



## 棕点石斑鱼、杂交“金虎斑”及珍珠龙胆的肌肉营养成分分析及品质评价

王林娜<sup>1,2</sup>, 田永胜<sup>1,2\*</sup>, 李振通<sup>1,2</sup>, 刘阳<sup>1,2</sup>, 陈帅<sup>1,3</sup>, 黎琳琳<sup>1,4</sup>,  
段鹏飞<sup>1,3</sup>, 王心怡<sup>1,3</sup>, 马文辉<sup>5</sup>, 李文升<sup>5</sup>, 翟介明<sup>5</sup>

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 农业农村部海洋渔业可持续发展重点实验室, 山东 青岛 266071;

2. 青岛海洋科学与技术国家实验室, 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东 青岛 266200;

3. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306;

4. 中国农业科学院, 北京 100081;

5. 莱州明波水产有限公司, 山东 莱州 261400)

**摘要:** 为确定母本棕点石斑鱼、杂交“金虎斑”和杂交珍珠龙胆的肌肉营养成分并比较其差异, 实验采用常规方法, 依据国家标准对棕点石斑鱼、杂交“金虎斑”及珍珠龙胆肌肉中的水分、蛋白、粗脂肪和灰分含量以及氨基酸、脂肪酸和 10 种矿物元素的组成与含量进行测定和评价。结果显示, 3 种石斑鱼肌肉中粗蛋白含量分别为 19.0%、20.2% 和 16.8%; 3 种石斑鱼氨基酸总量、必需氨基酸总量、必需氨基酸指数、鲜味氨基酸总量分别为 (18.10%、18.53%、16.01%), (7.52%、7.70%、6.32%), (88.20、84.80、88.30) 和 (6.92%、7.13%、6.10%); 3 种石斑鱼肌肉中粗脂肪含量分别为 3.0%、4.2% 和 2.4%, 其中珍珠龙胆 DHA+EPA 的含量为 24.02%, 杂交“金虎斑”DHA+EPA 的含量为 23.56%, 棕点石斑鱼 DHA+EPA 的含量为 22.76%; 5 种常量元素 Na、K、Ca、Mg、P 和 5 种微量元素 Fe、Mn、Cu、Zn、Se 均有检出。研究表明, 棕点石斑鱼、杂交“金虎斑”及珍珠龙胆可以为人类提供丰富的蛋白质、脂肪、无机盐和矿物元素, 是具有较高食用价值的优良海水养殖品种。其中杂交“金虎斑”在一些营养指标中明显高于母本棕点石斑鱼。

**关键词:** 棕点石斑鱼; 杂交“金虎斑”; 珍珠龙胆; 肌肉; 营养成分; 评价

中图分类号: S 965

文献标志码: A

石斑鱼属鲈形目 (Perciformes) 石斑鱼科 (Epinephelinae), 广泛分布于大西洋、印度洋和太平洋的热带和亚热带海域, 是近岸岩滩和珊瑚礁渔业资源的重要代表。石斑鱼肉质白嫩、味道鲜美、营养丰富, 是一种名贵海水鱼类<sup>[1]</sup>。据 2020 年中国渔业统计年鉴, 石斑鱼养殖产量达  $1.92 \times 10^8$  kg,

捕捞产量达  $9.19 \times 10^7$  kg, 产量位居海水养殖鱼类第 3 位<sup>[2]</sup>。其中棕点石斑鱼 (*Epinephelus fuscoguttatus*) 是主要的石斑鱼养殖品种之一, 在我国主要分布于台湾海峡和南海, 以及台湾省东部沿岸, 适温范围较广, 为 22~28 °C<sup>[3]</sup>, 其生长速率较慢, 当年养殖苗种体重可达 493 g<sup>[4-5]</sup>。蓝身大斑石斑

收稿日期: 2021-11-26 修回日期: 2022-03-08

资助项目: 泰山产业领军人才项目 (LJNY202109); 山东省良种工程项目 (2019LZGC020); 黄海水产研究所科研业务费项目 (20603022020015, 20603022019002); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (2020XT0601, 2020TD19, 2020TD25)

第一作者: 王林娜 (照片), 从事鱼类繁殖与育种研究, E-mail: wangln@ysfri.ac.cn

通信作者: 田永胜, 从事鱼类繁殖与育种研究, E-mail: tianys@ysfri.ac.cn



鱼 (*E. tukula*) 生长速率快, 是大型石斑鱼类, 能生长到 2 m, 体重达 100 kg, 在我国南部海域、台湾省北部及澎湖海域有分布, 其人工繁育技术还未成熟, 市场上的养殖量很少<sup>[5]</sup>。前期, 实验通过蓝身大斑石斑鱼冷冻精子与棕点石斑鱼卵子杂交培育出了具有生长优势的杂交“金虎斑”, 1 龄时平均体重达 559.76 g, 是棕点石斑鱼 (♀)×鞍带石斑鱼 (♂) 杂交后代珍珠龙胆的 1.63 倍<sup>[5]</sup>。为确定母本棕点石斑鱼、杂交“金虎斑”和杂交珍珠龙胆的肌肉营养成分并比较其差异, 实验对 15 月龄杂交“金虎斑”、棕点石斑鱼和 12 月龄珍珠龙胆肌肉营养成分、氨基酸、脂肪酸、矿物质和微量元素的组成及含量进行了分析和营养价值评价, 为评价石斑鱼品质及其科学养殖提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

实验鱼取自莱州明波水产有限公司, 为相同养殖条件的棕点石斑鱼、杂交“金虎斑”和珍珠龙胆。3 种石斑鱼样本均采用相同的饲养方式, 15 月龄棕点石斑鱼和 12 月龄珍珠龙胆随机各取 4 尾, 15 月龄杂交“金虎斑”随机取 2 尾, 均体质健康。平均体重为棕点石斑鱼 356.3 g、杂交“金虎斑”1 055.1 g、珍珠龙胆 441.9 g, 去除内脏测得含肉率分别为 89.9%、90.1% 和 85.9%。本实验过程中操作人员严格遵守动物实验伦理规范, 并按照相关的规章制度执行。

