

小黄鱼♀与大黄鱼♂杂交子代的肌肉营养成分分析*

刘峰¹, 高松柏², 詹炜¹, 储天琪³, 楼宝^{1**}

(1. 浙江省农业科学院水生生物研究所, 浙江 杭州 310021;

2. 浙江海洋大学海洋与渔业研究所, 浙江 舟山 316021; 3. 浙江海洋大学水产学院, 浙江 舟山 316022)

摘要: 为阐明小黄鱼♀(*Larimichthys polyactis*)和大黄鱼♂(*Larimichthys crocea*)杂交子代的肌肉营养成分特征以及
与双亲的差异,采用生化分析手段对杂交子代及其亲本的肌肉营养成分进行了比较分析。分析显示,杂交子代中水分含量
为72.95%,低于其亲本的水分含量(大黄鱼:73.67%,小黄鱼:74.06%),说明杂交子代具有低水分的特征。杂交子代的粗
蛋白含量为16.94%,显著高于双亲(大黄鱼:15.98%,小黄鱼:16.07%)。杂交子代粗脂肪含量(4.95%)显著小于大黄鱼
(5.39%),显著大于小黄鱼(4.64%)。在16种检测的氨基酸中,杂交子代的氨基酸总量(74.71%),与小黄鱼(71.11%)差
异不显著,但是显著高于小黄鱼(71.11%);必需氨基酸总含量(30.76%)显著高于小黄鱼(29.24%)和小黄鱼(29.28%)。
营养价值评价结果显示,3种鱼的营养价值的从高到低依次为:杂交子代>大黄鱼>小黄鱼。杂交子代的呈味氨基酸总量
高达28.86%,稍高于小黄鱼(27.69%),显著高于小黄鱼(27.37%)。杂交子代的饱和脂肪酸(SFA)含量高于双亲,而单不
饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸(PUFA)含量介于双亲之间;杂交子代的PUFA/SFA(57.46%)同样介于双亲(大黄鱼:
56.54%,小黄鱼:63.52%)之间,均高于脂肪酸组成的推荐值(40%),是理想的脂肪酸。综上所述,小黄鱼和大黄鱼的杂交
子代营养价值高、肉味鲜美,具有非常大的推广价值。

关键词: 大黄鱼;小黄鱼;杂交;肌肉;营养成分;氨基酸;脂肪酸

中图分类号: S917.4

文献标志码: A

文章编号: 1672-5174(2020)08-034-09

DOI: 10.16441/j.cnki.hdxh.20190156

引用格式: 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.

LIU Feng, GAO Song-Bai, ZHAN Wei, 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.

杂交育种是一种利用杂交手段培育优良品种的育种方法。杂交过程中的基因连锁和基因多效性等导致杂交选育过程中一个性状的改变往往伴随着其它性状的变化^[1-2]。利用杂种优势,能提高水产动物经济性性状,创制出具有生长速度快、抗逆性强、肉质鲜美等优良特性的新品种。该方法已经在鱼类遗传育种中得到了广泛应用。截至2017年,中国有83个通过遗传育种技术研制的国家级鱼类新品种,在这些鱼类新品种中,有40个为杂交种^[3]。通过杂交获得的杂交种,与亲代相比往往表现出生长快、存活率高、抗逆性强、肉质优美等诸多优势。

大黄鱼(*Larimichthys crocea*)和小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)同属于石首鱼科(Sciaenidae)黄鱼属

(*Larimichthys*)^[4],与带鱼(*Trichiurus japonicus*)和墨鱼(*Sepiella maindroni*)并称为中国传统“四大海产”,是中国重要的海产经济鱼类^[5],其肉味鲜美、营养价值高,深受消费者喜爱。大黄鱼分布于中国黄海南部、东海、台湾海峡以及南海北部^[6],初次性成熟时间一般为2龄、繁殖水温21~24℃。小黄鱼在我国黄海和东海北部均有分布^[7],初次性成熟年龄为1龄^[8]、人工繁殖水温一般为13~15℃^[9]。小黄鱼和大黄鱼除了形态特征方面的差异^[10],生态环境分布、繁殖习性等方面同样具有较大差异,存在着明显的生殖隔离,在自然环境中无法杂交产生后代。通过人工调控,本实验室成功实现了小黄鱼♀和大黄鱼♂的种间杂交,获得的杂交子代1年龄时体质量大于小黄鱼,小于大黄鱼^[11]。

* 基金项目:国家重点研究发展计划“蓝色粮仓科技创新”重点专项项目(2018YFD0901204);浙江省重点研究发展计划项目(2016C02055-7, 2017C02013);象山县科技计划项目(2019C0001)资助

Supported by the Blue Granary Scientific and Technological Innovation Major Project of the National Key Research and Development Program of China (2018YFD0901204); the Special Fund for the Key Research and Development Project of Zhejiang Province (2016C02055-7, 2017C02013); the Science and Technology Planning Project of Xiangshan City in Zhejiang Province (2019C0001)

