

小黄鱼、大黄鱼及其正反杂交种肌肉营养品质评价

郭丹丹 刘峰 谢庆平 叶挺 楼宝

ASSESSMENT OF MUSCULAR NUTRITIONAL QUALITY IN *LARIMICHTHYS POLYACTIS*, *LARIMICHTHYS CROCEA*, AND THEIR RECIPROCAL HYBRIDS

GUO Dan-Dan, LIU Feng, XIE Qing-Ping, YE Ting, LOU Bao

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2025.2024.0301>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

注射和口服GnRH对小黄鱼人工催产效果的评估

EVALUATION OF THE ARTIFICIAL OXYTOCIN EFFECT OF GNRH INJECTION AND ORAL ADMINISTRATION ON SMALL YELLOW CROAKER (*LARIMICHTHYS POLYACTIS*)

水生生物学报. 2023, 47(11): 1807–1815 <https://doi.org/10.7541/2023.2022.0497>

大黄鱼对5种新型非粮蛋白源表观消化率的研究

APPARENT DIGESTIBILITY OF FIVE NEW NON-GRAIN PROTEIN INGREDIENTS FOR LARGE YELLOW CROAKERS (*LARIMICHTHYS CROCEA*)

水生生物学报. 2023, 47(9): 1416–1424 <https://doi.org/10.7541/2022.2022.0405>

大黄鱼ATG10基因的分子特征及其在抗病毒免疫中的功能

MOLECULAR CHARACTERISTICS AND ANTIVIRAL EFFECTS OF ATG10 IN LARGE YELLOW CROAKER (*LARIMICHTHYS CROCEA*)

水生生物学报. 2022, 46(4): 521–528 <https://doi.org/10.7541/2021.2021.024>

模拟捕食者风险对大黄鱼幼鱼行为、游泳能力及应激水平的影响

SIMULATED PREDATOR RISK ON BEHAVIOR, SWIMMING ABILITY AND STRESS RESPONSE OF JUVENILE LARGE YELLOW CROAKER (*LARIMICHTHYS CROCEA*)

水生生物学报. 2022, 46(6): 796–810 <https://doi.org/10.7541/2023.2021.0366>

大黄鱼HIF-1 α 基因的克隆鉴定与表达分析

MOLECULAR CHARACTERIZATION AND EXPRESSION ANALYSIS OF HIF-1 α IN LARGE YELLOW CROAKER (*LARIMICHTHYS CROCEA*)

水生生物学报. 2020, 44(2): 296–302 <https://doi.org/10.7541/2020.036>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2025.2024.0301

CSTR: 32229.14.SSSWXB.2024.0301

小黄鱼、大黄鱼及其正反杂交种肌肉营养品质评价

郭丹丹 刘峰 谢庆平 叶挺 楼宝

(浙江省农业科学院水生生物研究所, 全省近岸生物种质资源保护与利用重点实验室, 农产品质量安全危害因子与
风险防控国家重点实验室, 杭州 310021)

摘要: 为评价小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)、大黄鱼(*Larimichthys crocea*)及其杂交种(正交F1和反交F1)肌肉品质, 采用生化分析和组织学方法对四个群体肌肉营养成分及组织结构进行了研究。结果显示, 四个黄鱼群体粗脂肪含量介于4.73%—5.37%, 属中脂鱼类; 正交F1 (16.88%)和反交F1 (16.93%)粗蛋白含量显著高于小黄鱼(16.13%)和大黄鱼(16.01%); 在四个黄鱼群体中共检测到17种氨基酸, 其中必需氨基酸(EAA, Essential amino acid)7种, 不同群体必需氨基酸指数(EAAI, Essential amino acid index)为106.69—110.42, 正交F1和反交F1中氨基酸总量(TAA, Total amino acid)、必需氨基酸总量(TEAA, Total essential amino acid)及呈味氨基酸总量(TDAA, Total delicious amino acid)均显著高于双亲; 共检测出22种脂肪酸, 四个黄鱼群体中DHA和EPA含量占多不饱和脂肪酸总量的46.77%—49.27%, 其中DHA含量在两种杂交黄鱼中显著高于双亲。4种常量元素(K、Na、Mg和Ca)在不同群体中含量丰富, 6种微量元素(Mn、Zn、Fe、Se、Cu和Cr)中Zn和Fe在两种杂交黄鱼中显著高于双亲。肌肉组织学结构显示, 正交F1和反交F1肌纤维密度显著低于大黄鱼而与小黄鱼无显著性差异, 正交F1肌纤维直径显著高于双亲。综上所述, 四个黄鱼群体肌肉营养成分丰富, 均具有较高营养价值, 同时, 两种杂交黄鱼在特定营养指标上获得了一定的杂种优势。研究结果阐述了杂交育种对肌肉品质的影响, 可为黄鱼肉质改良及新品种培育提供参考依据。

关键词: 杂交种; 肌肉营养品质; 小黄鱼; 大黄鱼

中图分类号: S965.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2025)04-042504-08



小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)和大黄鱼(*Larimichthys crocea*), 均属鲈形目(Perciformes)、石首鱼科(Sciaenidae)、黄鱼属(*Larimichthys*), 是我国重要经济鱼类, 其肉质细嫩、味道鲜美, 深受消费者青睐。大黄鱼人工繁殖始于20世纪80年代后期, 2023年其养殖产量达28.10万吨, 在全国海水养殖鱼类中位居第二; 小黄鱼以捕捞为主, 2023年捕捞产量为26.73万吨, 在我国“四大海产”中仅次于带鱼, 目前, 小黄鱼全人工繁育关键技术成功突破, 并已实现规模化繁育^[1-3]。大黄鱼主要分布于黄海、东海和南海, 其个体大, 为两年性成熟, 第一年生长速度较慢; 小黄鱼主要分布于渤海、黄海、东海及朝鲜半岛西部, 其当年生长速度较快, 但二龄的小黄

