

文章编号: 1000-0615(2018)07-1085-09

DOI: 10.11964/jfc.20171011001

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

王林娜^{1,2}, 田永胜^{1,2*}, 唐江^{1,3}, 李振通^{1,3}, 成美玲^{1,4},
马文辉⁵, 毛东亮⁵, 林好蔚⁵, 翟介明⁵

1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 农业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. 大连海洋大学水产与生命学院, 辽宁大连 116023;
5. 莱州明波水产有限公司, 山东莱州 261400

摘要: 对云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼及杂交“云龙斑”肌肉营养成分进行分析和品质评价, 为其种质营养学鉴定及配合饲料的研制提供基础数据资料。采用常规方法, 依据国家标准, 对3种石斑鱼肌肉中的水分、蛋白、粗脂肪、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了测定和评价。云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼及杂交“云龙斑”石斑鱼肌肉中粗蛋白含量分别为19.6%、18.4%和19.4%; 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(15.54%、14.72%、15.99%)、(6.86%、6.41%、7.04%)、(75.19、74.93、77.96)和(5.57%、5.3%、5.73%)。3种石斑鱼肌肉中粗脂肪含量分别为4.2%、10.1%和4.5%, 脂肪酸种类丰富, 并且含有大量的多不饱和脂肪酸, 其比例符合理想脂肪酸的标准。3种石斑鱼肌肉中矿物元素种类丰富, 5种常量元素K、Ca、Na、Mg、P和5种微量元素Fe、Mn、Cu、Zn、Se均有检出, 其中杂交“云龙斑”的Na、K、Cu含量略高, 另外几种矿物元素含量居于父母本之间。研究表明, 云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼及杂交“云龙斑”氨基酸种类齐全、比例适宜, 人体必需氨基酸含量较高, 是优质的蛋白源, 同时含有大量的不饱和脂肪酸, 且矿物元素种类齐全, 是具有较高食用价值的优良海水养殖品种。其中杂交“云龙斑”在一些营养指标中明显高于其父母本, 显现出一定的杂交优势。

关键词: 云纹石斑鱼; 鞍带石斑鱼; 杂交“云龙斑”; 肌肉; 营养成分; 评价

中图分类号: S 965

文献标志码: A

石斑鱼是分布在热带和亚热带海域的大型鱼类, 少数分布在温带, 其肉质细嫩、味道鲜美、营养丰富, 深受广大消费者的青睐, 是一种高档名贵的海水鱼类品种, 经济价值较高, 2015年石斑鱼捕捞量达117 593 t、养殖量突破100 000 t^[1-4]。目前石斑鱼养殖品种主要有云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*)、棕点石斑鱼(*E. fuscoguttatus*)、斜带

石斑鱼(*E. coioides*)、褐石斑(*E. brunneus*)、鞍带石斑鱼(*E. lanceolatus*)及杂交品种等^[5-11]。其中云纹石斑鱼主要分布在温带海域, 适温范围较广, 生长速率较快, 8月龄可达300~400 g, 肉质极鲜美, 是石斑鱼中的珍品^[12]。鞍带石斑鱼主要分布在热带海域, 适温范围为22~30 °C, 生长速度快、抗病力强, 1龄鱼可生长到1.5~3.0 kg,

收稿日期: 2017-10-16 修回日期: 2018-02-02

资助项目: 青岛海洋科学与技术国家实验室鳌山科技创新计划(2015ASKJ02); 烟台市科技计划(2016JH021); 烟台市“双百计划”人才项目(2016LZGC009); 黄海水产研究所科研业务费专项(20603022017013, 20603022018019)

通信作者: 田永胜, E-mail: tianys@ysfri.ac.cn

2龄可生长到5.0~6.0 kg^[13],最大可以成长至约2.7 m、440.0 kg,是石斑鱼类中体型最大者,故也被称为“斑王”。2种鱼在生态环境分布、繁殖习性等方面具有较大差异,存在着明显的生殖隔离,在自然环境中无法杂交产生后代。鞍带石斑鱼冷冻精子与云纹石斑鱼雌鱼卵子杂交后代“云龙斑”在生长、耐温性和畸形率等方面表现了多方面的杂交优势,当年鱼苗可以生长到450.0~1 250.0 g,平均700.0 g^[14],目前已在国内外推广养殖。为确定杂交“云龙斑”及其母本云纹石斑鱼、父本鞍带石斑鱼的肌肉营养成分并比较其差异,本实验对1~2龄3种石斑鱼肌肉营养成分、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比较和营养价值评价,该实验为3种石斑鱼配合饲料的研制提供了科学理论资料,并为杂交品种“云龙斑”种质评价及进一步推广养殖和选育提供了基础依据。