收稿日期:2019-04-19;修订日期:2019-08-21

作者简介:刘峰(1987-),男,助理研究员,研究方向:水产动物遗传育种研究。E-mail: lengfeng0210@126.com

** 通讯作者: E-mail: loubao6577@163.com

关于小黄鱼^[12-13]和大黄鱼^[14-16]肌肉营养价值的相关研究已有较多研究报道,研究指出,小黄鱼肌肉中粗蛋白含量高于大黄鱼,但是粗脂肪含量低于大黄鱼。另外,小黄鱼肌肉中必需脂肪酸 EPA 与 DHA 的质量总量高于大黄鱼。上述研究都是与已有文献报道进行比较,而关于相同养殖条件下小黄鱼和大黄鱼肌肉营养价值的深入对比研究尚未见报道。为评价杂交子代(小黄鱼♀与大黄鱼♂)在营养价值方面是否具有杂种优势,本研究测定了 12 月龄的大黄鱼、小黄鱼及杂交子代肌肉的常规营养成分、氨基酸和脂肪酸的组成及含量,并进行了比较分析和评价,探讨了小黄鱼、大黄鱼以及两者的杂交子代肌肉的营养价值。本研究深入地阐明了小黄鱼和大黄鱼的杂交子代的开发利用价值,为杂交子代的推广和选育提供了基础依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验所需大黄鱼、小黄鱼及杂交子代(小黄鱼♀×大黄鱼♂)取自浙江省海洋水产研究所试验场,3 种鱼于 3 月龄开始混合养殖于同一 20 m³ 水泥池中。取样测量 3 月龄大黄鱼、小黄鱼和杂交子代平均体质量依次为:(6.88±0.33)、(12.06±0.37)和(8.77±0.32) g。实验鱼养殖至 12 月龄时,每种鱼取体表无伤,体质健壮个体各 15 尾,分为 5 个平行组,每组平行 3 尾实验鱼。大黄鱼、小黄鱼和杂交子代平均体质量依次为:(58.72±11.93)、(45.53±7.50)和(71.36±19.50) g。丁香酚麻醉后,剪断脊椎骨致死,取背部两侧肌肉,经绞碎后分别混合均匀,液氮速冻之后置于-80℃保存,用于营养成分测定。

1.2 生化成分测定

水分含量测定采用 105℃ 恒温烘干法(烘箱),按照 GB 5009.3-2016 执行;粗蛋白含量测定采用凯氏定氮法(Kjeldahl K-360 凯氏定氮仪;瑞士步琪有限公司),按照 GB 5009.5-2016 执行;粗脂肪含量测定采用索氏抽提法(FOSS Soxtec 2055 索氏抽提仪;瑞典福斯公司),按照 GB 5009.6-2016 执行;粗灰分含量测定采用马弗炉 550℃ 灼烧法(HJ—GWL30 马弗炉;东莞恒骏仪器设备有限公司),按照 GB 5009.4-2016 执行;氨基酸含量测定采用酶水解法(Biochrom 30 氨基酸自动分析仪;上海仁特检测仪器有限公司)完成,按照 GB 5009.124-2016 执行,其中,色氨酸在水解过程中被破坏,因此未进行色氨酸含量的测定和分析;脂肪酸的测定,依据 GB 5009.168-2016,水解提取,使用 Agilent 6890 气相色谱仪测定。

1.3 营养品质评价

对 3 种鱼的营养品质进行评价。将所测得的必需

氨基酸含量换算成每克氮(N)中含氨基酸的毫克数,然后与 WHO/FAO 氨基酸评分标准模式(% ,干物质)^[17]及全鸡蛋蛋白质的氨基酸评分标准模式(% ,干物质)^[18]进行比较,氨基酸含量、氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)计算公式如下:

氨基酸含量(mg/g·N) = 样品肌肉氨基酸百分含量(%) ÷ 样品肌肉粗蛋白百分含量(%) × 6.25 × 100。

AAS = 待评蛋白质氨基酸含量(mg/g·N) / (FAO/WHO) 评分标准模式中同种氨基酸的含量(mg/g·N)。

CS = 待评蛋白质某种氨基酸含量(mg/g·N) / 全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(mg/g·N)。

采用 SPSS19.0 软件对实验数据进行单因子方差分析(One-way ANOVA),多重比较用 Duncan's 进行差异显著性检验, $P>0.05$ 为差异显著,结果用平均值±标准误(Mean±SE)表示。

2 结果与分析

2.1 常规营养成分测定

如表 1 所示,3 种鱼的水分、粗蛋白、粗脂肪及粗灰分含量均存在显著差异($P<0.05$),其中,杂交子代水分含量(72.95%)显著低于小黄鱼(74.06%, $P<0.05$)、且略微低于大黄鱼(73.67%, $P>0.05$);杂交子代粗蛋白含量(16.94%)均显著高于双亲($P<0.05$),而双亲之间差异不显著($P>0.05$);杂交子代粗脂肪含量(4.95%)显著低于大黄鱼(5.39%, $P<0.05$),但是显著高于小黄鱼(4.64%, $P<0.05$);杂交子代粗灰分含量(3.03%)与小黄鱼(3.00%)无显著差异($P>0.05$),但是两者均显著低于大黄鱼(3.67%)($P<0.05$)。上述各项指标表明,杂交子代相对于大黄鱼和小黄鱼表现出更高的蛋白质含量,粗脂肪含量介于双亲之间。

2.2 氨基酸组分含量

本研究的 3 种鱼中均检测到 16 种氨基酸,其中必需氨基酸 7 种,非必需氨基酸 9 种,表明 3 种鱼肌肉中的氨基酸种类齐全。分析结果显示,3 种鱼的 16 种氨基酸含量从高到低排序较为一致,均是谷氨酸 Glu 含量最高,组氨酸 His 含量最低(见表 2)。有 9 种氨基酸组分含量在 3 种鱼中存在显著差异($P<0.05$),其中,天冬氨酸 Asp、缬氨酸 Val、异亮氨酸 Ile、亮氨酸 Leu 和赖氨酸 Lys 在杂交子代肌肉中的含量显著高于双亲($P<0.05$);甘氨酸 Gly、丙氨酸 Ala、苯丙氨酸 Phe、脯氨酸 Pro 在杂交子代肌肉中的含量显著高于小黄鱼($P<0.05$),但是与大黄鱼差异不显著($P>0.05$)。

必需氨基酸总量(TEAA)、非必需氨基酸总量(TNEAA)、呈味氨基酸总量(TFAA)及氨基酸总量

(TAA)在3种鱼之间均存在显著差异($P < 0.05$) (见表2),其中,杂交子代的EAA含量(30.76%)显著高于大黄鱼(29.24%)和小黄鱼(29.28%) ($P < 0.05$), NEAA和TAA在三者中含量均由高到低依次为:杂交子代>大黄鱼>小黄鱼。FAA在杂交子代中的含量(28.86%)高于小黄鱼(27.37%, $P < 0.05$)和大黄鱼(27.69%, $P > 0.05$)。本研究中,3种鱼的EAA/TAA

和EAA/NEAA均存在显著差异($P < 0.05$),其中EAA/TAA为40.93%~41.18%,从高到低依次为:小黄鱼>杂交子代>大黄鱼;EAA/NEAA为85.23%~86.18%,从高到低依次为:杂交子代>小黄鱼>大黄鱼。由此可见,杂交子代与大黄鱼、小黄鱼相似:氨基酸种类齐全,营养价值较高。