### 1.2 测定方法

取实验鱼背部两侧肌肉, 将每个品种取样个体的肌肉等量混合, 捣碎搅拌均匀, 用于营养成分测定。每个品种的测定值即为取样个体的平均值。粗蛋白含量用 Kjelttec2400/2460 全自动定氮仪 (瑞典特卡托公司)(GB 5009.5—2010) 测定<sup>[6]</sup>。粗脂肪含量采用索氏抽提法 (GB 5009.6—2003) 测定 (特卡托公司 Soxtec 2055 全自动脂肪测定仪, 瑞典)<sup>[7]</sup>。灰分含量采用高温灰化法 (GB 5009.4—2010) 测定 (纳博热公司 B180 马弗炉, 德国)<sup>[8]</sup>。水分含量采用 103 °C 常压烘干法 (GB 5009.3—2003) 测定 (ZRD-A780 全自动鼓风干燥箱)<sup>[9]</sup>。氨基酸采用酸水解法处理, 其含量依据 GB/T 5009.124-2003 测定 (日立 L-8800 型氨基酸分析仪, 日本)<sup>[10]</sup>。脂肪酸依据 GB/T 22223—2008

测定 (安捷伦公司 7890A 气相色谱仪, 美国)<sup>[11]</sup>。矿物质及微量元素依据 GB/T 5009.(13、14、87、90、91、92)—2003 方法测定 (岛津 AA6800 型原子吸收分光光度计, 日本)<sup>[12]</sup>。

### 1.3 营养价值的评价

将样品中各种必需氨基酸的百分含量 (%) 换算成每克氮中氨基酸的毫克量 (mg/g N), 根据联合国粮农组织/世界卫生组织 (FAO/WHO) 建议的每克氮氨基酸评分标准模式<sup>[13]</sup> 和全鸡蛋蛋白的氨基酸模式<sup>[14]</sup> 进行比较, 蛋白质的氨基酸评分 (AAS)、化学评分 (CS) 和必需氨基酸指数 (EAAI) 计算公式:

$$\text{AAS} = \text{待评蛋白质氨基酸含量 (mg/g N)} / \text{FAO 评分模式氨基酸含量 (mg/g N)}$$

$$\text{CS} = \text{待评蛋白质氨基酸含量 (mg/g N)} / \text{全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量 (mg/g N)}$$

式中, 氨基酸含量是指每克氮中氨基酸的毫克量。

$$\text{氨基酸含量 (mg/g N)} = \text{肌肉氨基酸百分含量} \times 6.25 \times 1000 / \text{肌肉蛋白质的百分含量}$$

$$\text{EAAI} = [ (100A/AE) \times (100B/BE) \times (100C/CE) \times \dots \times (100H/HE) ]^{1/n}$$

式中,  $n$  为比较的必需氨基酸个数,  $A, B, C, \dots, H$  分别为样品中各必需氨基酸含量 (mg/g N),  $AE, BE, CE, \dots, HE$  分别为全鸡蛋蛋白质相对应的必需氨基酸含量 (mg/g N)<sup>[15]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 肌肉营养成分

3 种石斑鱼的肌肉粗蛋白含量分别为杂交“金虎斑”(20.2%)>棕点石斑鱼 (19.0%)>珍珠龙胆 (16.8%)。粗脂肪含量分别为杂交“金虎斑”(4.2%)>棕点石斑鱼 (3.0%)>珍珠龙胆 (2.4%)。灰分含量分别为杂交“金虎斑”(1.6%)>棕点石斑鱼 (1.3%)=珍珠龙胆 (1.3%)。水分含量分别为珍珠龙胆 (78.3%)>棕点石斑鱼 (76.3%)>杂交“金虎斑”(75.1%) (表 1)。结果显示, 杂交“金虎斑”粗蛋白、粗脂肪和灰分含量最高, 棕点石斑鱼次之, 珍珠龙胆含量最低。与其他经济鱼类比较<sup>[16-32]</sup>, 杂交“金虎斑”水分含量较多数鱼类低, 粗蛋白和粗脂肪含量高于多数鱼类, 如云纹石斑鱼、七带石斑鱼、点带石斑鱼、豹纹鳃棘鲈、半滑舌鲷、舌虾虎鱼、大黄鱼和尼罗罗非鱼等, 灰分含量较多数鱼类高。棕点石斑

表 1 棕点石斑鱼、杂交“金虎斑”、珍珠龙胆与其他经济鱼类的肌肉一般营养成分比较 (鲜重)

Tab. 1 Basic components in muscle of *E. fuscoguttatus*, *E. fuscoguttatus*♀×*E. tukula*♂, *E. fuscoguttatus*♀×*E. lanceolatus*♂ and other fish species (wet weight) g/100 g

物种 species	粗蛋白 crude protein	粗脂肪 crude lipid	灰分 ash	水分 moisture
云纹石斑鱼 <sup>[16]</sup> <i>E. Moara</i>	19.6	4.2	1.5	74.7
鞍带石斑鱼 <sup>[16]</sup> <i>E. lanceolatus</i>	18.4	10.1	1.4	69.4
杂交“云龙斑” <sup>[16]</sup> <i>E. Moara</i> ♀× <i>E. lanceolatus</i> ♂	19.4	4.5	1.4	74.3
七带石斑鱼 <sup>[17]</sup> <i>E. septemfasciatus</i>	19.6	2.7	1.7	74.1
点带石斑鱼 <sup>[18]</sup> <i>E. malabaricus</i>	19.1	1.4	1.0	76.7
淡水石斑鱼 <sup>[19]</sup> <i>Cichlasoma managuense</i>	18.9	3.0	1.73	76.0
银鲷 <sup>[20]</sup> <i>Pampus argenteus</i>	20.2	4.9	1.2	73.1
舌虾虎鱼 <sup>[21]</sup> <i>Glossogobius giuris</i>	16.8	0.9	2.3	79.9
梭鱼 <sup>[22]</sup> <i>Liiza haematocheila</i>	18.9	1.7	1.0	78.8
波纹唇鱼 <sup>[23]</sup> <i>Cheilinus undulatus</i>	19.0	1.6	1.2	76.3
大黄鱼 <sup>[24]</sup> <i>Larimichthys crocea</i>	17.1	1.6	1.0	79.1
大菱鲆 <sup>[25]</sup> <i>Scophthalmus maximus</i>	17.7	0.6	1.2	76.6
豹纹鳃棘鲈 <sup>[26]</sup> <i>Plectropomus leopardus</i>	17.6	0.9	1.8	79.3
尼罗罗非鱼 <sup>[27]</sup> <i>Oreochromis niloticus</i>	15.4	1.8	1.1	80.9
半滑舌鲷 <sup>[28]</sup> <i>Cynoglossus semilaevis</i>	17.2	2.1	1.2	79.2
加州鲈 <sup>[29]</sup> <i>Micropterus salmonides</i>	21.6	1.3	1.4	76.7
黄条鲷 <sup>[30]</sup> <i>Seriola aureovittata</i>	20.3	21.4	1.1	56.1
大西洋鲑 <sup>[31]</sup> <i>Salmo salar</i>	19.40	4.52	1.93	73.62
黄鳍金枪鱼 <sup>[32]</sup> <i>Thunnus albacores</i>	25.5	1.1	0.9	72.4
棕点石斑鱼 <i>E. fuscoguttatus</i>	19.0	3.0	1.3	76.3
珍珠龙胆 <i>E. fuscoguttatus</i> ♀× <i>E. lanceolatus</i> ♂	16.8	2.4	1.3	78.3
杂交“金虎斑” <i>E. fuscoguttatus</i> ♀× <i>E. tukula</i> ♂	20.2	4.2	1.6	75.1