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,为相同养殖条件的云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼和云纹石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(♂)杂交后代“云龙斑”。3种石斑鱼样本均采用相同的饲养方式,随机各取3尾,均体质健康。平均体长为云纹石斑鱼45 cm、鞍带石斑鱼40 cm、杂交“云龙斑”38 cm;平均体质量为云纹石斑鱼2.1 kg、鞍带石斑鱼2.4 kg、杂交“云龙斑”1.5 kg。

1.2 测定方法

将实验鱼背部的鳞片和皮肤剔除,取两侧肌肉,分别将3个品种中每个品种3尾个体的肌肉混合,捣碎搅拌均匀,用于营养成分测定。每个品种的测定值即为3尾个体的平均值。粗蛋白含量的测定用Kjeltec2400/2460全自动定氮仪(瑞典特卡托公司)测定(依据GB5009.5-2010)^[15],粗脂肪含量采用索氏抽提法(GB5009.6-2003),用Soxtec 2055全自动脂肪测定仪(瑞典特卡托公司)测定^[16],灰分采用B180马弗炉(德国纳博热公司)高温灰化法(GB5009.4-2010)测定^[17],水分含量采用103℃常压烘干法(GB5009.3-2003),用ZRD-A780全自动鼓风干燥箱测定^[18];氨基酸含量的测定采用酸水解法处理,依据GB/T 5009.124-2003,采用全自动氨基酸分析仪日立L-8800型氨基酸分析仪测定^[19];脂肪酸测定依据GB/T 22223—

2008,水解提取,用美国安捷伦公司7890A气相色谱仪测定^[20];矿物质及微量元素的测定使用日本岛津AA6800型原子吸收分光光度计,依据GB/T5009.(13、14、87、90、91、92)-2003方法测定^[21]。

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^[22]和全鸡蛋蛋白的氨基酸模式^[23]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:

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

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

式中,氨基酸含量是指每克氮中氨基酸的毫克量。

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

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

式中, n 为比较的必需氨基酸个数, A, B, C, \dots, H 为样品中各必需氨基酸含量(mg/g N); AE, BE, CE, \dots, HE 为全鸡蛋蛋白质相对应的必需氨基酸含量(mg/g N)^[24]。

2 结果

2.1 肌肉营养成分

3种石斑鱼的肌肉营养成分中,粗蛋白含量分别为云纹石斑鱼(19.60%)>杂交“云龙斑”(19.40%)>鞍带石斑鱼(18.40%);粗脂肪含量分别为鞍带石斑鱼(10.10%)>杂交“云龙斑”(4.50%)>云纹石斑鱼(4.20%);灰分含量分别为云纹石斑鱼(1.50%)>杂交“云龙斑”=鞍带石斑鱼(1.40%);水分含量分别为云纹石斑鱼(74.70%)>杂交“云龙斑”(74.30%)>鞍带石斑鱼(69.40%)。结果显示,鞍带石斑鱼粗脂肪含量最高,云纹石斑鱼粗蛋白、灰分和水分含量最高,杂交“云龙斑”各营养成分含量居中。与其他经济鱼类比较,杂交“云龙斑”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,如淡水石斑鱼(*Cichlasoma managuense*)、点带石斑鱼、大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)、豹纹鳃棘鲈(*Plectropomus leopardus*)、

舌虾虎鱼(*Glossogobius giuris*)、大黄鱼(*Larimichthys croaker*)和尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)等,灰分含量较多数鱼类高(表1)。

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测出16种氨基酸,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“云龙斑”(15.99%)>云纹石斑鱼(15.54%)>鞍带石斑鱼(14.72%);鲜味氨基酸含量为杂交“云龙斑”(5.73%)>云纹石斑鱼(5.57%)>鞍带石斑鱼

表1 云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼及杂交“云龙斑”与其他经济鱼类的肌肉一般营养成分比较(鲜重)