表1 大黄鱼、小黄鱼及杂交子代肌肉中营养成分含量比较(鲜物质基础)

Table 1 Composition of nutrient content in muscle of *L. crocea*, *L. polyactis* and their hybrids (fresh weight) /%

鱼种 Fish	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗灰分 Crude ash
大黄鱼 <i>L. crocea</i>	73.67±0.69 ^{ab}	15.98±0.48 ^a	5.39±0.20 ^c	3.67±0.13 ^b
小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	74.06±0.38 ^b	16.07±0.26 ^a	4.64±0.12 ^a	3.00±0.12 ^a
杂交子代 Hybrids	72.95±0.82 ^a	16.94±0.60 ^b	4.95±0.18 ^b	3.03±0.14 ^a

注:同一列中字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

Notes: Values with different lowercase superscripts in the same column are statistically different ($P < 0.05$).

表2 大黄鱼、小黄鱼及杂交子代肌肉中必需氨基酸组成及其质量分数含量(干物质基础)

Table 2 Composition of amino acids in muscle of *L. crocea*, *L. polyactis* and their hybrids (dry weight) /%

组分 Composition	大黄鱼 <i>L. crocea</i>	小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	杂交 F ₁ Hybrid F ₁	组分 Composition	大黄鱼 <i>L. crocea</i>	小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	杂交 F ₁ Hybrid F ₁
苏氨酸 Thr [*]	3.39±0.06	3.41±0.03	3.53±0.07	丝氨酸 Ser	3.29±0.06	3.27±0.03	3.38±0.06
缬氨酸 Val [*]	3.76±0.07 ^a	3.75±0.04 ^a	3.97±0.07 ^b	酪氨酸 Tyr	2.65±0.05	2.65±0.03	2.77±0.05
蛋氨酸 Met [*]	2.14±0.05	2.24±0.04	2.29±0.06	组氨酸 His	1.57±0.03	1.61±0.02	1.65±0.03
异亮氨酸 Ile [*]	3.47±0.07 ^a	3.47±0.04 ^a	3.69±0.07 ^b	精氨酸 Arg	4.52±0.09	4.51±0.05	4.69±0.08
亮氨酸 Leu [*]	6.13±0.12 ^a	6.12±0.07 ^a	6.43±0.11 ^b	脯氨酸 Pro	2.47±0.04 ^{ab}	2.43±0.03 ^a	2.60±0.05 ^b
苯丙氨酸 Phe [*]	3.12±0.06 ^{ab}	3.07±0.04 ^a	3.27±0.05 ^b	必需氨基酸总量 TEAA	29.24±0.55 ^a	29.28±0.32 ^a	30.76±0.57 ^b
赖氨酸 Lys [*]	7.23±0.13 ^a	7.21±0.07 ^a	7.57±0.14 ^b	非必需氨基酸总量 TNEAA	34.31±0.64 ^{ab}	33.99±0.38 ^a	35.68±0.62 ^b
天冬氨酸 Asp [#]	7.89±0.14 ^a	7.84±0.09 ^a	8.27±0.14 ^b	呈味氨基酸总量 TFAA	27.69±0.51 ^{ab}	27.37±0.33 ^a	28.86±0.48 ^b
谷氨酸 Glu [#]	11.64±0.23	11.63±0.15	12.14±0.23	氨基酸总量 TAA	71.44±1.33 ^{ab}	71.11±0.78 ^a	74.71±1.32 ^b
甘氨酸 Gly [#]	3.67±0.06 ^b	3.49±0.04 ^a	3.76±0.04 ^b	EAA/TAA	40.93±0.06 ^a	41.18±0.07 ^b	41.16±0.04 ^b
丙氨酸 Ala [#]	4.49±0.08 ^{ab}	4.40±0.06 ^a	4.69±0.07 ^b	EAA/NEAA	85.23±0.22 ^a	86.15±0.23 ^b	86.18±0.13 ^b

注: * 必需氨基酸; # 呈味氨基酸。同一行数据上标字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

Notes: * Essential amino acid; # Delicious amino acid. In the same row, values with different small letter superscripts are significantly different ($P < 0.05$). The same as below.

2.3 必需氨基酸组成评价

食品中蛋白质的营养价值很大程度上取决于EAA的含量及比例。表3为必需氨基酸组分含量换算成每克氮(N)中含氨基酸的毫克数,与FAO/WHO及鸡蛋蛋白质标准对比分析结果,由表3可知,3种鱼的EAA总量的高低趋势为:杂交子代(3 349.94)>大黄鱼

(3 286.11)>小黄鱼(3 222.02),均高于FAO/WHO标准(2 190)和鸡蛋蛋白质标准(2 960)。其中,3种鱼的苏氨酸 Thr、异亮氨酸 Ile、亮氨酸 Leu、苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr 和赖氨酸 Lys 含量均高于两个标准,而缬氨酸 Val 和蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys 的含量介于两个标准之间。

表 3 小黄鱼、大黄鱼及杂交黄鱼肌肉中必需氨基酸含量与 FAO/WHO 标准和鸡蛋蛋白质的比较
Table 3 Comparison of the essential amino acid contents in the muscles of *L. crocea*, *L. polyactis* and hybrids with the FAO/WHO standard and the egg protein /mg · g⁻¹ · N

氨基酸 Amino acids	大黄鱼 <i>L. crocea</i>	小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	杂交 F ₁ Hybrid F ₁	FAO/WHO 标准 FAO/WHO standard	鸡蛋蛋白质 Egg protein
苏氨酸 Thr	349.04	344.56	352.43	250	292
缬氨酸 Val	387.82	378.50	396.48	310	411
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	220.58	226.30	228.77	220	386
异亮氨酸 Ile	357.63	350.40	369.00	250	331
亮氨酸 Leu	631.89	617.29	642.47	440	534
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	594.71	577.14	604.15	380	565
赖氨酸 Lys	744.44	727.83	756.64	340	441
总计 Total	3 286.11	3 222.02	3 349.94	2 190	2 960