注: 表中棕点石斑鱼数据为4个样本混合测定结果, 珍珠龙胆数据为4个样本混合测定结果, 杂交“金虎斑”数据为2个样本混合测定结果, 下同。  
Notes: In the above table, the data of *E. fuscoguttatus*, *E. fuscoguttatus*♀×*E. lanceolatus*♂ and *E. fuscoguttatus*♀×*E. tukula*♂ were mixed determination results of 4 samples, 4 samples and 2 samples respectively, the same below.

鱼粗蛋白和粗脂肪含量高于梭鱼、波纹唇鱼、大黄鱼、大菱鲆、豹纹鳃棘鲈和珍珠龙胆等<sup>[16]</sup>。本次检测到的珍珠龙胆的粗蛋白含量低于多数鱼类。

## 2.2 氨基酸组成和营养价值的评价

3种石斑鱼肌肉中共检出16种氨基酸(表2), 包括7种必需氨基酸: 苏氨酸(Thr)、缬氨酸(Val)、蛋氨酸(Met)、异亮氨酸(Ile)、亮氨酸(Leu)、苯丙氨酸(Phe)和赖氨酸(Lys); 7种非必需氨基酸: 天门冬氨酸(Asp)、谷氨酸(Glu)、甘氨酸(Gly)、丙氨酸(Ala)、丝氨酸(Ser)、脯氨酸(Pro)和酪氨

表 2 棕点石斑鱼、杂交“金虎斑”及珍珠龙胆氨基酸组成

Tab. 2 Amino acids composition in muscle of *E. fuscoguttatus*, *E. fuscoguttatus*♀×*E. tukula*♂ and *E. fuscoguttatus*♀×*E. lanceolatus*♂ %

氨基酸 amino acids	棕点石斑鱼 <i>E. fuscoguttatus</i>	杂交“金虎斑” <i>E. fuscoguttatus</i> ♀× <i>E. tukula</i> ♂	珍珠龙胆 <i>E. fuscoguttatus</i> ♀× <i>E. lanceolatus</i> ♂
天冬氨酸 Asp <sup>1)</sup>	1.96	2.02	1.74
苏氨酸 Thr <sup>2)</sup>	0.84	0.87	0.74
丝氨酸 Ser	0.67	0.68	0.61
谷氨酸 Glu <sup>1)</sup>	2.82	2.85	2.54
甘氨酸 Gly <sup>1)</sup>	1.00	1.10	0.82
丙氨酸 Ala <sup>1)</sup>	1.14	1.16	1.00
缬氨酸 Val <sup>2)</sup>	0.96	0.98	0.84
甲硫氨酸 Met <sup>2)</sup>	0.68	0.69	0.61
异亮氨酸 Ile <sup>2)</sup>	0.90	0.93	0.80
亮氨酸 Leu <sup>2)</sup>	1.56	1.58	1.38
酪氨酸 Tyr	0.68	0.68	0.60
苯丙氨酸 Phe <sup>2)</sup>	0.82	0.84	0.73
赖氨酸 Lys <sup>2)</sup>	1.76	1.81	1.56
组氨酸 His	0.41	0.44	0.36
精氨酸 Arg	1.18	1.20	1.05
脯氨酸 Pro	0.72	0.70	0.63
ΣDAA	6.92	7.13	6.10
ΣEAA	7.52	7.70	6.32
EAAI	88.20	84.84	88.34
ΣTAA	18.1	18.53	16.01
EAA/TAA	0.42	0.42	0.39
DAA/TAA	0.38	0.38	0.38

注: 1) 鲜味氨基酸; 2) 必需氨基酸。ΣDAA. 鲜味氨基酸总量, ΣEAA. 必需氨基酸总量, EAAI. 必需氨基酸指数, ΣTAA. 氨基酸总量。色氨酸在酸水解中被破坏, 故未测。  
Notes: 1) delicious amino acids. 2) essential amino acids. ΣDAA. total delicious amino acids, ΣEAA. total essential amino acids, EAAI. essential amino acid index, ΣTAA. total amino acids. Tryptophan is destroyed in the acid hydrolysis, so it is not detected.