	粗蛋白 crude protein	粗脂肪 crude fat	灰分 ash	水分 moisture
云纹石斑鱼 <i>E. Moara</i>	19.6	4.2	1.5	74.7
鞍带石斑鱼 <i>E. lanceolatus</i>	18.4	10.1	1.4	69.4
杂交“云龙斑” <i>E. Moara</i> ♀× <i>E. lanceolatus</i> ♂	19.4	4.5	1.4	74.3
七带石斑鱼 <i>E. septemfasciatus</i>	19.6	2.7	1.7	74.1
点带石斑鱼 <i>E. malabaricus</i>	19.14	1.41	0.99	76.73
珍珠龙胆 <i>E. fuscoguttatus</i> ♀× <i>E. lanceolatus</i> ♂	19.95	7.69	1.01	75.55
淡水石斑鱼 <i>C. managuense</i>	18.9	3.0	1.73	76.0
银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	20.16	4.9	1.21	73.11
舌虾虎鱼 <i>G. giuris</i>	16.76	0.91	2.25	79.92
梭鱼 <i>Liiza haematocheila</i>	18.9	1.7	1.0	78.8
波纹唇鱼 <i>C. undulatus</i>	18.96	1.56	1.23	76.33
大黄鱼 <i>L. crocea</i>	17.1	1.61	1.03	79.06
大菱鲆 <i>S. maximus</i>	17.72	0.57	1.16	76.55
豹纹棘鲈 <i>P. leopardus</i>	17.6	0.9	1.8	79.3
尼罗罗非鱼 <i>O. niloticus</i>	15.38	1.75	1.07	80.85

注:表中数据为3个样本混合测定结果,下同

Notes: The data are mixed results of three samples, the same below

(5.3%);必需氨基酸含量为杂交“云龙斑”(7.04%)>云纹石斑鱼(6.86%)>鞍带石斑鱼(6.41%);必需氨基酸指数(EAAI)为杂交“云龙斑”(77.96)>云纹石斑鱼(75.19)>鞍带石斑鱼(74.93)。结果显示,杂交“云龙斑”总氨基酸含量、鲜味氨基酸含量、必需氨基酸含量以及必需氨基酸指数均最高,云纹石斑鱼次之,鞍带石斑鱼最低(表2)。

3种石斑鱼肌肉的必需氨基酸评分中,异亮氨酸的AAS最小,是第一限制性氨基酸;其他氨基酸的AAS评分均大于0.83,CS评分均大于

表2 云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼及杂交“云龙斑”氨基酸组成

Tab. 2 Amino acids composition in muscle of *E. moara*, *E. lanceolatus* and hybrid “Yunlong grouper” %

氨基酸 amino acids	云纹石斑鱼 <i>E. Moara</i>	鞍带石斑鱼 <i>E. lanceolatus</i>	杂交“云龙斑” hybrid “Yunlong grouper”
天冬氨酸 Asp [*]	1.66	1.55	1.7
苏氨酸 Thr [#]	0.71	0.67	0.73
丝氨酸 Ser	0.95	0.92	0.99
谷氨酸 Glu [*]	1.29	1.2	1.33
甘氨酸 Gly [*]	1	1.05	1.06
丙氨酸 Ala [*]	1.62	1.5	1.64
缬氨酸 Val [#]	1.01	0.98	1.05
甲硫氨酸 Met [#]	0.6	0.55	0.61
异亮氨酸 Ile [#]	0.65	0.61	0.67
亮氨酸 Leu [#]	1.93	1.77	1.97
酪氨酸 Tyr	0.52	0.48	0.53
苯丙氨酸 Phe [#]	0.8	0.74	0.82
赖氨酸 Lys [#]	1.16	1.09	1.19
组氨酸 His	0.42	0.42	0.43
精氨酸 Arg	0.97	0.92	0.99
脯氨酸 Pro	0.25	0.27	0.28
∑DAA	5.57	5.3	5.73
∑EAA	6.86	6.41	7.04
EAAI	75.19	74.93	77.96
∑TAA	15.54	14.72	15.99
EAA/TAA	44.14	43.55	44.03
DAA/TAA	35.84	36.01	35.83