鱼体质量远远小于同期的大黄鱼^[4]。

通过杂交育种, 可获得在生长、肌肉品质及抗逆性等方面超越亲本的优良新性状, 获得杂种优势^[5, 6]。我们利用小黄鱼和大黄鱼进行种间杂交, 成功获得了正交F1 (小黄鱼♀×大黄鱼♂)和反交F1 (大黄鱼♀×小黄鱼♂)^[7, 8]。在生长性状方面, 12月龄反交F1的生长速度最快, 表现出超亲生长优势, 正交F1的生长速度介于父母本之间, 表现出中亲生长优势。在肌肉品质方面, 已有研究表明, 舟山地域12月龄正交F1与双亲相比具有一定的杂种优势, 其氨基酸种类丰富, EAA和不饱和脂肪酸(UFA, Unsaturated fatty acid)含量较高, 具有较高食用价值^[9]。然而, 鱼类肌肉营养品质受其规格大小、所处地域

收稿日期: 2024-08-02; 修订日期: 2024-09-04

基金项目: 浙江省农业(水产)新品种选育重大科技专项课题(2021C02069-1)资助 [Supported by the Key Scientific and Technological Grant of Zhejiang for Breeding New Agricultural (Aquaculture) Varieties (2021C02069-1)]

作者简介: 郭丹丹(1990年—), 女, 博士; 研究方向为鱼类遗传育种。E-mail: hmguodandan@163.com

通信作者: 楼宝, E-mail: loubao6577@163.com

和饵料来源等的影响^[10],在同一养殖条件下,小黄鱼、大黄鱼及其正反杂交种的肌肉营养成分及组织学结构也尚未报道。因此,本研究对15月龄宁波象山地域小黄鱼、大黄鱼、正交F1及反交F1进行了肌肉营养成分分析及品质评价,以期挖掘杂交黄鱼优势,为杂交黄鱼的推广和利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用小黄鱼、大黄鱼、正交F1和反交F1经人工催产、授精获得,养殖于浙江省宁波市象山港湾水产种苗有限公司。养殖期间投喂天邦全熟化水产配合饲料,其营养成分:粗蛋白质 $\geq 35.00\%$,粗脂肪 $\geq 3.00\%$,粗纤维 $\leq 8.00\%$,粗灰分 $\leq 16.00\%$,水分 $\leq 12.00\%$,总磷 $\geq 0.50\%$,赖氨酸 $\geq 1.70\%$ 。同池饲养至15月龄,分别在每个群体中随机选取30尾体质健壮、无外伤的个体取样,共取120尾,不同群体体质量介于60—110 g。

1.2 肌肉组织学分析

组织切片:分别取小黄鱼、大黄鱼、正交F1和反交F1背部肌肉放入多聚甲醛中固定24h,经石蜡包埋、切片,先后使用苏木精和伊红染液对细胞核和细胞质进行染色,脱水后用中性树胶封片,使用DM4 B荧光显微镜(徕卡,德国)观察不同群体肌肉组织结构。

肌纤维直径与密度测定:使用Image-Pro Plus软件对单个肌纤维长径和短径、单个视野面积及肌纤维根数进行测量、计数,并根据《DB32/T 1824-2011》中公式计算各群体肌纤维直径和密度。

1.3 营养指标测定

每个群体设5组平行,每组6尾实验鱼。取样前使用MS222将实验鱼麻醉,去皮取背部两侧肌肉,将每组实验鱼肌肉绞碎并混合均匀,用于肌肉营养成分分析。水分含量采用直接干燥法测定,参照《GB 5009.3-2016》;粗灰分采用高温炉550℃灼烧法测定,参照《GB 5009.4-2016》;粗蛋白采用半微量凯氏定氮法测定,参照《GB 5009.5-2016》;粗脂肪采用索氏抽提法测定,参照《GB 5009.6-2016》;氨基酸采用氨基酸自动分析仪测定,参照《GB 5009.124-2016》;脂肪酸采用气相色谱法测定,参照《GB 5009.168-2016》;矿物元素采用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定,参照《GB 5009.268-2016》。

1.4 营养品质评价及数据分析

根据联合国粮农组织(FAO)和世界卫生组织(WHO)建议的氨基酸评分模式^[11]和中国预防医学

科学院营养与食品卫生研究所提出的全鸡蛋蛋白的氨基酸模式^[12],按照以下公式计算四种黄鱼群体氨基酸评分(AAS, Amino acid score)、化学评分(CS, Chemical score)和EAAI^[13,14]。

氨基酸含量(mg/g N)=样品肌肉氨基酸百分含量 $\times 6.25 \times 1000$ /样品肌肉粗蛋白百分含量

$$AAS = \frac{\text{样品必需氨基酸含量(mg/g N)}}{\text{FAO评分模式相应必需氨基酸含量(mg/g N)}}$$

$$CS = \frac{\text{样品必需氨基酸含量(mg/g N)}}{\text{鸡蛋蛋白质中相应必需氨基酸含量(mg/g N)}}$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100A}{AE} \times \frac{100B}{BE} \cdots \times \frac{100H}{HE}}$$

式中, n 为待测的必需氨基酸个数,A,B,...,H为样品必需氨基酸含量,AE,BE,...,HE为鸡蛋蛋白质中相应必需氨基酸含量。

采用Excel 2016和SPSS 19.0软件对实验数据进行处理,单因素方差分析(One-way ANOVA)进行显著性分析,结果以平均值 $\pm$ 标准差表示,差异显著性水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 组织学结构

如图1所示,肌纤维呈紫红色,形态正常,由白色肌内膜分隔成网状结构。各群体相比,大黄鱼肌纤维排列最为致密,为536.50根/ mm^2 ,显著高于小黄鱼、正交F1和反交F1($P < 0.05$)。与双亲相比,正交F1肌纤维直径显著升高($P < 0.05$),反交F1肌纤维

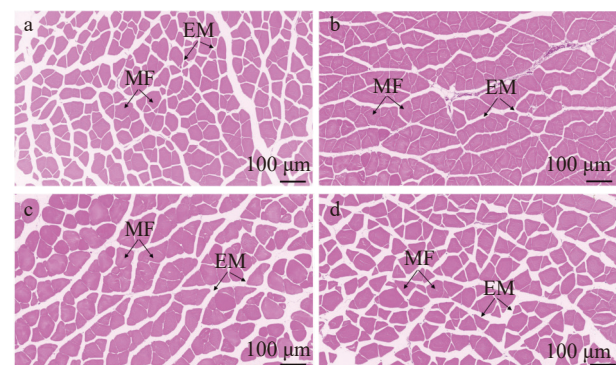


图1 四个黄鱼群体肌肉组织学结构

Fig. 1 Histological structure of muscle tissue in four populations of yellow croaker

a. 小黄鱼; b. 大黄鱼; c. 正交F1; d. 反交F1; MF. 肌纤维; EM. 肌内膜

a. *L. polyactis*; b. *L. crocea*; c. *L. polyactis* ♀ $\times$ *L. crocea* ♂; d. *L. crocea* ♀ $\times$ *L. polyactis* ♂; MF. Muscle fiber; EM. Endomysium