酸 (Tyr); 2 种半必需氨基酸: 组氨酸 (His) 和精氨酸 (Arg)。3 种石斑鱼肌肉中总氨基酸含量为杂交“金虎斑”(18.5%)>棕点石斑鱼 (18.1%)>珍珠龙胆 (16.0%); 鲜味氨基酸含量为杂交“金虎斑”(7.1%)>棕点石斑鱼 (6.9%)>珍珠龙胆 (6.1%); 必需氨基酸含量为杂交“金虎斑”(7.7%)>棕点石斑鱼 (7.5%)>珍珠龙胆 (6.3%); 必需氨基酸指数 (EAAI) 为珍珠龙胆 (88.3)>棕点石斑鱼 (88.2)>杂交“金虎斑” (84.8)。结果显示杂交“金虎斑”总氨基酸含量、鲜味氨基酸含量、必需氨基酸含量均最高, 棕点石斑鱼次之, 珍珠龙胆最低。但必需氨基酸指数珍珠龙胆最高, 棕点石斑鱼次之, 杂交“金虎斑”最低。

3 种石斑鱼肌肉的必需氨基酸评分, 与 FAO/WHO 制订的最低限度的 AAS 评分标准比较, 发现除杂交“金虎斑”中缬氨酸及甲硫氨酸+半胱氨酸 AAS 评分小于 1、CS 评分均小于 0.7 外, 其他氨基酸的含量在 3 种石斑鱼中都很丰富, AAS 评分均大于 1, CS 评分均大于 0.7, 高于 FAO/WHO 评分模式氨基酸含量 (表 3)。EAAI 是以鸡蛋蛋白质必需氨基酸为参评标准, 是评价食物蛋白质营养价值的常用指标之一。将 3 种石斑鱼的 EAAI 与其他经济鱼类进行比较 (表 4), 发现其必需氨基酸指数高于表中多数经济鱼类。

### 2.3 脂肪酸组成

3 种石斑鱼共检出 18 种脂肪酸, 包括 6 种饱和脂肪酸和 12 种不饱和脂肪酸, 其中单不饱和脂肪酸 5 种, 多不饱和脂肪酸 7 种 (表 5)。3 种石斑鱼肌肉中饱和脂肪酸 (SFA) 含量为棕点石斑鱼

(45.16%)>珍珠龙胆 (44.51%)>杂交“金虎斑”(44.22%); 单不饱和脂肪酸 (MUFA) 含量为棕点石斑鱼 (21.34%)>杂交“金虎斑”(20.91%)>珍珠龙胆 (20.75%); 多不饱和脂肪酸 (PUFA) 含量为珍珠龙胆 (34.52%)>杂交“金虎斑”(34.42%)>棕点石斑鱼 (33.05%)。3 种石斑鱼中的 DHA+EPA 的含量, 珍珠龙胆最高, 为 24.02%, 杂交“金虎斑”为 23.56%, 棕点石斑鱼为 22.76%。

结果显示, 杂交“金虎斑”的不饱和脂肪酸含量介于棕点石斑鱼和珍珠龙胆之间, 饱和脂肪酸含量最低。理想的脂肪酸组成还需要适宜的 PUFA/SFA 比例, FAO/WHO 的推荐值为 0.40<sup>[33]</sup>, 棕点石斑鱼、杂交“金虎斑”以及珍珠龙胆的比例分别为 0.73、0.78 和 0.78, 均高于推荐值, 表明 3 种石斑鱼均符合理想脂肪酸的标准。

### 2.4 矿物质及微量元素组成

3 种石斑鱼肌肉中矿物元素种类丰富, 5 种常量元素钾、钙、钠、镁、磷和 5 种微量元素铁、锰、铜、锌、硒均有检出, 其中杂交“金虎斑”钙、磷、铁和铜含量丰富, 是 3 种石斑鱼中最高的, 钠和锌的含量最低, 钾和镁的含量介于棕点石斑鱼和珍珠龙胆之间 (表 6)。棕点石斑鱼钠、钾、镁、锌和硒含量在 3 种石斑鱼中最高。

## 3 讨论

研究表明, 3 种石斑鱼均可为人类提供丰富的蛋白质、脂肪、无机盐和矿物元素, 是具有较

表 3 棕点石斑鱼、杂交“金虎斑”及珍珠龙胆必需氨基酸组成评价

Tab. 3 Evaluation on essential amino acids composition in muscle of *E. fuscoguttatus*, *E. fuscoguttatus*♀×*E. tukula*♂ and

*E. fuscoguttatus*♀×*E. lanceolatus*♂

氨基酸 amino acids	鸡蛋 蛋白/(mg/g N) egg protein	FAO评分 模式/(mg/g N) FAO score model	棕点石斑鱼 <i>E. fuscoguttatus</i>		杂交“金虎斑” <i>E. fuscoguttatus</i> ♀× <i>E. tukula</i> ♂		珍珠龙胆 <i>E. fuscoguttatus</i> ♀× <i>E. lanceolatus</i> ♂	
			AAS评分 AAS score	CS评分 CS score	AAS评分 AAS score	CS评分 CS score	AAS评分 AAS score	CS评分 CS score
苏氨酸 Thr	292	250	1.11	0.95	1.08	0.92	1.10	0.94
缬氨酸 Val	411	310	1.02	0.77	0.98	0.74	1.01	0.76
甲硫氨酸+半胱氨酸 Met+ Cys	386	220	1.02	0.58	0.97	0.55	1.03	0.59
异亮氨酸 Ile	331	250	1.18	0.89	1.15	0.87	1.19	0.90
亮氨酸 Leu	534	440	1.17	0.96	1.11	0.92	1.17	0.96
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+ Tyr	565	380	1.30	0.87	1.24	0.83	1.30	0.88
赖氨酸 Lys	441	340	1.70	1.31	1.65	1.27	1.71	1.32



表 4 棕点石斑鱼、杂交“金虎斑”、珍珠龙胆肌肉必需氨基酸指数与其他经济鱼类的比较

Tab. 4 Essential amino acid index in muscle of *E. fuscoguttatus*, *E. fuscoguttatus*♀ × *E. tukula*♂, *E. fuscoguttatus*♀ × *E. lanceolatus*♂ and other economic fish species