注: *为鲜味氨基酸, #为必需氨基酸。∑DAA:鲜味氨基酸总量。∑EAA:必需氨基酸总量。EAAI:必需氨基酸指数。∑TAA:氨基酸总量。色氨酸在酸水解中被破坏,故未测

Notes: * delicious amino acids, # essential amino acids. ∑DAA: total delicious amino acids. ∑EAA: total essential amino acids. EAAI is essential amino acid index. ∑TAA: total amino acids. Tryptophan is destroyed in the acid hydrolysis, so it is not detected

0.48(表3)。与FAO/WHO制定的最低限度的评分标准比较,3种石斑鱼肌肉中的缬氨酸、亮氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸和酪氨酸含量丰富,AAS均大于1,高于FAO/WHO评分模式氨基酸含量。3种石斑鱼中,杂交“云龙斑”的各必需氨基

酸评分最高。必需氨基酸指数(EAAI)是评价食物蛋白质营养价值的常用指标之一,它是鸡蛋蛋白质必需氨基酸为参评标准。将3种石斑鱼的EAAI与其他经济鱼类进行比较(表4),结果表明其必需氨基酸指数高于表中多数经济鱼类。

表3 云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼及杂交“云龙斑”必需氨基酸组成评价

Tab. 3 Evaluation of essential amino acids composition in muscle of *E. moara*, *E. lanceolatus* and hybrid “Yunlong grouper”

氨基酸 amino acids	鸡蛋蛋白/ (mg/gN) egg protein	FAO评分模式 (mg/gN) FAO score mode	云纹石斑鱼 <i>E. Moara</i>		鞍带石斑鱼 <i>E. lanceolatus</i>		杂交“云龙斑” hybrid “Yunlong grouper”	
			AAS评分	CS评分	AAS评分	CS评分	AAS评分	CS评分
			AAS score mode	CS score mode	AAS score mode	CS score mode	AAS score mode	CS score mode
苏氨酸 Thr	292	250	0.91	0.78	0.91	0.78	0.94	0.81
缬氨酸 Val	411	310	1.04	0.78	1.07	0.81	1.09	0.82
甲硫氨酸+半胱 氨 Met+Cys	386	220	0.87	0.50	0.85	0.48	0.89	0.51
异亮氨酸 Ile	331	250	0.83	0.63	0.83	0.63	0.86	0.65
亮氨酸 Leu	534	440	1.40	1.15	1.37	1.13	1.44	1.19
苯丙氨酸+酪氨 酸 Phe+Tyr	565	380	1.11	0.74	1.09	0.73	1.14	0.77
赖氨酸 Lys	441	340	1.09	0.84	1.09	0.84	1.13	0.87

表4 云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼及杂交“云龙斑”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. moara*, *E. lanceolatus*, hybrid “Yunlong grouper” and some 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. managuense</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
珍珠龙胆 <i>E. fuscoguttatus</i> ♀× <i>E. lanceolatus</i> ♂	77.21	尼罗罗非鱼 <i>O. niloticus</i>	62.35
豹纹鳃棘鲈 <i>P. leopardus</i>	78.2	大黄鱼 <i>L. crocea</i>	62.1

2.3 脂肪酸组成

3种石斑鱼体内共检测出19种脂肪酸,包括5种饱和脂肪酸和14种不饱和脂肪酸,其中单不饱和脂肪酸7种,多不饱和脂肪酸7种。3种石斑鱼肌肉中饱和脂肪酸(SFA)含量为鞍带石斑鱼(42.96%)>云纹石斑鱼(37.97%)>杂交“云龙斑”

(33.79%);单不饱和脂肪酸(MUFA)含量为杂交“云龙斑”(28.48%)>云纹石斑鱼(26.11%)>鞍带石斑鱼(25.40%);多不饱和脂肪酸(PUFA)含量为杂交“云龙斑”(29.60%)>云纹石斑鱼(23.81%)>鞍带石斑鱼(21.62%)(表5)。

杂交“云龙斑”的不饱和脂肪酸含量最高,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,联合国健康部门的推荐值为0.40^[25-26],云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼以及杂交“云龙斑”的比例分别为0.63、0.50和0.88,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,其中钠的含量分别为杂交“云龙斑”>鞍带石斑鱼>云纹石斑鱼,锌、铁的含量为鞍带石斑鱼>杂交“云龙斑”>云纹石斑鱼,钙、磷、硒、镁含量为云纹石斑鱼>杂交“云龙斑”>鞍带石斑鱼,钾、铜含量为杂交“云龙斑”>云纹石斑鱼=鞍带石斑鱼。结果显示,杂交“云龙斑”的钠、钾、铜含量略高,另外几种矿物元素含量居于父母本之间(表6)。