直径则无显著性差异($P>0.05$)。相比之下, 小黄鱼和大黄鱼肌纤维大小更加一致(表 1)。

2.2 常规营养成分

四个黄鱼群体肌肉中水分、粗灰分、粗蛋白和粗脂肪含量如表 2 所示。其中, 正交F1 (72.70%)和反交F1 (72.58%)水分含量显著低于小黄鱼(74.17%)和大黄鱼(73.74%; $P<0.05$); 粗灰分含量(3.14%和3.18%)显著低于大黄鱼(3.66%; $P<0.05$), 而与小黄鱼无显著差异($P>0.05$); 正交F1 (16.88%)和反交F1 (16.93%)粗蛋白含量显著高于小黄鱼(16.13%)和大黄鱼(16.01%; $P<0.05$); 粗脂肪含量(5.03%和5.12%)显著高于小黄鱼(4.73%; $P<0.05$), 显著低于大黄鱼(5.37%; $P<0.05$)。

2.3 氨基酸组成

在四个黄鱼群体中共检测到17种氨基酸, 其中EAA 7种, 包括缬氨酸(Val)、甲硫氨酸(Met)、异亮氨酸(Ile)、亮氨酸(Leu)、苏氨酸(Thr)、苯丙氨酸(Phe)和赖氨酸(Lys), EAA中除Val外, 其余氨基酸在正交F1和反交F1中的含量均显著高于双亲($P<0.05$); 在10种非必需氨基酸(NEAA, Non-essential

amino acid: 天冬氨酸Asp、酪氨酸Tyr、丝氨酸Ser、谷氨酸Glu、脯氨酸Pro、甘氨酸Gly、丙氨酸Ala、胱氨酸Cys、组氨酸His和精氨酸Arg)中, Gly和His在四个群体中无显著性差异, Ser在正交F1中的含量显著高于双亲($P<0.05$), 在反交F1中显著高于小黄鱼($P<0.05$), 其余7种氨基酸在正交F1和反交F1中的含量均显著高于双亲($P<0.05$)。总体而言, 正交F1和反交F1 TAA、TEAA和非必需氨基酸总量(TNEAA, Total non-essential amino acid)均显著高于双亲($P<0.05$); 正交F1 TDAA显著高于小黄鱼($P<0.05$), 与大黄鱼无显著性差异($P>0.05$), 反交F1显著高于双亲($P<0.05$); 反交F1 EAA/TAA值和EAA/NEAA值最高, 显著高于其双亲及正交F1 ($P<0.05$; 表 3)。

2.4 氨基酸组成评价

必需氨基酸组成评价结果显示, 四个黄鱼群体中AAS均大于1, 高于FAO/WHO标准。小黄鱼和大黄鱼中Lys评分最高(2.15和2.18), 含硫氨基酸(Met+Cys)最低(1.21和1.18); 正交F1和反交F1中Lys评分最高(2.21和2.18), Val最低(1.26和1.25)。根据CS评分结果, 四个黄鱼群体中除Val和Met+Cys外, 其余EAA含量均高于鸡蛋蛋白, 其中Met+Cys为第一限制性氨基酸。四个黄鱼群体EAAI均大于100, 不同群体间EAAI存在差异, 比较而言, 正交F1>反交F1>大黄鱼>小黄鱼(表 4)。

2.5 脂肪酸组成

四个黄鱼群体肌肉中脂肪酸的组成及含量见表 5, 共检测出22种脂肪酸, 包括7种饱和脂肪酸(SFA, Saturated fatty acid)、7种单不饱和脂肪酸(MUFA, Monounsaturated fatty acid)和8种多不饱和脂肪酸(PUFA, Polyunsaturated fatty acids)。除C15:0、C20:0、C17:1、C20:1n-9和C22:1外, 其余17种脂肪酸含量在四种黄鱼群体中均具有显著性差异($P<0.05$)。两种杂交黄鱼中C17:0和C22:6n-3 (DHA)含量最高。就总量而言, 正交F1和反交F1中 Σ SFA、 Σ MUFA含量显著高于小黄鱼($P<0.05$); 反交F1中 Σ PUFA含量显著低于双亲($P<0.05$), 正交F1中 Σ PUFA含量显著低于小黄鱼($P<0.05$)。四种黄鱼群体PUFA/SFA值介于0.51—0.57, 均高于理想脂肪酸的推荐值。

2.6 矿物质组成

四个黄鱼群体均检测出4种常量元素(K、Na、Mg和Ca)和6种微量元素(Mn、Zn、Fe、Se、Cu和Cr)。常量元素中K含量最高, 这与吴靖娜等^[15]的研究结果一致, 两种杂交黄鱼中Ca含量与大黄鱼接近, 并显著高于小黄鱼。微量元素中Fe和Zn含量最高, Cr含量最低, 正交F1和反交F1中Fe含量显著高于双亲

表 1 四个黄鱼群体肌肉纤维直径和密度

Tab. 1 Muscle fiber diameter and density in four yellow croaker populations

指标Index	小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	大黄鱼 <i>L. crocea</i>	正交F1 <i>L. polyactis</i> ♀ × <i>L. crocea</i> ♂	反交F1 <i>L. crocea</i> ♀ × <i>L. polyactis</i> ♂
直径 Diameter (μm)	42.09± 12.24 ^b	41.88± 12.41 ^b	49.17± 17.51 ^a	44.44± 19.13 ^{ab}
密度 Density (根/ mm^2)	377.31± 46.77 ^b	536.50± 31.96 ^a	367.74± 17.36 ^b	363.65± 27.34 ^b

注: 同行数据上标字母不同表示差异显著($P<0.05$); 下同

Note: Different superscript letters in the same row indicate significant differences ($P<0.05$); The same applies below

表 2 四个黄鱼群体肌肉常规营养成分比较

Tab. 2 Comparison of conventional nutritional components in the muscles among four populations of yellow croaker (wet weight, %)