品种 species	EAAI	品种 species	EAAI
云纹石斑鱼 <i>E. moara</i>	75.19	淡水石斑鱼 <i>C. manguense</i>	74.84
鞍带石斑鱼 <i>E. lanceolatus</i>	74.93	舌虾虎鱼 <i>G. giuris</i>	63.88
杂交“云龙斑” <i>E. moara</i> ♀ × <i>E. lanceolatus</i> ♂	77.96	梭鱼 <i>L. haematocheila</i>	59.63
七带石斑鱼 <i>E. septemfasciatus</i>	82.38	银鲳 <i>P. argenteus</i>	63.93
大黄鱼 <i>Ps. crocea</i>	62.10	尼罗罗非鱼 <i>O. niloticus</i>	62.35
黄鳍金枪鱼 <i>Thunnus albacores</i>	104.56	豹纹鳃棘鲈 <i>P. leopardus</i>	78.20
杂交“金虎斑” <i>E. fuscoguttatus</i> ♀ × <i>E. tukula</i> ♂	84.84	黄条鲷 <i>S. aureovittata</i>	81.90
珍珠龙胆 <i>E. fuscoguttatus</i> ♀ × <i>E. lanceolatus</i> ♂	88.34	棕点石斑鱼 <i>E. fuscoguttatus</i>	88.20

高食用价值的优良海水养殖品种。3种石斑鱼中, 杂交“金虎斑”粗蛋白、粗脂肪和灰分含量最高, 棕点石斑鱼次之, 珍珠龙胆含量最低。与其他经济鱼类比较, 杂交“金虎斑”水分含量较多数鱼类低, 粗蛋白和粗脂肪含量高于多数鱼类, 灰分含量较多数鱼类高。棕点石斑鱼粗蛋白和粗脂肪含量高于很多鱼类, 如梭鱼、波纹唇鱼、大黄鱼、大菱鲆、豹纹鳃棘鲈和珍珠龙胆等。3种石斑鱼的必需氨基酸含量丰富, 除杂交“金虎斑”中缬氨酸及甲硫氨酸+半胱氨酸含量低于AAS评分标准外, 其他氨基酸的含量均高于最低标准。EAAI是以鸡蛋蛋白质必需氨基酸为参评标准, 评价食物蛋白质营养价值的常用指标之一<sup>[15]</sup>。将3种石斑鱼的EAAI与其他经济鱼类进行比较(表4), 结果显示其必需氨基酸指数高于表中多数经济鱼类, 并且比例适宜(EAA/TAA=39%~42%), 符合FAO/WHO的理想蛋白质模式(质量较好的蛋白质其EAA/TAA应为40%左右), 因此可以提供理想的食用蛋白质。3种石斑鱼丰富的鲜味氨基酸含量使得其不仅具有很高的营养价值还具有鲜美的味道。

脂肪不仅可以提供能量, 鱼类肌肉中适宜的脂肪含量还可以增加一些鲜美的风味和细嫩的口感, 但是当脂肪含量太高时, 又不利于健康。有研究表明, 当肌肉中的脂肪含量为3.5%~4.5%时,

才会有良好的口感<sup>[33]</sup>。本研究表明, 3种石斑鱼中杂交“金虎斑”的脂肪含量(4.2%)最适宜。不饱和和脂肪酸含量是评定食品品质的重要指标, 脑黄

表 5 棕点石斑鱼、杂交“金虎斑”及珍珠龙胆脂肪酸含量

Tab. 5 Fatty acid contents in muscle of *E. fuscoguttatus*, *E. fuscoguttatus*♀ × *E. tukula*♂ and *E. fuscoguttatus*♀ × *E. lanceolatus*♂ %

脂肪酸 fatty acids	棕点石斑鱼 <i>E. fuscoguttatus</i>	杂交“金虎斑” <i>E. fuscoguttatus</i> ♀ × <i>E. tukula</i> ♂	珍珠龙胆 <i>E. fuscoguttatus</i> ♀ × <i>E. lanceolatus</i> ♂
肉豆蔻酸 C14:0	5.63	5.56	5.57
十五碳酸 C15:0	0.55	0.56	0.52
棕榈酸 C16:0	32.20	31.80	32.00
十七烷酸 C17:0	0.48	0.47	0.50
银杏酸 C17:1	0.28	0.27	0.28
硬脂酸 C18:0	5.82	5.38	5.47
油酸 C18:1n9	16.60	16.00	16.10
亚油酸 C18:2n6	6.45	6.86	6.55
二十碳酸 C20:0	0.48	0.45	0.45
花生一烯酸 C20:1	2.75	2.66	2.62
α-亚麻酸 C18:3n3	1.40	1.48	1.46
花生二烯酸 C20:2	0.64	0.57	0.63
芥酸 C22:1n9	1.18	1.33	1.13
花生四烯酸 C20:4n6	1.00	1.29	0.98
二十二碳二烯酸 C22:2	0.80	0.67	0.88
EPA C20:5n3	7.46	8.46	8.32
二十四碳一烯酸 C24:1	0.53	0.65	0.62
DHA C22:6n3	15.30	15.10	15.70
饱和脂肪酸 SFA	45.16	44.22	44.51
单不饱和脂肪酸 MUFA	21.34	20.91	20.75
多不饱和脂肪酸 PUFA	33.05	34.42	34.52
DHA+EPA	22.76	23.56	24.02
MUFA+PUFA	54.39	55.33	55.27
PUFA/SFA	0.73	0.78	0.78

注: SFA.饱和脂肪酸, MUFA.单不饱和脂肪酸, PUFA.多不饱和脂肪酸。  
Notes: SFA. saturated fatty acid, MUFA. monounsaturated fatty acid, PUFA. polyunsaturated fatty acid.

表 6 棕点石斑鱼、杂交“金虎斑”及珍珠龙胆的矿物元素组成和含量(湿重)

Tab. 6 Mineral elements contents in muscle of *E. fuscoguttatus*, *E. fuscoguttatus*♀ × *E. tukula*♂ and *E. fuscoguttatus*♀ × *E. lanceolatus*♂ (wet weight) mg/kg

物质 materials		棕点石斑鱼 <i>E. fuscoguttatus</i>	杂交“金虎斑” <i>E. fuscoguttatus</i> ♀ × <i>E. tukula</i> ♂	珍珠龙胆 <i>E. fuscoguttatus</i> ♀ × <i>E. lanceolatus</i> ♂
宏量 元素 macro elements	Na	7.51×10 <sup>2</sup>	4.72×10 <sup>2</sup>	7.51×10 <sup>2</sup>
	K	3.42×10 <sup>3</sup>	2.62×10 <sup>3</sup>	2.94×10 <sup>3</sup>
	Mg	3.18×10 <sup>2</sup>	2.65×10 <sup>2</sup>	2.51×10 <sup>2</sup>
	Ca	2.81×10 <sup>2</sup>	4.15×10 <sup>2</sup>	2.14×10 <sup>2</sup>
	P	1.64×10 <sup>3</sup>	1.80×10 <sup>3</sup>	1.61×10 <sup>3</sup>
微量 元素 trace elements	Fe	3.26	4.93	4.73
	Mn	<0.30	<0.30	<0.30
	Cu	0.27	0.38	0.27
	Zn	6.03	4.82	5.72
	Se	0.20	0.20	0.18