表5 云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼及杂交“云龙斑”
脂肪酸组成

Tab. 5 Fatty acid contents in muscle of *E. moara*, *E. lanceolatus* and hybrid “Yunlong grouper” %

脂肪酸含量 fatty acid content	云纹石斑鱼 <i>E. Moara</i>	鞍带石斑鱼 <i>E. lanceolatus</i>	杂交“云龙斑” hybrid “Yunlong grouper”
肉豆蔻酸 C14:0	5.14	5.52	4.17
十五碳酸 C15:0	1.38	1.28	0.7
棕榈酸 C16:0	23.4	27.29	22.05
棕榈一烯酸 C16:1n9	5.13	5.23	5.25
十七烷酸 C17:0	1.37	1.38	0.68
硬脂酸 C18:0	6.68	7.39	6.19
油酸 C18:1n9t	0.21	0.23	0.13
油酸 C18:1n6	未检出 (检出限0.1)	未检出 (检出限0.1)	未检出 (检出限0.1)
油酸 C18:1n9	14.84	15.18	18.42
油酸 C18:1n11	3.21	2.66	2.71
亚油酸 C18:2n6	2.58	2.7	16.24
花生一烯酸 C20:1n7	1.69	1.22	1.58
α -亚麻酸 C18:3n3	0.85	0.73	1.64
花生二烯酸 C20:2	0.34	0.35	0.54
芥酸 C22:1n9	0.34	0.27	0.19
花生四烯酸 C20:4n6	1.43	1.05	0.9
EPA C20:5n3	3.77	3.03	2.56
二十四碳一烯酸 C24:1	0.69	0.61	0.39
DPA C22:5n3	1.92	1.98	1.45
DHA C22:6n3	12.92	11.78	6.27
饱和脂肪酸 SFA	37.97	42.96	33.79
单不饱和脂肪酸 MUFA	26.11	25.4	28.48
多不饱和脂肪酸 PUFA	23.81	21.62	29.6

3 讨论

鱼类营养价值取决于肌肉中蛋白质和脂肪酸的含量和组成。食品中蛋白质营养价值的评定受蛋白质含量、氨基酸种类及比例等多种因素影响^[26],其中必需氨基酸的含量与组成是评价食物营养价值的最重要指标,而鲜味氨基酸的含量决定着肉质的鲜美程度。FAO/WHO根据婴儿的必需氨基酸需求量(各年龄段人群中最高)制

表6 云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼及杂交“云龙斑”
矿物元素组成和含量

Tab. 6 Mineral elements contents in muscle of *E. moara*, *E. lanceolatus* and hybrid “Yunlong grouper” mg/kg, wet weight

含量 content	云纹石斑鱼 <i>E. Moara</i>	鞍带石斑鱼 <i>E. lanceolatus</i>	杂交“云龙斑” hybrid “Yunlong grouper”	
宏量元素 macro elements	Na	3.73×10^2	4.10×10^2	4.75×10^2
	K	4.38×10^3	3.90×10^3	4.48×10^3
	Mg	3.26×10^2	2.60×10^2	2.81×10^2
	Ca	1.18×10^3	4.81×10^2	5.80×10^2
	P	2.41×10^3	2.08×10^3	2.20×10^3
微量元素 trace elements	Fe	2.12	3.11	2.14
	Mn	<0.20	<0.20	<0.20
	Cu	0.3	0.3	0.32
	Zn	3.98	5.62	4.03
	Se	0.397	0.145	0.278