为了对杂交子代及其双亲的营养价值作进一步的评价,将表 3 中的必需氨基酸含量依照 FAO/WHO 模式和鸡蛋蛋白质模式进行氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS),评分结果列于表 4。比较得知,杂交子代的 7 种 EAA 的 AAS 和 CS 评分均稍高于大黄鱼和小黄鱼,如果以 AAS 和 CS 作为营养评价标准,3 种鱼的营养价值排序为:杂交子代>大黄鱼>小黄鱼。

表 4 大黄鱼、小黄鱼及杂交子代必需氨基酸组成评价
Table 4 Evaluation of essential amino acids composition in muscle of *L. crocea*, *L. polyactis* and hybrid

氨基酸 Amino acids	AAS 评分 AAS score mode			CS 评分 CS score mode		
	大黄鱼 <i>L. crocea</i>	小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	杂交 F ₁ Hybrid F ₁	大黄鱼 <i>L. crocea</i>	小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	杂交 F ₁ Hybrid F ₁
苏氨酸 Thr	1.40	1.38	1.41	1.20	1.18	1.21
缬氨酸 Val	1.25	1.22	1.28	0.94	0.92	0.96
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	1.00	1.03	1.04	0.57	0.59	0.59
异亮氨酸 Ile	1.43	1.40	1.47	1.08	1.06	1.11
亮氨酸 Leu	1.44	1.40	1.46	1.18	1.16	1.20
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	1.56	1.52	1.59	1.05	1.02	1.07
赖氨酸 Lys	2.19	2.14	2.22	1.69	1.65	1.71

2.4 脂肪酸组分含量测定

脂肪酸的分析结果显示,3 种鱼的肌肉中均检测到 25 种相同的脂肪酸组分,包括 7 种饱和脂肪酸(SFA),7 种单不饱和脂肪酸(MUFA)和 11 种多不饱和脂肪酸(PUFA)。25 种脂肪酸中,有 17 种脂肪酸含量在 3 种鱼中差异显著($P<0.05$)。SFA 含量在 3 种鱼中从高到低依次为:杂交子代(37.02%)>大黄鱼(36.96%)>小黄鱼(36.31%),其中杂交子代与小黄鱼差异不显著($P>0.05$),但是显著高于小黄鱼($P<0.05$);MUFA 含量的排序为小黄鱼(42.15%)>杂交子代(41.72%)>小黄鱼(40.62%);PUFA 含量的排序与 MUFA 正好相

反,为:小黄鱼(23.05%)>杂交 F1(21.26%)>大黄鱼(20.88%)(见表 5)。3 种鱼各脂肪酸组分含量高低排序基本一致,均为顺式油酸(C18:1n-9c)最高,棕榈酸(C16:0)次之,山酸(C22:0)最低。杂交子代的 EPA+DHA 含量介于大黄鱼和小黄鱼之间,与两者差异不显著($P>0.05$),双亲之间差异显著($P<0.05$)。杂交子代的 EFA 含量与小黄鱼差异不显著($P>0.05$),两者显著小于小黄鱼($P<0.05$)。另外,3 种鱼的 $\Sigma n-6PUFA/\Sigma n-3PUFA$ 从高到低依次为小黄鱼>大黄鱼>杂交 F1,并且小黄鱼与杂交子代差异显著($P<0.05$)。

统计大黄鱼、小黄鱼以及杂交子代的 PUFA/SFA 得知,三种鱼的该数值分别为 56.54%、63.52% 和 57.46%。其中杂交子代的 PUFA/SFA(57.46%)与 大黄鱼(56.54%)差异不显著($P>0.05$),均显著低于 小黄鱼(63.52%)($P<0.05$)。

表 5 大黄鱼、小黄鱼及杂交子代肌肉中脂肪酸组成及其质量分数含量(干物质)
Table 5 Composition of fatty acids in muscle of *L. crocea*, *L. polyactis*, and their hybrid (dry weight) /%

组分 Composition	大黄鱼 <i>L. crocea</i>	小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	杂交 F ₁ Hybrid F ₁	组分 Composition	大黄鱼 <i>L. crocea</i>	小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	杂交 F ₁ Hybrid F ₁
肉豆蔻酸 C14:0	3.40±0.02 ^c	3.05±0.03 ^a	3.19±0.03 ^b	亚麻酸 C18:3n-3 [#]	0.73±0.01 ^b	0.90±0.02 ^c	0.70±0.01 ^a
十五碳酸 C15:0	0.40±0.01	0.39±0.01	0.40±0.01	二十碳二烯酸 C20:2	1.07±0.01 ^b	0.59±0.26 ^a	1.13±0.01 ^b
棕榈酸 C16:0	26.68±0.13	26.74±0.14	26.34±0.08	二十碳三烯酸甲酯 C20:3n-6	0.77±0.02	0.77±0.01	0.81±0.03
珠光脂酸 C17:0	0.45±0.01 ^b	0.43±0.0 ^a	0.50±0.01 ^c	花生四烯酸 C20:4n-6 [#]	0.87±0.01 ^a	0.99±0.01 ^b	0.99±0.02 ^b
硬脂酸 C18:0	5.64±0.04 ^b	5.43±0.01 ^a	6.18±0.05 ^c	二十二碳二烯酸 C22:2	0.36±0.01 ^b	0.21±0.04 ^a	0.32±0.01 ^b
花生酸 C20:0	0.26±0.02	0.26±0.02	0.28±0.01	二十碳五烯酸 C20:5n-3 EPA	3.39±0.06 ^a	3.81±0.10 ^b	3.25±0.03 ^a
山萘酸 C22:0	0.13±0.01 ^b	0.08±0.01 ^a	0.12±0.01 ^b	二十二碳五烯酸 C22:5n-3 DPA	0.88±0.02 ^a	1.07±0.03 ^b	0.91±0.01 ^a
棕榈油酸 C16:1	11.26±0.06 ^c	10.86±0.05 ^b	10.32±0.08 ^a	二十二碳六烯酸 C22:6n-3 DHA	5.81±0.05	6.04±0.22	6.13±0.13
银杏酸 C17:1	0.26±0.01	0.24±0.01	0.25±0.01	EPA+DHA	9.03±0.15 ^a	9.85±0.32 ^b	9.39±0.16 ^{ab}
反式油酸 C18:1n-9t	0.24±0.01 ^a	0.39±0.01 ^b	0.26±0.01 ^a	必需脂肪酸 EFA	8.09±0.06 ^a	10.19±0.28 ^b	8.11±0.07 ^a
油酸 C18:1n-9c	29.68±0.12 ^b	28.38±0.08 ^a	29.95±0.12 ^b	∑SFA	36.96±0.15 ^b	36.31±0.18 ^a	37.02±0.15 ^b
花生烯酸 C20:1n-9	0.21±0.01 ^a	0.22±0.01 ^b	0.21±0.01 ^a	∑MUFA	42.15±0.15 ^b	40.62±0.14 ^a	41.72±0.23 ^b
芥子酸 C22:1n-9	0.13±0.01 ^a	0.14±0.01 ^b	0.13±0.01 ^a	∑PUFA	20.88±0.24 ^a	23.05±0.32 ^b	21.26±0.23 ^a
神经酸 C24:1n-9	0.38±0.01	0.38±0.01	0.40±0.01	∑PUFA/∑SFA	56.54±1.56 ^a	63.52±2.39 ^b	57.46±1.35 ^a
反式亚油酸 C18:2n-6t	0.15±0.01 ^b	0.13±0.01 ^a	0.17±0.01 ^c	∑n-3PUFA	10.65±0.17 ^a	11.82±0.33 ^b	10.99±0.16 ^a
亚油酸 C18:2n-6c [#]	6.49±0.05 ^a	8.29±0.27 ^b	6.42±0.06 ^a	∑n-6PUFA	8.87±0.06 ^a	10.43±0.34 ^b	8.86±0.10 ^a
亚麻酸甲酯 C18:3n-6	0.59±0.01 ^b	0.26±0.08 ^a	0.56±0.01 ^b	∑n-6/∑n-3PUFA	0.84±0.01 ^{ab}	0.90±0.06 ^b	0.81±0.01 ^a