金 DHA 是人脑脂肪酸中的天然组成部分, DHA 和 EPA 对人体具有预防心脑血管疾病、开发智力和延缓衰老的作用。3 种石斑鱼不饱和脂肪酸含量丰富, 均超过 50%, DHA 和 EPA 的含量超过了 20%, 具有较高的食用品质。理想的脂肪酸组成需要适宜的 PUFA/SFA 比例, FAO/WHO 的推荐值为 0.40<sup>[33]</sup>, 3 种石斑鱼的 PUFA/SFA 比例均高于推荐值, 具有理想的脂肪酸组成, 杂交“金虎斑”的饱和脂肪酸含量最低, 不饱和脂肪酸含量高于母本棕点石斑鱼。

矿物质在人体内不能自行合成, 只能通过膳食进行补充, 对保持人体正常的生理功能具有重要作用。3 种石斑鱼宏量元素中, 钾的含量是最丰富的, 其次是磷元素, 微量元素中锌的含量是最丰富的, 其次是铁。3 种石斑鱼钠和铁的含量高于之前报道的云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼和杂交“云龙斑”, 钙的含量低于鞍带石斑鱼和杂交“云龙斑”<sup>[16]</sup>。杂交“金虎斑”肌肉的钙、磷、铁、铜和硒含量在 3 种石斑鱼中最高。

本次检测到的珍珠龙胆的粗蛋白含量低于之前报道的珍珠龙胆肌肉粗蛋白含量。不同研究者报道的珍珠龙胆肌肉营养成分存在很大差异, 之前报道的其粗蛋白含量分别为 19.95% 和 20.39%, 粗脂肪含量分别为 2.29% 和 3.73%, 灰分含量分别为 1.24% 和 1.23%, 粗蛋白含量高于本次研究测定值 (16.8%), 粗脂肪含量本次研究测定值为 2.4%, 介于之前 2 次报道的数值, 灰分含量本

次研究测定值为 1.3%, 略高于之前的研究<sup>[15, 34]</sup>。这可能是由于不同水质、养殖温度和饲养条件、不同生长阶段等原因导致。

杂交是一种有效的遗传改良方法, 前期通过蓝身大斑石斑鱼冷冻精子与棕点石斑鱼卵子杂交, 克服了 2 种石斑鱼的生殖隔离, 杂交后代“金虎斑”染色体核型与父母本存在差异, 杂交后代生长显著快于母本, 实验测得的 15 月龄杂交“金虎斑”平均体重是母本棕点石斑鱼的 2.03 倍。本研究首次对母本棕点石斑鱼和杂交后代的肌肉营养成分进行了分析比较, 结果显示, 杂交后代在含肉率、粗蛋白、粗脂肪、灰分含量以及必需氨基酸总量、鲜味氨基酸总量、不饱和脂肪酸含量及钙、磷、铁、铜含量营养指标上明显高于母本, 具有一定的杂交优势。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

#### 参考文献 (References):

- 田永胜. 石斑鱼杂交育种理论与技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2020.  
Tian Y S. Theory and technology of grouper cross breeding[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2020 (in Chinese).
- 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 中国渔业统计年鉴-2021[M]. 北京: 中国农业出版社, 2021.  
Fishery Administration Bureau of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Fisheries Technology Extension Center, China society of Fisheries. China fishery statistical yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2021 (in Chinese).
- 张欣. 北方地区老虎斑工厂化养殖技术[J]. 科学养鱼, 2009(2): 25.  
Zhang X. Factory farming technology of *Epinephelus fuscoguttatus* in northern China[J]. Scientific Fish Farming, 2009(2): 25 (in Chinese).
- 符书源, 刘金叶, 王永波, 等. 棕点石斑鱼池塘网箱养殖模式研究[J]. 水产科技情报, 2013, 40(2): 64-66.  
Fu S Y, Liu J Y, Wang Y B, et al. Study on pond cage culture model of *Epinephelus fuscoguttatus*[J]. Fisheries Science & Technology Information, 2013, 40(2): 64-66 (in Chinese).
- 田永胜, 唐江, 马文辉, 等. 蓝身大斑石斑鱼冷冻精子(♂)与棕点石斑鱼(♀)杂交后代发育及生长特征分析[J]. 渔业科学进展, 2019, 40(6): 36-47.  
Tian Y S, Tang J, Ma W H, et al. Development and