群体 Population	水分 Moisture	粗灰分 Crude Ash	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat
小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	74.17±0.05 ^a	3.07±0.02 ^b	16.13±0.02 ^b	4.73±0.04 ^d
大黄鱼 <i>L. crocea</i>	73.74±0.04 ^b	3.66±0.09 ^a	16.01±0.02 ^c	5.37±0.03 ^a
正交F1 <i>L. polyactis</i> ♀ × <i>L. crocea</i> ♂	72.70±0.03 ^c	3.14±0.02 ^b	16.88±0.03 ^a	5.03±0.02 ^c
反交F1 <i>L. crocea</i> ♀ × <i>L. polyactis</i> ♂	72.58±0.09 ^c	3.18±0.02 ^b	16.93±0.03 ^a	5.12±0.02 ^b

注: 同列数据上标字母不同表示差异显著($P<0.05$); 下同

Note: Different superscript letters in the same column indicate significant differences ($P<0.05$); the same applies below

($P<0.05$), Zn含量显著高于小黄鱼($P<0.05$; 表 6)。

3 讨论

3.1 肌肉组织学

肌纤维直径和密度影响肌肉的质构特性, 是决定鱼肉质地的最主要因素^[16, 17]。一般肌纤维的密

度越高, 肌肉硬度越大^[18], 肌纤维直径越小, 肉质越细嫩^[19]。本研究结果显示, 正交F1和反交F1肌纤维密度显著低于大黄鱼而与小黄鱼无显著差异, 表明其肌肉硬度更接近于小黄鱼; 正交F1肌纤维直径显著高于双亲, 而反交F1肌纤维直径与双亲无显著差异, 表明反交F1嫩度与双亲无差异但优于正交F1。

表 3 四个黄鱼群体肌肉氨基酸组成

Tab. 3 Amino acid composition in the muscles of four yellow croaker populations (Dry weight, g/100 g)

氨基酸类别 Amino acid species	氨基酸名称 Amino acid name	小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	大黄鱼 <i>L. crocea</i>	正交F1 <i>L. polyactis</i> ♀ × <i>L. crocea</i> ♂	反交F1 <i>L. crocea</i> ♀ × <i>L. polyactis</i> ♂
非必需氨基酸NEAA	天冬氨酸Asp*	7.78±0.04 ^b	7.86±0.03 ^b	7.99±0.02 ^a	8.06±0.04 ^a
	酪氨酸Tyr	2.64±0.02 ^b	2.57±0.03 ^b	2.72±0.01 ^a	2.74±0.37 ^a
	丝氨酸Ser	3.27±0.02 ^c	3.32±0.03 ^b	3.43±0.01 ^a	3.36±0.00 ^b
	谷氨酸Glu*	11.76±0.04 ^c	11.79±0.02 ^c	12.12±0.03 ^b	12.90±0.02 ^a
	脯氨酸Pro	2.38±0.02 ^c	2.41±0.02 ^c	2.55±0.03 ^b	2.63±0.00 ^a
	甘氨酸Gly*	3.53±0.03	3.76±0.02	3.44±0.45	3.73±0.02
	丙氨酸Ala*	4.36±0.02 ^c	4.42±0.02 ^c	4.62±0.02 ^b	4.71±0.02 ^a
	胱氨酸Cys	0.47±0.01 ^b	0.47±0.02 ^b	0.54±0.01 ^a	0.53±0.00 ^a
	组氨酸His	1.62±0.04	1.54±0.02	1.62±0.02	1.65±0.05
	精氨酸Arg	4.52±0.03 ^b	4.50±0.03 ^b	4.69±0.03 ^a	4.62±0.03 ^a
必需氨基酸EAA	缬氨酸Val	3.85±0.02	3.84±0.03	3.92±0.02	3.87±0.03
	甲硫氨酸Met	2.18±0.05 ^b	2.09±0.02 ^b	2.30±0.03 ^a	2.33±0.03 ^a
	异亮氨酸Ile	3.48±0.03 ^c	3.49±0.01 ^c	3.69±0.02 ^a	3.57±0.02 ^b
	亮氨酸Leu	6.14±0.02 ^c	6.17±0.03 ^c	6.32±0.02 ^b	6.38±0.01 ^a
	苏氨酸Thr	3.39±0.02 ^b	3.36±0.02 ^b	3.47±0.03 ^a	3.49±0.05 ^a
	苯丙氨酸Phe	3.04±0.02 ^b	3.09±0.02 ^b	3.31±0.02 ^a	3.26±0.02 ^a
	赖氨酸Lys	7.26±0.02 ^c	7.31±0.02 ^c	7.53±0.03 ^a	7.44±0.04 ^b
氨基酸总量TAA		71.68±0.06 ^c	72.01±0.11 ^c	74.26±0.52 ^b	75.28±0.22 ^a
必需氨基酸总量TEAA		29.34±0.02 ^b	29.34±0.11 ^b	30.54±0.01 ^a	30.34±0.13 ^a
非必需氨基酸总量TNEAA		42.34±0.08 ^c	42.67±0.05 ^c	43.73±0.53 ^b	44.93±0.10 ^a
呈味氨基酸总量TDAA		27.44±0.09 ^c	27.83±0.78 ^{bc}	28.17±0.48 ^b	29.41±0.07 ^a
EAA/TAA (%)		40.94±0.06 ^a	40.75±0.09 ^a	41.12±0.29 ^a	40.31±0.05 ^b
EAA/NEAA (%)		69.31±0.18 ^a	68.77±0.27 ^a	69.85±0.85 ^a	67.53±0.15 ^b

注: *呈味氨基酸
Note: *delicious amino acid

表 4 四个黄鱼群体肌肉必需氨基酸组成评价

Tab. 4 Evaluation of the essential amino acid composition in the muscles of four yellow croaker populations