注:EPA+DHA 为 EPA 与 DHA 之和;EFA 为必需脂肪酸;# 代表 EFA;∑SFA 为饱和脂肪酸总量;∑MUFA 为单不饱和脂肪酸总量;∑PUFA 为多不饱和脂肪酸总量;∑PUFA/∑SFA 为 ∑PUFA 与 ∑SFA 的比值;∑n-3PUFA 为 ω3 系列多不饱和脂肪酸总量;∑n-6PUFA 为 ω6 系列多不饱和脂肪酸总量;∑n-6/∑n-3PUFA 为 ∑n-6PUFA 与 ∑n-3PUFA 的比值。

Notes:EPA+DHA is the total of EPA and DHA; EFA is essential fatty acids; # represents EFA; ∑SFA is total saturated fatty acids; ∑MUFA is total monounsaturated fatty acids; ∑PUFA is total polyunsaturated fatty acids; ∑PUFA/∑SFA is the ratio of ∑PUFA and ∑SFA; ∑n-3PUFA is ω3PUFA; ∑n-6PUFA is ω6PUFA; ∑n-6/∑n-3PUFA is the ratio of ∑n-6PUFA and ∑n-3PUFA.

3 讨论

3.1 杂交子代及其双亲常规营养特征分析

鱼类营养价值由肌肉中蛋白质的含量、氨基酸种类和比例以及脂肪酸含量和组成等多种因素影响和决定^[19]。根据鱼体脂肪含量,可将鱼类分为四大类:少脂型(<2%)、低脂型(2%~4%)、中脂型(4%~8%)和高脂型(>8%)^[20],本次研究得出 3 种鱼肌肉中脂肪含量为 4.64%~5.39%,属于中脂型鱼类。脂肪含量是评价鱼肉品质的一个重要标准,鱼类肌肉中适宜的脂肪含量可以有效增加鱼肉鲜味和口感。研究指出,当肌肉中的脂肪含量在 3.5%~4.5%时,口感较好^[19]。

本次研究中大黄鱼、小黄鱼和杂交子代的肌肉脂肪含量依次为 5.39%、4.64%和 4.95%,据此为 3 种鱼的口感优越性排序为小黄鱼>杂交子代>大黄鱼,由此可知,杂交子代的肌肉口感位于母本和父本之间,呈中亲优势。

本次研究中,杂交子代相对于大黄鱼和小黄鱼表现出更高的蛋白质含量以及更低的水分含量,此结果与杂交黄颡鱼^[21]的研究结果相一致;另外杂交子代粗脂肪含量介于双亲之间,此结果在杂交“云龙斑”^[22]中有类似报道,所以杂交子代具有较高的营养价值。

3.2 杂交子代氨基酸评价

氨基酸是肉类鲜味的主要来源之一,也是评价蛋

白质营养价值高低的重要指标^[23]。动物蛋白质鲜美程度一定程度上取决于呈味氨基酸(谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸、丙氨酸)的组成与含量,其中谷氨酸和天冬氨酸为呈鲜味氨基酸,谷氨酸鲜味最强,甘氨酸、丙氨酸是呈甘味氨基酸^[24]。本研究得出,杂交子代的天冬氨酸、甘氨酸和丙氨酸含量均高于大黄鱼和小黄鱼,所有呈味氨基酸 FAA 含量同样高于双亲,所以杂交子代在肌肉鲜美程度方面优于双亲,口感更加优越。此结果与关键等^[25]分析褐牙鲈(♀)与犬齿牙鲈(♂)杂交 F₁ 及邹根礼等^[26]研究杂交鳢所得结果相一致。必需氨基酸含量和比例是决定蛋白质营养价值的重要因素^[27]。本研究发现,杂交子代富含多种必需氨基酸,其中缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸及赖氨酸含量均显著高于小黄鱼和大黄鱼。报道指出,赖氨酸在人体新陈代谢过程中具有重要作用^[28],杂交子代肌肉中大量赖氨酸可以弥补谷物食品中赖氨酸的不足,有效提高人体对蛋白质的利用率。因此,杂交子代较双亲具有更高的营养价值,类似结果在乌斑鳢^[29]和杂交鲟^[30]的研究中已有报道。食物蛋白质中的氨基酸组成比例越接近人体所需氨基酸的比例,其蛋白质的营养价值就越高。从氨基酸含量和种类分析,大黄鱼、小黄鱼及其杂交 F₁ 的 EAA/TAA 值分别为 40.93%、41.18% 和 41.16%; EAA/NEAA 分别为 85.23%、86.15% 和 86.18%,均符合 FAO/WHO 所建议的 40% 及 60% 的理想蛋白模式^[31],由此可见,3 种鱼肌肉中氨基酸平衡效果较为合理,蛋白质营养价值均较高,其中杂交子代的营养价值介于双亲之间。FAO/WHO 制定的评分标准(AAS 评分),是评价食物氨基酸营养性能的重要指标,被广泛应用于食物营养价值的评定。3 种鱼的必需氨基酸组分含量丰富,AAS 评分均大于 1,可以较好地弥补谷物食品中赖氨酸的不足。其中,杂交子代的 AAS 稍高于双亲。