- growth of hybrid offspring of brown grouper *Epinephelus fuscoguttatus* (♀) × blue speckled grouper *E. tula* (♂) using cryopreserved sperm[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2019, 40(6): 36-47 (in Chinese).
- [6] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.5—2003 食品中蛋白质的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.  
Ministry of Health of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 5009.5-2003 Determination of protein in foods[S]. Beijing: Standards Press of China, 2004 (in Chinese).
- [7] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.6—2003 食品中脂肪的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.  
Ministry of Health of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 5009.6-2003 Determination of fat in foods[S]. Beijing: Standards Press of China, 2004 (in Chinese).
- [8] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.4—2010 食品安全国家标准 食品中灰分的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.  
Ministry of Health of the People's Republic of China. GB 5009.4-2003 National food safety standard determination of ash in foods[S]. Beijing: Standards Press of China, 2010 (in Chinese).
- [9] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.3—2010 食品安全国家标准 食品中水分的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.  
Ministry of Health of the People's Republic of China. GB 5009.3-2003 National food safety standard determination of moisture in foods[S]. Beijing: Standards Press of China, 2010 (in Chinese).
- [10] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.124—2003 食品中氨基酸的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.  
Ministry of Health of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 5009.124-2003 Determination of amino acids in foods[S]. Beijing: Standards Press of China, 2004 (in Chinese).
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 22223—2008 食品中总脂肪、饱和脂肪(酸)、不饱和脂肪(酸)的测定 水解提取-气相色谱法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 22223-2008 Determination of total fat saturated fat and unsaturated fat in foods - hydrolytic extraction - gas chromatography[S]. Beijing: Standards Press of China, 2004 (in Chinese).
- [12] 肖玫, 赵仁铮, 刘彪. 芦荟的矿物元素测定及其开发利用[J]. *食品与发酵工业*, 2002, 28(5): 74-75.  
Xiao M, Zhao R Z, Liu B. Determination of mineral elements of aloe and its exploitation and utilization[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2002, 28(5): 74-75 (in Chinese).
- [13] Pellett P L, Young V R. Nutritional evaluation of protein foods[M]. Tokyo: The United Nations University Press, 1980.
- [14] 王光亚, 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 食物成分表 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1991.  
Wang G Y, Institute of nutrition and food hygiene, Chinese Academy of Preventive Medicine. Food composition table[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 1991 (in Chinese).
- [15] 王际英, 张德瑞, 马晶晶, 等. 珍珠龙胆石斑鱼肌肉营养成分分析与品质评价[J]. *海洋湖沼通报*, 2015(4): 61-69.  
Wang J Y, Zhang D R, Ma J J, et al. Nutritional components analysis and nutritive value evaluation of ♀ *Epinephelus fuscoguttatus* × ♂ *E. lanceolatus* muscles[J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2015(4): 61-69 (in Chinese).
- [16] 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 (in Chinese).
- [17] 程波, 陈超, 王印庚, 等. 七带石斑鱼肌肉营养成分分析与品质评价[J]. *渔业科学进展*, 2009, 30(5): 51-57.  
Cheng B, Chen C, Wang Y G, et al. Nutritional components analysis and nutritive value evaluation in *Epinephelus septemfasciatus* muscles[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2009, 30(5): 51-57 (in Chinese).
- [18] 徐大为, 邢克智, 张树森, 等. 点带石斑鱼的肌肉营养成分分析[J]. *水利渔业*, 2008, 28(3): 54-56.  
Xu D W, Xing K Z, Zhang S S, et al. Analysis of the muscle nutrient components of *Epinephelus malabaricus*[J]. *Reservoir Fisheries*, 2008, 28(3): 54-56 (in Chinese).
- [19] 黄海, 杨宁, 张希. 淡水石斑鱼含肉率和肌肉营养成分分析[J]. *水产科技情报*, 2012, 39(2): 87-91.  
Huang H, Yang N, Zhang X. Rate of flesh content and analysis of muscle nutrient components of *Cichlasoma*

- managuense*[J]. *Fisheries Science & Technology Information*, 2012, 39(2): 87-91 (in Chinese).
- [20] 袁春营, 崔青曼, 李小双. 渤海银鲷肌肉生化成分分析与营养价值评价[J]. *海洋湖沼通报*, 2010(2): 67-71.  
Yuan C Y, Cui Q M, Li X S. Analysis of the bio-chemical compositions and evaluation of the nutritive value in muscle tissue of silver pomfret *Pampus argenteus* in Bohai Sea[J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2010(2): 67-71 (in Chinese).
- [21] 庄平, 宋超, 章龙珍. 舌虾虎鱼肌肉营养成分与品质的评价[J]. *水产学报*, 2010, 34(4): 559-564.  
Zhuang P, Song C, Zhang L Z. Evaluation of nutritive quality and nutrient components in the muscle of *Glossogobius giuris*[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2010, 34(4): 559-564 (in Chinese).
- [22] 朱磊, 叶元士, 蔡春芳, 等. 梭鱼肌肉营养成分的分析[J]. *饲料研究*, 2011(11): 65-67.  
Zhu L, Ye Y T, Cai C F, et al. Analysis of nutrient components in the muscle of *Liiza haematocheila*[J]. *Feed Research*, 2011(11): 65-67 (in Chinese).
- [23] 高淳仁, 于宏, 陈超. 波纹唇鱼肌肉中营养成分分析[J]. *渔业科学进展*, 2010, 31(5): 29-34.  
Gao C R, Yu H, Chen C. Analysis of nutrient components in the muscle of humphead wrasse *Cheilinus undulatus*[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2010, 31(5): 29-34 (in Chinese).
- [24] 林利民, 王秋荣, 王志勇, 等. 不同家系大黄鱼肌肉营养成分的比较[J]. *中国水产科学*, 2006, 13(2): 286-291.  
Lin L M, Wang Q R, Wang Z Y, et al. Comparison of biochemical compositions of muscle among three stocks and wild-caught large yellow croaker *Larimichthys crocea*[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2006, 13(2): 286-291 (in Chinese).
- [25] 王远红, 吕志华, 郑桂香, 等. 大菱鲆的营养成分分析[J]. *营养学报*, 2003, 25(4): 438-440.  
Wang Y H, Lv Z H, Zheng G X, et al. Analysis of the nutritional components of *Scophthalmus maximus*[J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2003, 25(4): 438-440 (in Chinese).
- [26] 尤宏争, 孙志景, 张勤, 等. 豹纹鳃棘鲈肌肉营养成分分析与品质评价[J]. *水生生物学报*, 2014, 38(6): 1168-1172.  
You H Z, Sun Z J, Zhang Q, et al. Nutritional components analysis and nutritive value evaluation in *Plectropomus leopardus* muscles[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2014, 38(6): 1168-1172 (in Chinese).
- [27] 秦培文, 李瑞伟, 王辉, 等. 四种罗非鱼肌肉氨基酸组成及营养价值评定[J]. *食品研究与开发*, 2010, 31(2): 173-176.  
Qin P W, Li R W, Wang H, et al. Analysis of amino acid composition and evaluation of nutritional quality in muscle of 4 kinds of *Oreochromis sp.*[J]. *Food Research and Development*, 2010, 31(2): 173-176 (in Chinese).
- [28] 马爱军, 刘新富, 翟毓秀, 等. 野生及人工养殖半滑舌鳎肌肉营养成分分析研究[J]. *海洋水产研究*, 2006, 27(2): 49-54.  
Ma A J, Liu X F, Zhai Y X, et al. Biochemical composition in muscle of wild and cultivated tongue sole (*Cynoglossus semilaevis* Günther)[J]. *Marine Fisheries Research*, 2006, 27(2): 49-54 (in Chinese).
- [29] 周聃, 崔雁娜, 周冬仁, 等. 不同养殖模式下加州鲈肉质比较分析[J]. *江苏农业科学*, 2021, 49(6): 146-149.  
Zhou D, Cui Y N, Zhou D R, et al. Comparative analysis of meat quality of *Micropterus salmoides* under different breeding models[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2021, 49(6): 146-149 (in Chinese).
- [30] 柳学周, 徐永江, 李荣, 等. 黄条鲮(*Seriola aureovittata*)肌肉营养组成分析与评价[J]. *渔业科学进展*, 2017, 38(1): 128-135.  
Liu X Z, Xu Y J, Li R, et al. Analysis and evaluation of nutritional composition of the muscle of yellowtail kingfish (*Seriola aureovittata*)[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2017, 38(1): 128-135 (in Chinese).
- [31] 满庆利, 曹永芬, 杨质楠, 等. 大西洋鲑肌肉营养成分分析[J]. *河北渔业*, 2014(1): 12-14,47.  
Man Q L, Cao Y F, Yang Z N, et al. Analysis on nutritional composition of muscle of *Salmo salar*[J]. *Hebei Fisheries*, 2014(1): 12-14,47 (in Chinese).
- [32] 杨金生, 霍健聪, 夏松养. 不同品种金枪鱼营养成分的研究与分析[J]. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2013, 32(5): 393-397.  
Yang J S, Huo J C, Xia S Y. The analysis of nutrients of different tuna[J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science Edition)*, 2013, 32(5): 393-397 (in Chinese).
- [33] 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: Beijing Medical University and China Union Medical University, 1992: 4-14 (in Chinese).
- [34] 邵珠岱. 珍珠龙胆石斑鱼与同规格鱼类营养品质比较评价[J]. *齐鲁渔业*, 2017, 34(2): 4-7.  
Shao Z D. Comparative evaluation of nutritional quality between *E. fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂ and other fish of the same size[J]. *Shandong Fisheries*, 2017, 34(2): 4-7 (in Chinese).