氨基酸 Amino acid	FAO评分模式 FAO scoring pattern (mg/g N)	鸡蛋蛋白 Egg protein (mg/g N)	小黄鱼 <i>L. polyactis</i>		大黄鱼 <i>L. crocea</i>		正交F1 <i>L. polyactis</i> ♀ × <i>L. crocea</i> ♂		反交F1 <i>L. crocea</i> ♀ × <i>L. polyactis</i> ♂	
			AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS
缬氨酸Val	310	411	1.25	0.94	1.26	0.94	1.26	0.95	1.25	0.94
甲硫氨酸+胱氨酸Met+Cys	220	386	1.21	0.69	1.18	0.67	1.29	0.74	1.29	0.74
异亮氨酸Ile	250	331	1.40	1.06	1.42	1.07	1.47	1.11	1.42	1.07
亮氨酸Leu	440	534	1.41	1.16	1.42	1.17	1.44	1.18	1.45	1.19
苏氨酸Thr	250	292	1.37	1.17	1.36	1.17	1.39	1.19	1.39	1.19
苯丙氨酸+酪氨酸Phe+Tyr	380	565	1.51	1.01	1.51	1.02	1.59	1.07	1.57	1.06
赖氨酸Lys	340	441	2.15	1.66	2.18	1.68	2.21	1.71	2.18	1.68
必需氨基酸指数EAAI			106.69		106.91		110.42		109.46	

表 5 四个黄鱼群体肌肉脂肪酸组成及含量

Tab. 5 Fatty acid composition and content in the muscles of four yellow croaker populations (%)

脂肪酸 Fatty acid	小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	大黄鱼 <i>L. crocea</i>	正交F1 <i>L. polyactis</i> ♀ × <i>L. crocea</i> ♂	反交F1 <i>L. crocea</i> ♀ × <i>L. polyactis</i> ♂
SFA				
C14:0	3.08±0.02 ^c	3.37±0.04 ^a	3.21±0.02 ^b	3.26±0.01 ^b
C15:0	0.40±0.02	0.41±0.01	0.40±0.02	0.41±0.01
C16:0	26.85±0.05 ^a	26.75±0.06 ^a	26.48±0.05 ^b	26.53±0.03 ^b
C17:0	0.42±0.00 ^c	0.44±0.01 ^b	0.49±0.00 ^a	0.48±0.00 ^a
C18:0	5.49±0.05 ^d	5.73±0.03 ^c	6.08±0.04 ^a	5.90±0.03 ^b
C20:0	0.27±0.01	0.28±0.01	0.29±0.00	0.29±0.01
C22:0	0.14±0.00 ^a	0.16±0.00 ^a	0.12±0.01 ^b	0.13±0.00 ^b
ΣSFA	36.65±0.03 ^b	37.13±0.04 ^a	37.07±0.07 ^a	37.00±0.04 ^a
MUFA				
C14:1	0.68±0.06 ^b	1.55±0.57 ^a	2.10±0.09 ^a	2.08±0.07 ^a
C16:1	11.02±0.03 ^b	11.32±0.03 ^a	10.42±0.02 ^d	10.59±0.04 ^c
C17:1	0.25±0.01	0.27±0.01	0.25±0.00	0.26±0.01
C18:1n-9c	29.73±0.03 ^b	30.03±0.14 ^a	30.28±0.11 ^a	30.27±0.06 ^a
C20:1n-9	0.25±0.01	0.23±0.00	0.23±0.01	0.23±0.02
C22:1	0.14±0.00	0.13±0.00	0.13±0.00	0.13±0.00
C24:1n-9	0.35±0.01 ^c	0.37±0.00 ^{bc}	0.40±0.01 ^a	0.39±0.00 ^{ab}
ΣMUFA	42.42±0.05 ^b	43.91±0.44 ^a	43.81±0.07 ^a	43.94±0.10 ^a
PUFA				
C18:2n-6c	7.82±0.05 ^a	6.62±0.05 ^b	6.40±0.02 ^c	6.34±0.07 ^c
C22:2	0.22±0.01 ^c	0.35±0.01 ^a	0.33±0.01 ^a	0.26±0.01 ^b
C18:3n-6	0.42±0.02 ^b	0.57±0.00 ^a	0.56±0.01 ^a	0.54±0.01 ^a
C18:3n-3	0.75±0.02 ^a	0.70±0.01 ^b	0.67±0.02 ^b	0.67±0.01 ^b
C20:4	0.93±0.01 ^a	0.84±0.03 ^b	0.92±0.01 ^a	0.93±0.00 ^a
C20:5n-3 (EPA)	3.78±0.02 ^a	3.50±0.04 ^b	3.22±0.03 ^c	3.27±0.05 ^c
C22:5n-3	1.00±0.02 ^a	0.88±0.02 ^c	0.92±0.00 ^b	0.94±0.00 ^b
C22:6n-3 (DHA)	6.01±0.02 ^b	5.83±0.05 ^c	6.10±0.03 ^a	6.12±0.02 ^a
ΣPUFA	20.93±0.08 ^a	19.30±0.07 ^b	19.12±0.05 ^{bc}	19.06±0.07 ^c
PUFA/SFA	0.57	0.52	0.51	0.52

表 6 四个黄鱼群体肌肉矿物质组成及含量

Tab. 6 Mineral elements composition and content in the muscles of four yellow croaker populations

矿物质 Mineral element (mg/kg)	小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	大黄鱼 <i>L. crocea</i>	正交F1 <i>L. polyactis</i> ♀ × <i>L. crocea</i> ♂	反交F1 <i>L. crocea</i> ♀ × <i>L. polyactis</i> ♂
常量元素 Macroelement				
K	9667.87±23.25 ^a	9847.96±29.39 ^a	9259.01±53.72 ^b	9304.61±2.91 ^b
Na	885.56±1.38 ^a	879.13±4.22 ^a	818.42±5.26 ^b	849.42±4.25 ^{ab}
Mg	911.23±3.94 ^a	884.89±1.59 ^b	870.53±3.02 ^b	866.19±1.81 ^b
Ca	855.43±7.58 ^b	981.09±4.27 ^a	993.62±8.31 ^a	998±2.44 ^a
微量元素 Microelement				
Mn	1.92±0.01 ^a	1.89±0.01 ^{ab}	1.82±0.01 ^b	1.72±0.01 ^c
Zn	19.03±0.06 ^b	19.4±0.03 ^{ab}	19.77±0.04 ^a	19.66±0.07 ^a
Fe	23.06±0.07 ^c	23.73±0.01 ^b	24.75±0.06 ^a	24.44±0.06 ^a
Se	0.74±0.00 ^a	0.68±0.00 ^b	0.75±0.01 ^a	0.75±0.01 ^a
Cu	4.37±0.03 ^b	4.63±0.02 ^a	3.96±0.02 ^c	3.96±0.02 ^c
Cr	0.00065±0.00 ^a	0.00066±0.00 ^a	0.00054±0.00 ^b	0.00063±0.00 ^{ab}