3.3 杂交子代脂肪酸评价

大黄鱼、小黄鱼及其杂交子代肌肉脂肪酸种类丰富,含有 25 种脂肪酸,包括 7 种 SFA,比例分别为 36.96%、36.31% 和 37.02%。杂交子代的 SFA 含量高于双亲;3 种鱼肌肉中不饱和脂肪酸有 18 种(7 种 MUFA 和 11 种 PUFA),比例远高于 SFA,分别为 63.03%、63.67% 和 62.98%,而杂交子代的 MUFA 和 PUFA 含量均介于双亲之间,说明杂交子代中和了双亲的营养水平。肌肉中脂肪酸的组成也在一定程度上也决定了肌肉的风味,SFA 和 MUFA 含量较高时,肌肉的嫩度、多汁性、风味均较好^[32]。本次研究中,大黄鱼的 SFA+MUFA 含量(79.01%)稍高于杂交子代(78.74%),两者均显著高于小黄鱼(76.93%),说明杂交子代较好的继承了父本的特性。MUFA 膳食能降低

低密度脂蛋白胆固醇和血清总胆固醇,其中最为重要的一种即为顺式油酸(C18:1n-9c),被称为低血脂性的脂肪酸,有降低胆固醇和低密度脂蛋白的作用,被认为是一种良性的脂肪酸^[33]。本研究发现,3 种鱼的脂肪酸组分中顺式油酸含量均为最高,分别为 29.68%(大黄鱼)、28.38%(小黄鱼)和 29.95%(杂交子代),所以 3 种鱼均为很好的营养保健食品,其中杂交子代更优于双亲,此结果与杂交黄颡鱼^[21]和翘嘴鲮^[34]的研究结果相一致。

研究表明,摄食 PUFA 可以降低人体总胆固醇含量、防止脂质的沉淀和堆积,对心血管疾病有一定的防治效果^[35-37]。同时,高含量的 PUFA 能显著地增加香味,同时在一定程度上反映肌肉的多汁性,但 PUFA 会导致脂肪变得松软、易氧化腐败,严重影响肉质^[38-39],所以 PUFA 含量并非越多越好。本次研究得出,杂交子代的 PUFA 含量(21.26%)介于大黄鱼(20.88%)和小黄鱼(23.05%)之间。另外,被称为生长发育所必需的 EPA(C20:5)和 DHA(C22:6)的含量在 3 种鱼中存在显著差异:杂交子代的 EPA+DHA 介于双亲之间。理想的脂肪酸组成需要适宜的 PUFA/SFA 比例,联合国健康部门的推荐值为 40%。本研究中,大黄鱼、小黄鱼以及杂交黄鱼的 PUFA/SFA 分别为 56.54%、63.52% 和 57.46%,均稍高于推荐值,既保证了肉品的高营养特性和保健功能,又保证了肉品很好的肉质特性,因此 3 种鱼均具有较高的食用价值。

4 结语

本研究对小黄鱼、大黄鱼及杂交子代肌肉营养成分进行了比较分析,结果显示,小黄鱼♀和大黄鱼♂杂交子代在营养成分方面,具有一定的优势,表现出较高的营养价值。杂交子代的氨基酸种类丰富,比例均衡,人体必需氨基酸含量较高,同时含有大量的不饱和脂肪酸,具有较高的食用和推广价值。

参考文献:

- [1] Sertoglu E, Kayadibi H, Uyanik M. A biochemical view: Increase in polyunsaturated fatty acid ω -6/ ω -3 ratio in relation to hepatic steatosis in patients with non-alcoholic fatty liver disease [J]. Journal of Diabetes & Its Complications, 2015, 29(1): 157-157.
- [2] Harris W S, Assaad B, Poston W C. Tissue omega-6/omega-3 fatty acid ratio and risk for coronary artery disease [J]. American Journal of Cardiology, 2006, 98(4): 19-26.
- [3] 王石, 汤陈宸, 陶敏, 等. 鱼类远缘杂交育种技术的建立及应用 [J]. 中国科学: 生命科学, 2018, 48(12): 1310-1329.
Wang S, Tang C, Tao M, et al. Establishment and application of distant hybridization technology in fish [J]. Science China Life Science, 2018, 48(12): 1310-1329.
- [4] 朱元鼎, 伍汉霖. 福建鱼类志 [M]. 福州: 福建科技出版社, 1984.