## Analysis and quality evaluation of nutritional components in the muscle of *Epinephelus fuscoguttatus*, *E. fuscoguttatus*♀ × *E. tukula*♂ and *E. fuscoguttatus*♀ × *E. lanceolatus*♂

WANG Linna<sup>1,2</sup>, TIAN Yongsheng<sup>1,2\*</sup>, LI Zhentong<sup>1,2</sup>, LIU Yang<sup>1,2</sup>, CHEN Shuai<sup>1,3</sup>, LI Linlin<sup>1,4</sup>, DUAN Pengfei<sup>1,3</sup>, WANG Xinyi<sup>1,3</sup>, MA Wenhui<sup>5</sup>, LI Wensheng<sup>5</sup>, ZHAI Jieming<sup>5</sup>

(1. Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;

2. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes,

Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266000, China;

3. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

4. Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;

5. Ming Bo Aquatic Co., Ltd., Laizhou 261400, China)

**Abstract:** Grouper is a rare seawater fish with delicious taste and rich nutrition. In our previous study, we bred the hybrid “Jinhu grouper” with a growth advantage by crossing the frozen sperm of *Epinephelus tukula* and *E. fuscoguttatus* egg. The average weight of 1 age old “Jinhu grouper” was 559.76 g, 1.63 times that of the hybrid of *E. fuscoguttatus*♀ × *E. lanceolatus*♂. In this study, the compositions and contents of water, protein, crude fat, ash content, amino acids, fatty acids and 10 mineral elements in the muscles of *E. fuscoguttatus*, *E. fuscoguttatus*♀ × *E. tukula*♂ and *E. fuscoguttatus*♀ × *E. lanceolatus*♂ were measured by conventional methods, according to the national standard. The crude protein contents in the muscles of *E. fuscoguttatus*, *E. fuscoguttatus*♀ × *E. tukula*♂ and *E. fuscoguttatus*♀ × *E. lanceolatus*♂ were 19.0%, 20.2% and 16.8% respectively. The total quantity of amino acids, essential amino acids, essential amino acid index and the fresh amino acids of these three groupers were (18.10%, 18.53%, 16.01%), (7.52%, 7.70%, 6.32%), (88.20, 84.80, 88.30) and (6.92%, 7.13%, 6.10%), respectively. The fat content in the muscle of three grouper was 3.0%, 4.2% and 2.4%, respectively; and the content of DHA+EPA in *E. fuscoguttatus*♀ × *E. lanceolatus*♂ was 24.02%, the content of DHA+EPA in *E. fuscoguttatus*♀ × *E. tukula*♂ was 23.56%, the content of DHA+EPA in *E. fuscoguttatus* was 22.76%. There are abundant mineral elements in the muscles of three grouper; five major elements (K, Ca, Na, Mg and P) and five trace elements (Fe, Mn, Cu, Zn and Se) were detected. The research shows that *E. fuscoguttatus*, *E. fuscoguttatus*♀ × *E. tukula*♂ and *E. fuscoguttatus*♀ × *E. lanceolatus*♂ can provide abundant protein, fat, inorganic salt and mineral elements for humans, thus the three groupers are excellent mariculture varieties with high edible value. Moreover, some nutritional indexes of the hybrid *E. fuscoguttatus*♀ × *E. tukula*♂ was significantly higher than the female parent *E. fuscoguttatus*.

**Key words:** *Epinephelus fuscoguttatus*; *E. fuscoguttatus*♀ × *E. lanceolatus*♂; *E. fuscoguttatus*♀ × *E. tukula*♂; muscle; nutrition; evaluation

**Corresponding author:** TIAN Yongsheng. E-mail: tianys@ysfri.ac.cn

**Funding projects:** Taishan Industrial Leading Talents Project (LJNY202109); Breeding Project of Shandong Province (2019LZGC020); Yellow Sea Fisheries Research Institute Research Fees (20603022020015, 20603022019002); Central Public-interest Scientific Institute Basal Research Fund, CAFS (2020XT0601, 2020TD19, 2020TD25)