此外,有研究表明,肌纤维直径大、纤维密度低可以增加肌肉蛋白质含量和鲜味物质浓度^[20],这与本研究结果相符。

3.2 常规营养成分

肌肉中蛋白质和脂肪含量是衡量鱼类营养价值的两个重要指标。本研究首次对15月龄小黄鱼、大黄鱼及其正反杂交种肌肉营养成分进行了测定,结果表明,正交F1和反交F1蛋白质含量均显著高于双亲,表现出杂种优势。四个黄鱼群体脂肪含量介于4.73%—5.37%,属中脂鱼类^[21]。鱼肉中水分含量与脂肪含量成反比^[22,23],这与本研究结果一致。与已有研究报道相比,本研究中小黄鱼、大黄鱼和正交F1蛋白质和脂肪含量与刘峰等^[9]的研究结果相近;小黄鱼蛋白质含量高于高学慧等^[24]、低于于琴芳等^[25]的研究结果,脂肪含量高于高学慧等^[24]和于琴芳等^[25]的研究结果;大黄鱼蛋白质含量低于吴靖娜等^[15]和颜霖等^[26]的研究结果,脂肪含量低于吴靖娜等^[15]的研究结果,与颜霖等^[26]的研究结果相当。导致这一差异的原因可能与所取样品的规格大小、地理位置、生长季节和饵料来源等有关。

3.3 氨基酸组成及品质评价

氨基酸组成与含量是评价鱼肉产品营养价值的重要指标,EAA决定蛋白质的营养价值,而DAA在一定程度上决定着肉质是否鲜美^[27]。两种杂交黄鱼肌肉TDAA(28.17和29.41 g/100 g)均显著高于小黄鱼(27.44 g/100 g)和大黄鱼(27.83 g/100 g)。在DAA中,Asp和Glu是呈鲜味的特征性氨基酸,Glu的鲜味最强,而Gly和Ala是呈甘味的特征性氨基酸^[9]。除Gly外,其余3种DAA在杂交黄鱼中的含量均显著高于双亲,且Glu在所有氨基酸组成中含量最高,说明四种黄鱼味道鲜美,而杂交黄鱼鲜度更高。杂交黄鱼及其亲本肌肉中共检测到7种EAA(Val、Met、Ile、Leu、Thr、Phe和Lys),种类丰富,含量高。除

Val外,其他EAA种类及TEAA在两种杂交黄鱼中均显著高于双亲。鱼类是优质蛋白质的极佳来源,尤其是Lys和Met^[22]。四种黄鱼肌肉中Lys在EAA中含量最高(7.26—7.53 g/100 g),可以弥补谷物中Lys的不足,从而提高人体对蛋白质的利用率,比较而言,杂交黄鱼较双亲具有更高的营养价值。四个黄鱼群体EAA/TAA值为40.31%—41.12%,EAA/NEAA值为67.53%—69.85%,高于FAO/WHO推荐的理想蛋白质模式(EAA/TAA $\geq$ 40%,EAA/NEAA $\geq$ 60%),属于优质的食用蛋白质。AAS、CS和EAAI是评价食物蛋白质营养价值的重要指标,四个黄鱼群体AAS均大于1,高于FAO/WHO标准,其中比值最高的是Lys,这与于琴芳等^[25]的研究结果一致。EAAI值均大于100,但正交F1和反交F1 EAAI值较双亲更高,表明杂交黄鱼更接近标准蛋白质的必需氨基酸比例,更易被人体消化吸收。

3.4 脂肪酸评价

脂肪酸可以为人体提供能量来源、促进新陈代谢,是人体机能关键的组成部分。根据碳氢链饱和与不饱和程度可将其分为SFA、MUFA和PUFA三大类。在本研究中,四个黄鱼群体的脂肪酸种类丰富,UFA含量高于SFA,SFA、MUFA和PUFA分别以C16:0、C18:1n-9c和C18:2n-6c含量最高。脂肪酸组成对食品的风味有一定的影响,有研究表明,SFA和MUFA与风味、嫩度及多汁性呈显著正相关^[28]。两种杂交黄鱼的SFA和MUFA含量与大黄鱼相当,且均显著高于小黄鱼,说明杂交种的风味得到有效改善,具有较高的食用价值。DHA和EPA是人体必需脂肪酸,需要通过食物供给,二者在促进大脑发育、增强记忆力、预防心血管疾病和免疫调节等方面具有重要作用^[29]。四个黄鱼群体肌肉中DHA和EPA含量丰富,占PUFA总量的46.77%—49.27%,其中DHA含量在两种杂交黄鱼中显著高于双亲及高学慧等^[24]对小黄鱼的研究结果,具有较高的保健价值。PUFA/SFA值是评价鱼类营养价值的重要指标之一,四个黄鱼群体中该比值分别为0.51、0.52、0.57和0.52,均高于联合国健康部门的推荐值(0.40),具有理想的脂肪酸组成。

3.5 矿物质组成

水生动物可较强富集来自于水环境和饵料中的矿物质元素,并通过膳食补充给人体,以维持人体正常的生理机能^[30]。在本研究中,常量元素K、Na、Mg和Ca在四个黄鱼群体中均被检出,各元素含量在不同群体中存在显著差异,两种杂交黄鱼中Ca元素含量高于双亲,而K、Na和Mg含量低于双亲。微量元素中Fe含量最高,其次是Zn,二者在两

种杂交黄鱼中的含量均高于双亲。矿物质元素会影响鱼肉的货架期和风味,如Fe可以防止机体脂类氧化、保持肉味^[31],杂交黄鱼中Fe元素丰富对肌肉品质的提高具有重要作用。除此之外,Ca元素是骨骼和牙齿的重要成分,Fe和Zn能够促进生长发育、抵抗疾病^[32]。因此,杂交黄鱼可作为人体补充Ca、Fe和Zn元素的良好来源,具有很好的营养价值。

综上所述,小黄鱼、大黄鱼及其正反杂交种肌肉蛋白质含量高,氨基酸种类丰富,并富含不饱和脂肪酸和矿物质元素,具有较高的营养价值。两种杂交黄鱼获得了一定的杂交优势,具体表现为蛋白质和EAA含量更高,尤其是DAA和Lys等,味道更加鲜美,更易被人体吸收利用;同时具有更高含量的DHA及矿物质元素(Ca、Fe和Zn)。该研究结果阐述了杂交育种对肌肉品质的影响,可为黄鱼肉质改良及新品种培育提供重要参考。