- Zhu Y D, Wu H L. The Ichthyography of Fujian [M]. Fuzhou: Fujian Science and Technology Press, 1984.
- [5] Li J, Feng F, Yue G H. Twelve novel polymorphic microsatellites in a marine fish species, yellow croaker *Larimichthys polyactis* [J]. Molecular Ecology Resources, 2006, 6(1): 188-190.
- [6] Feng Z, Cao Q. Ichthyology [M]. Beijing: Agricultural Press House, 1979; 217.
- [7] Li Z, Shan X, Jin X, et al. Long-term variations in body length and age at maturity of the small yellow croaker (*Larimichthys polyactis* Bleeker, 1877) in the Bohai Sea and the Yellow Sea, China [J]. Fisheries Research, 2011, 110(1): 67-74.
- [8] 詹炜, 楼宝, 陈睿毅, 等. 小黄鱼 (*Larimichthys polyactis*) 胚胎发育及仔、稚鱼形态特征观察[J]. 海洋与湖沼, 2016, 47(5): 1033-1039.
- Zhan W, Lou B, Chen R Y, et al. Observation of embryonic, larva and juvenile development of small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2016, 47(5): 1033-1039.
- [9] 陈睿毅, 楼宝, 詹炜, 等. 小黄鱼亲鱼培育和催产技术的初步试验[J]. 水产科学, 2016, 35(3): 250-254.
- Chen R Y, Lou B, Zhan W, et al. Broodstock cultivation and spawning induction techniques in small yellow croaker *Pseudosciaena polyactis* [J]. Fisheries Science, 2016, 35: 250-254.
- [10] 韩真. 小黄鱼群体的形态学、遗传学研究及其与大黄鱼的种间比较[M]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- Han Z. Studies of Morphological Characteristics and Genetic Diversity on Populations of Small Yellow Croaker (*Larimichthys polyactis*) and the Difference Between Small Yellow Croaker and Large Yellow Croaker (*Larimichthys crocea*) [M]. Qingdao: Ocean University of China, 2012.
- [11] 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.
- 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.
- [12] 刘慧慧, 迟长凤, 李海峰. 舟山海域小黄鱼主要营养成分分析[J]. 营养学报, 2013, 35(6): 604-606.
- Liu H H, Chi C F, Li H F. Analysis of the nutritional composition of *Pseudosciaena polyactis* in Zhoushan [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2013, 35(6): 604-606.
- [13] 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.
- Wang L G, Angela C, 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.
- [14] 李明云, 郑岳夫, 管丹东, 等. 大黄鱼四家系肌肉营养成分差异及品质选育分析[J]. 水产学报, 2009, 33(4): 632-638.
- Li M Y, Zheng Y F, Guang D F, et al. The nutrition of fatty acid and amino acid analysis of four genealogies *Pseudosciaena crocea* (Richardson) [J]. Journal of Fisheries of China, 2009, 33(4): 632-638.
- [15] 吴靖娜, 许永安, 刘智禹. 养殖大黄鱼鱼肉营养成分的分析及评价[J]. 营养学报, 2013, 35(6): 610-612.
- 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.
- [16] 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 S A, Yao Q H, Lin X X, et al. Nutrient profile of large yellow croakers (*Pseudosciaena crocea* Richardson) grown under different aquacultural settings [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2015, 30(8): 736-744.
- [17] FAO/WHO. Energy and Protein Requirements; Report of a Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee [R]. FAO Nutrition Meeting Reports Series, 1973, 52: 40-73.
- [18] 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.
- Wang Y G. Food Composition Table: National Representative Value [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 1991: 28-35.
- [19] 江伟珣, 刘毅. 营养与食品卫生学 [M]. 北京: 北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社, 1992: 4-14.
- Jiang W X, Liu Y. Nutrition and Food Hygiene [M]. Beijing: United Press of Beijing Medical University and Peking Union Medical College, 1992: 4-14.
- [20] Haard N F. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish [J]. Food Research International, 1992, 25(4): 289-307.
- [21] 邵韦涵, 樊启学, 张诚明, 等. 黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼及“黄颡1号”肌肉营养成分比较[J]. 华中农业大学学报, 2018, 37(2): 76-82.
- Shao W H, Fan Q X, Zhang C M, et al. Comparative analysis of nutritive composition in muscle of "Huangyou No. 1", yellow catfish and darkbarbel catfish [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2018, 37(2): 76-82.
- [22] 王林娜, 田永胜, 唐江, 等. 云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼及杂交“云龙斑”肌肉营养成分分析及品质评价[J]. 水产学报, 2018, 42(7): 1085-1093.
- Wang L N, Tian Y S, Tang J, et al. Analysis and quality evaluation of nutritional components in the muscle of *Epinephelus moara*, *E. lanceolatus* and hybrid "Yunlong grouper" [J]. Journal of Fisheries of China, 2018, 42(7): 1085-1093.
- [23] 李新建, 乔瑞敏, 李孝法, 等. 豫南黑猪及其杂交后代肉质性状及营养成分特性研究[J]. 家畜生态学报, 2016, 37(3): 20-26.
- Li X J, Qiao R M, Li X F, et al. The genetic characteristics of meat quality and nutritional components of yunnanblack pig and its hybrid pigs [J]. Acta Ecologicae Animalis Domastici, 2016, 37(3): 20-26.
- [24] 孙中武, 尹洪滨. 6种冷水鱼肌肉营养组成分析与评价[J]. 营养学报, 2004, 26(5): 386-392.
- Sun Z W, Yin H B. Analysis of the nutritional composition of six kinds of cold-water fishes [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2004, 26(5): 386-392.
- [25] 关键, 柳学周, 翟毓秀, 等. 褐牙鲈(♀)×犬齿牙鲈(♂)杂交 F1 及其亲本肌肉营养成分分析与比较[J]. 中国水产科学, 2007, 14(z1): 41-47.
- Guan J, Liu X Z, Zhai M X, et al. Biochemical composition of muscle of crossbreed F1 from Japanese flounder (*Paralichthys*

