Dev*, 2022, 43(8): 28–35.
- [28] 颜孙安, 姚清华, 林香信, 等. 不同养殖模式大黄鱼肌肉营养成分比较[J]. *福建农业学报*, 2015, 30(8): 736–744.
- YAN SAN, YAO QH, LIN XX, *et al.* Nutrient profile of large yellow croakers (*Pseudosciaena crocea* Richardson) grown under different aquacultural settings [J]. *Fujian J Agric Sci*, 2015, 30(8): 736–344.
- [29] MU H, LI J, PAN X, *et al.* Alterations in fatty acid composition and volatile compounds in muscle of large yellow croaker *Larimichthys crocea* fed different dietary lipid sources [J]. *Aquacul Rep*, 2021, 20: 100688.
- [30] 安丽, 胡斌, 马汝芳, 等. 乌鲳和金黄色乌鲳肌肉营养成分分析与评价[J]. *中国农学通报*, 2022, 38(20): 143–148.
- AN L, HU B, MA RF, *et al.* Muscle nutritional components of *Channa argus* and Golden *Channa argus*: Analysis and evaluation [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2022, 38(20): 143–148.
- [31] 刘书臣, 李仁伟, 廖明涛, 等. 大目金枪鱼不同部位肌肉的营养成分分析与评价[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(23): 340–343, 348.
- LIU SC, LI RW, LIAO MT, *et al.* Nutritional components analysis and quality evaluation of different muscle parts of bigeye tuna [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2013, 34(23): 340–343, 348.
- [32] 戴梓茹, 钟秋平, 林美芳, 等. 金鲳鱼营养成分分析与评价[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(1): 347–350.
- DAI ZR, ZHONG QP, LIN MF, *et al.* Nutritional component analysis and quality evaluation of golden pompano [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2013, 34(1): 347–350.
- [33] 曹静, 张凤枰, 宋军, 等. 养殖和野生长吻鲷肌肉营养成分比较分析[J]. *食品科学*, 2015, 36(2): 126–131.
- CAO J, ZHANG FP, SONG J, *et al.* Comparative analysis of nutrient composition of muscles of farmed and wild *Leiocassis longirostris* [J]. *Food Sci*, 2015, 36(2): 126–131.
- [34] 安俊庭, 葛建龙, 边力, 等. 中国小孔鲷肌肉营养成分分析与评价[J]. *海洋科学*, 2022, 46(3): 103–110.
- AN JT, GE JL, BIAN L, *et al.* Analysis and evaluation of the nutritional composition of *Cistopus chinensis* muscles [J]. *Mar Sci*, 2022, 46(3): 103–110.
- [35] 张凤枰, 宋军, 张瑞, 等. 养殖南方大口鲶肌肉营养成分分析和品质评价[J]. *食品科学*, 2012, 33(17): 274–278.
- ZHANG FP, SONG J, ZHANG R, *et al.* Evaluation of nutritional composition and quality of farmed *Silurus meridionalis chen* muscle [J]. *Food Sci*, 2012, 33(17): 274–278.
- [36] 诸葛瑞琪, 刘梅林.  $\omega$ -3 多不饱和脂肪酸防治心血管疾病的研究进展[J]. *中国循环杂志*, 2022, 37(5): 543–547.
- ZHUGE RQ, LIU ML. Research progress of  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids in prevention and treatment of cardiovascular diseases [J]. *Chin Circ J*, 2022, 37(5): 543–547.

(责任编辑: 张晓寒 黄周梅)

## 作者简介



陈金玉, 硕士研究生, 主要研究方向为食品安全检测。

E-mail: 1584977061@qq.com



梅光明, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为水产品加工与质量安全。

E-mail: meigm123@163.com