(作者声明本文符合出版伦理要求)

参考文献:

- [1] Wang D, Gao H Q. China Fishery Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2024. [王丹, 高宏泉. 中国渔业统计年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2024.]
- [2] Lou B, Zhan W, Chen R Y, et al. Studies on techniques of the artificial breeding of *Larimichthys polyactis* [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2016, **35**(5): 361-365. [楼宝, 詹炜, 陈睿毅, 等. 小黄鱼全人工繁育技术研究 [J]. 浙江海洋大学学报(自然科学版), 2016, **35**(5): 361-365.]
- [3] Guo D D, Liu F, Niu B L, et al. Genetic diversity of wild and cultured populations of little yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) based on mitochondrial *Cytb* gene and D-loop region [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2022, **34**(9): 1856-1865. [郭丹丹, 刘峰, 牛宝龙, 等. 基于线粒体 *Cytb* 基因和D-loop区的野生与养殖小黄鱼群体遗传多样性 [J]. 浙江农业学报, 2022, **34**(9): 1856-1865.]
- [4] Liu F, Gao S B, Liu Y Y, et al. Morphological characteristics comparison of *Larimichthys polyactis*, *L. crocea* and their hybrids (*L. polyactis* ♀ × *L. crocea* ♂) [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2020, **29**(2): 189-198. [刘峰, 高松柏, 刘阳阳, 等. 小黄鱼与大黄鱼及其杂交 F₁ (小黄鱼♀×大黄鱼♂) 表型差异分析 [J]. 上海海洋大学学报, 2020, **29**(2): 189-198.]
- [5] Liu S J. Distant hybridization leads to different ploidy fishes [J]. *Science China Life Sciences*, 2010, **53**(4): 416-425.
- [6] Lou Y D, Li X Q. Distant hybridization of fish and its application in aquaculture in China [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2006, **13**(1): 151-158. [楼允东, 李小勤. 中国鱼类远缘杂交研究及其在水产养殖上的应用 [J]. 中国水产科学, 2006, **13**(1): 151-158.]

- [7] Liu F, Liu Y Y, Chu T Q, *et al.* Interspecific hybridization and genetic characterization of *Larimichthys polyactis* (♀) and *L. crocea* (♂) [J]. *Aquaculture International*, 2019(27): 663-674.
- [8] Guo D D, Liu F, Niu B L, *et al.* Establishment of diploid hybrid strains derived from female *Larimichthys crocea* × male *Larimichthys polyactis* and transmission of parental mtDNA in hybrid progenies [J]. *Aquaculture*, 2022(561): 738693.
- [9] Liu F, Gao S B, Zhan W, *et al.* An analysis of nutritive composition of *Larimichthys polyactis* ♀ × *Larimichthys crocea* ♂ hybrid muscle and their parents [J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2020, **50**(8): 34-42. [刘峰, 高松柏, 詹炜, 等. 小黄鱼♀与大黄鱼♂杂交子代的肌肉营养成分分析 [J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2020, **50**(8): 34-42.]
- [10] Wang L G, Cornel A, Lou B, *et al.* Nutritional analysis and evaluation of muscle in small yellow croaker *Larimichthys polyactis* from four different localities [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2018, **40**(2): 203-205. [王立改, Angela Cornel, 楼宝, 等. 四个地域小黄鱼肌肉营养成分分析与评价 [J]. 营养学报, 2018, **40**(2): 203-205.]
- [11] FAO and WHO. Energy and Protein Requirements [R]. Geneva: World Health Organization, 1973.
- [12] Wang G Y. Food Composition Table: National Representative Value [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 1991: 28-35. [王光亚. 食物成分表: 全国代表值 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1991: 28-35.]
- [13] Li W W, Huang T Q, Gu W, *et al.* The analysis of muscle nutrient composition of six representative breeding population of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2023, **47**(9): 1425-1434. [李文文, 黄天晴, 谷伟, 等. 六个虹鳟代表性繁育群体肌肉营养成分分析 [J]. 水生生物学报, 2023, **47**(9): 1425-1434.]
- [14] Ge J M, Zi F Z, Wang X Y, *et al.* A comparative study on fish growth and nutritional composition under pond ecological farming in Xinjiang [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2023, **30**(5): 559-572. [葛建民, 瞿方泽, 王新月, 等. 新疆盐碱水湖塘生态养殖模式下鱼类生长及肌肉营养品质 [J]. 中国水产科学, 2023, **30**(5): 559-572.]
- [15] Wu J N, Xu Y A, Liu Z Y. Analysis and evaluation of nutritional components in meat of bred *Pseudosciaena crocea* [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2013, **35**(6): 610-612. [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.]
- [16] Wang C C, Liu W B, Huang Y Y, *et al.* Dietary DHA affects muscle fiber development by activating AMPK/Sirt1 pathway in blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) [J]. *Aquaculture*, 2020(518): 734835.
- [17] Johnston I A, Alderson R, Sandham C, *et al.* Muscle fibre density in relation to the colour and texture of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) [J]. *Aquaculture*, 2000, **189**(3-4): 335-349.
- [18] Valente L M P, Cornet J, Donnay-Moreno C, *et al.* Quality differences of gilthead sea bream from distinct production systems in Southern Europe: Intensive, integrated, semi-intensive or extensive systems [J]. *Food Control*, 2011, **22**(5): 708-717.
- [19] Li T S, Liu F M, Yin X H, *et al.* The evaluation methods of chicken meat tenderness and their relationship [J]. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2004, **35**(2): 171-177. [李同树, 刘凤民, 尹逊河, 等. 鸡肉嫩度评定方法及其指标间的相关分析 [J]. 畜牧兽医学报, 2004, **35**(2): 171-177.]
- [20] Xu D, Liu W, Xu W B, *et al.* Effects of different feeding methods on muscle tenderness in the F1 generation of Pudong chicken hybrids [J]. *Shanghai Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2013(6): 16-17. [许栋, 刘炜, 徐卫彬, 等. 不同饲养方式对浦东鸡杂交F1代肌肉嫩度的影响 [J]. 上海畜牧兽医通讯, 2013(6): 16-17.]
- [21] Haard N F. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish [J]. *Food Research International*, 1992, **25**(4): 289-307.
- [22] Pal J, Shukla B N, Maurya A K, *et al.* A review on role of fish in human nutrition with special emphasis to essential fatty acid [J]. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2018, **6**(2): 427-430.
- [23] Jacquot R. Organic Constituents of Fish and Other Aquatic Animal Foods [M]. Amsterdam: Elsevier, 1961: 145-209.
- [24] Gao X H, Zhang X J, Yu H X, *et al.* Analysis and evaluation of the nutritional components in the muscle of *Pseudosciaena polyactis* and *Collichthys lucidus* [J]. *Journal of Zhejiang University (Science Edition)*, 2020, **47**(3): 362-369. [高学慧, 张小军, 余海霞, 等. 小黄鱼和棘头梅童鱼肌肉营养成分分析及品质评价 [J]. 浙江大学学报(理学版), 2020, **47**(3): 362-369.]
- [25] Yu Q F, Deng F M. Analysis and evaluation of nutritional components in muscle of silver carp, small yellow croaker, *Gadus macrocephalus* and *Muraenesox cinereus* [J]. *Academic Periodical of Farm Products Processing*, 2012(9): 11-14+18. [于琴芳, 邓放明. 鲢鱼、小黄鱼、鳙鱼和海鳗肌肉中营养成分分析及评价 [J]. 农产品加工(学刊), 2012(9): 11-14+18.]
- [26] Yan L, Shi J S, Wang J J, *et al.* Analysis and comparison of nutritional components in muscle of 3 Sciaenidae species under cultured condition [J]. *Fishery Information & Strategy*, 2022, **37**(4): 277-285. [颜霖, 施建设, 王俊杰, 等. 养殖条件下3种石首鱼科鱼类肌肉营养成分的分析与比较 [J]. 渔业信息与战略, 2022, **37**(4): 277-285.]
- [27] 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. [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.]
- [28] Cameron N D, Enser M B. Fatty acid composition of lipid in *Longissimus dorsi* muscle of Duroc and British Landrace pigs and its relationship with eating quality [J]. *Meat Science*, 1991, **29**(4): 295-307.
- [29] Guo Y H, Li Y J. Research progress of EPA and DHA from aatic [J]. *Meat Research*, 2011, **25**(1): 82-86. [郭玉华, 李钰金. 水产品中EPA和DHA的研究进展 [J]. 肉类研究, 2011, **25**(1): 82-86.]
- [30] Guan W Z, Xu X J, Niu B L, *et al.* Comparison on muscle morphology and biochemical composition of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) cultured under different modes in Zhejiang province [J]. *Fisheries Science & Technology Information*, 2022, **49**(4): 187-192. [关文志, 许晓军, 牛宝龙, 等. 浙江地区不同养殖模式下大口黑鲈肌肉组织及生化组成特性分析 [J]. 水产科技情报, 2022, **49**(4): 187-192.]
- [31] Cheng H H, Xie C X, Li D P, *et al.* The study of muscular nutritional components and fish quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) in ecological model of cultivating grass carp with grass [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2016, **40**(7): 1050-1059. [程辉辉, 谢从新, 李大鹏, 等. 种青养鱼模式下的草鱼肌肉营养成分和品质特性 [J]. 水产学报, 2016, **40**(7): 1050-1059.]
- [32] Dong Y J, Yu L P, Yan W L, *et al.* Study on mineral elements in comestible fungus [J]. *Guangdong Trace Elements Science*, 2004, **11**(1): 47-50. [董宇静, 俞励平, 颜戊利, 等. 食用菌类中矿物质元素的研究 [J]. 广东微量元素科学, 2004, **11**(1): 47-50.]