- olivaceus*) (♀) × summer flounder (*Paralichthys dentatus*) (♂) and their parents[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14(z1): 41-47.
- [26] 邹礼根, 冯晓宇, 王宇希, 等. 杂交鳢(斑鳢♀×乌鳢♂)与乌鳢肌肉品质比较研究[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(2): 303-307.
- Zhou L G, Feng X Y, Wang X Y, et al. Comparative study on flesh quality of hybrid snakehead(*Channa maculate* ♀×*Channa argus* ♂)and *Channa argus* [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2011, 20(2): 303-307.
- [27] 郇旭文, 蔡宝玉, 王利平, 等. 中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质的评价[J]. 中国水产科学, 2005, 12(2): 211-215.
- Bing X W, Cai B Y, Wang L P, et al. Evaluation of nutritive quality and nutritional components in *Spinibarbus sinensis* muscle [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2005, 12(2): 211-215.
- [28] 李正伟, 郑曙明. 多鳞铲颌鱼肌肉氨基酸含量测定及营养分析[J]. 饲料工业, 2014, 35(20): 65-68.
- Li Z W, Zheng S M. Determination and nutrient analysis of amino acids in the muscle of *Onychostoma macrolepi* [J]. Feed Industry, 2014, 35(20): 65-68.
- [29] 罗青, 陈昆慈, 赵建, 等. 乌鳢、斑鳢及其杂交 F₁ 代肌肉营养成分和含肉率的比较分析[J]. 大连海洋大学学报, 2015, 30(2): 175-180.
- Luo Q, Chen K C, Zhao J, et al. Dressed rates and muscular nutrients in northern snakehead *Channa argus*, Taiwan snakehead *C. maculata* and their hybrids[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2015, 30(2): 175-180.
- [30] 杜强, 王艳艳, 曾圣, 等. 三种不同规格杂交鲟含肉率及肌肉营养成分比较[J]. 中国饲料, 2017, (24): 18-22.
- Du Q, Wang Y Y, Zeng S, et al. Comparative analysis of the flesh content and general nutritional composition of hybrid sturgeon (*Acipenser chrenkii* ♀×*Acipenser baeri* ♂) of 3 different sizes [J]. China Feed, 2017, (24): 18-22.
- [31] Pellett P L, Young V R. Nutritional Evaluation of Protein Foods [M]. Tokyo: the United National University, 1980: 26-29.
- [32] 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.
- [33] 楼宝, 高露姣, 毛国民, 等. 褐牙鲆肌肉营养成分与品质评价[J]. 营养学报, 2010, 32(2): 195-197.
- Lou B, Gao L J, Mao G M, et al. Analysis and evaluation of the nutritional components in the muscle of *Paralichthys olivaceus* [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2010, 32(2): 195-197.
- [34] 何周玲, 刘少军, 肖军, 等. 翘嘴鲮及其亲本肌肉营养成分分析[J]. 水产学报, 2014, 38(10): 1786-1792.
- He Z L, Liu S J, Xiao J, et al. Muscle nutrients of the backcross progeny of female diploid F₁ hybrid (blunt snout bream × topmouthculter) × male blunt snout bream and its parents[J]. Journal of Fisheries of China, 2014, 38(10): 1786-1792.
- [35] Hu F B, Bronner L, Willett W C, et al. Fish and omega-3 fatty acid intake and risk of coronary heart disease in women[J]. Jama, 2002, 11(4): 1815-1821.
- [36] Pedersen J I, Ringstad J, Almendingen K, et al. Adipose tissue fatty acids and risk of myocardial infarction a case-control study [J]. European Journal of Clinical Nutrition, 2000, 54(8): 618-625.
- [37] Yuan J M, Ross R K, Gao Y T, et al. Fish and shellfish consumption in relation to death from myocardial infarction among men in Shanghai, China[J]. American Journal of Epidemiology, 2001, 154(9): 809-816.
- [38] Migda W, Barteczko J, Borowiec F, et al. The influence of dietary levels of essential fatty acids in full-dose mixtures on cholesterol level in blood and tissues in fatteners[J]. Advances in Agricultural Sciences, 2000, 7(1): 43-48.
- [39] Cameron N D, Enser M, Nute G R, et al. Genotype with nutrition interaction on fatty acid composition of intramuscular fat and the relationship with flavour of pig meat[J]. Meat Science, 2000, 55(2): 187-195.

An Analysis of Nutritive Composition of *Larimichthys polyactis* ♀ × *Larimichthys crocea* ♂ Hybrid muscle and Their Parents

LIU Feng¹, GAO Song-Bai², ZHAN Wei¹, CHU Tian-Qi³, LOU Bao¹

(1. Institute of Hydrobiology, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China; 2. Marine and Fishery Research Institute of Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316021, China; 3. School of Fishery, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China)

Abstract: *Larimichthys polyactis* and *L. crocea* are important marine fish species, which naturally coexist along the Yellow Sea and East China Sea. *L. polyactis* ♀ and *L. crocea* ♂ had successfully hybridized under laboratory conditions with the common fertilization procedure, resulting in fertile hybrids as viable as the parent species are. However, little known about the nutritional facts of their hybrid muscles. In this study, we analyzed the nutritional components of *L. polyactis* and *L. crocea* muscle and *L. polyactis* × *L. crocea* hybrid muscle using the current national standard methods. The results showed that the hybrid muscle is significantly different from that of *L. crocea* and *L. polyactis* ($P > 0.05$). The hybrid muscle had a significantly higher moisture level (72.95%) than parents (*L. polyactis*, 74.06%; *L. crocea*, 73.67%). The crude protein content of hybrid muscle (16.94%) was significantly higher than that of two parents (*L. polyactis*, 16.07%; *L. crocea*, 15.98%) ($P < 0.05$). The crude lipid content of hybrid muscle (4.95%) was significantly lower than that of *L. crocea* (5.39%) and higher than that of *L. polyactis* (4.64%). The hybrid muscle possessed the highest contents of total amino acid and essential amino acid. The delicious amino acid content of hybrid muscle (28.86%) was higher than that of *L. polyactis* (27.37%) and *L. crocea* (27.69%). The nutritional value of the hybrid was the highest, which was followed by that of *L. crocea* and *L. polyactis*. The hybrid muscle had a significantly higher SFA content than two parents ($P < 0.05$), and the contents of MUFA and PUFA of hybrid muscle were the intermediate between their parents. Moreover, the percentage of PUFA among SFA (57.46%) was higher than that of *L. crocea* and lower than that of *L. polyactis*, and higher than the standard (40%) established by Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization (FAO/WHO). The hybrid muscle showed higher nutritional values and muscle qualities than *L. crocea* and *L. polyactis*. Our findings provided valuable information for the selection of traits in breeding.

Key words: *Larimichthys crocea*; *Larimichthys polyactis*; hybridization; muscle; nutrient composition; amino acid; fatty acid

责任编辑 朱宝象