ASSESSMENT OF MUSCULAR NUTRITIONAL QUALITY IN *LARIMICHTHYS POLYACTIS*, *LARIMICHTHYS CROCEA*, AND THEIR RECIPROCAL HYBRIDS

GUO Dan-Dan, LIU Feng, XIE Qing-Ping, YE Ting and LOU Bao

(Zhejiang Key Laboratory of Coastal Biological Germplasm Resources Conservation and Utilization, State Key Laboratory for Managing Biotic and Chemical Threats to the Quality and Safety of Agro-products, Institute of Hydrobiology, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

Abstract: In this study, we evaluated the muscle nutritional quality of *Larimichthys polyactis*, *Larimichthys crocea*, and their reciprocal hybrids (*L. polyactis* ♀ × *L. crocea* ♂ LPC and *L. crocea* ♀ × *L. polyactis* ♂ LCP) by analyzing the biochemical composition and histological structure. The results revealed that the crude fat content of the four yellow croaker populations ranged from 4.73% to 5.37%, classifying them as medium-fat fish. The crude protein content of LPC (16.88%) and LCP (16.93%) exhibited a significant increase compared to both parental lines (16.13% and 16.01%). A total of 17 amino acids, including 7 essential amino acids (EAA), were identified in the four populations. The EAAI varied from 106.69 to 110.42 across different populations. TAA, TEAA, and TDAA levels in LPC and LCP were significantly higher compared to their parental populations. Among the 22 detected fatty acids, DHA and EPA constituted approximately 46.77% to 49.27% of the total PUFA content in all four populations, with significantly higher DHA content observed in both hybrid yellow croaker varieties compared to their parental counterparts. The populations exhibited abundant contents of 4 macroelements (K, Na, Mg, and Ca), while the hybrid yellow croaker species displayed significantly higher levels of Zn and Fe in 6 microelements (Mn, Zn, Fe, Se, Cu, and Cr) compared to their parents. The histological analysis revealed that the muscle fiber density of LPC and LCP was significantly lower compared to that of large yellow croaker, but showed no significant difference when compared to small yellow croaker. Additionally, the muscle fiber diameter of LPC was significantly higher than both parental species. In summary, the muscle nutrients of all four yellow croaker groups were abundant, exhibiting high nutritional value. Furthermore, certain heterosis in specific nutritional indexes was observed in the two hybrid yellow croaker species. These findings explicate the impact of crossbreeding on muscle quality and offer valuable insights for enhancing meat quality and developing new breeds of yellow croaker.

Key words: Hybrids; Muscle nutritional quality; *Larimichthys polyactis*; *Larimichthys crocea*