定了最低限度的评分标准(AAS评分),是评价食物氨基酸营养性能的重要指标^[22],被广泛应用于食物营养价值的评定。3种石斑鱼粗蛋白含量较高,氨基酸种类齐全,其必需氨基酸中的缬氨酸、亮氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸和酪氨酸含量丰富,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。必需氨基酸指数(EAAI)是评价食物蛋白质营养价值的常用指标之一,它是以鸡蛋蛋白质必需氨基酸为参评标准。3种石斑鱼肌肉中EAAI高于大多数经济鱼类(表4),并且比例适宜(EAA/TAA=43.96%~44.14%),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)^[26-29],因此3种石斑鱼是一类含有丰富和优质蛋白质的海水经济鱼类。将3种石斑鱼的蛋白营养价值进行比较,其中杂交“云龙斑”石斑鱼总氨基酸含量、鲜味氨基酸含量、必需氨基酸含量以及必需氨基酸指数均最高,云纹石斑鱼次之,鞍带石斑鱼最低。

脂肪含量是评价鱼肉品质的另外一个重要标准,脂肪本身不是呈味物质,但是鱼类肌肉中适宜的脂肪含量可以为鱼肉中增加一些鲜美的风味和细嫩的口感。有研究报道鱼类肌肉中的脂肪含量与肉质风味和细嫩程度成正比,当肌肉中的脂肪含量在3.5%~4.5%时,才会有良好

的口感^[26]。但是当鱼类肌肉中的脂肪含量太高时,又会违背现代人的健康饮食观念。3种石斑鱼的脂肪含量高于多数经济鱼类(表1),并且脂肪酸种类丰富,其中鞍带石斑鱼的脂肪含量太高,而云纹石斑鱼(4.2%)和杂交“云龙斑”(4.5%)的脂肪含量适宜。多不饱和脂肪酸(PUFA)具有调节人体脂质代谢、降低血液黏稠度、改善血液微循环等多重生理学功能,因此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0.40,云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼以及杂交“云龙斑”的PUFA/SFA比例分别为0.63、0.50和0.88,均高于推荐值,表明3种石斑鱼均具有较高的食用价值,其中杂交“云龙斑”的不饱和脂肪酸所占的比例最高。

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,其中钙的含量较珍珠龙胆、棕点石斑鱼和七带石斑鱼丰富^[24],具有较高的营养价值,杂交“云龙斑”的钠、钾、铜含量略高于亲本,另外几种矿物元素含量居于父母本之间。

杂交是一种有效的遗传改良方法,杂交可以使不同物种的基因组合在一起,导致杂交后代的基因型和表现型都发生改变^[30]。我们通过鞍带石斑鱼冷冻精子与云纹石斑鱼雌鱼卵子杂交,使得在生态环境分布和繁殖习性等方面具有较大差异、存在明显生殖隔离的2个物种的遗传物质重新组合,杂交后代“云龙斑”在生长、耐温性、畸形率等方面表现了多方面的杂交优势。本研究首次对杂交“云龙斑”及其亲本肌肉营养成分进行了分析比较,结果杂交“云龙斑”在一些指标上明显高于父母本,具有一定的杂交优势。

综上所述,云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼及杂交“云龙斑”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,且矿物元素种类齐全,具有较高的食用价值,其中杂交后代“云龙斑”在一些营养指标上明显高于父母本,具有一定的杂交优势。该研究为3种石斑鱼配合饲料的研制提供了科学理论资料,并为杂交品种“云龙斑”种质评价及进一步推广养殖和选育提供了基础依据。

参考文献:

- [1] Craig M T, De Mitcheson Y J S, Heemstra P C. Groupers of the world: A field and market guide[M]. South Africa: NISC, 2011: 1-402.
- [2] 农业部渔政管理局. 中国渔业统计年鉴2016[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016: 5.
Fishery Administration Bureau of the Ministry of Agriculture. China fishery statistical yearbook 2016[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2016: 5 (in Chinese).
- [3] Heemstra P C, Randall J E. Groupers of the World[M]. Rome, Italy: FAO, 1993: 130-132.
- [4] 成庆泰, 郑葆珊. 中国鱼类系统检索[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 47-50.
Cheng Q T, Zheng B S. Systematic synopsis of Chinese fishes[M]. Beijing: Science Press, 1987: 47-50 (in Chinese).
- [5] Tseng W Y, Poon C T. Hybridization of *Epinephelus* species[J]. *Aquaculture*, 1983, 34(1-2): 177-182.
- [6] James C M, Al-Thobaiti S A, Rasem B M, et al. Potential of grouper hybrid (*Epinephelus fuscoguttatus* × *E. polyphemus*) for aquaculture[J]. *Naga, the ICLARM Quarterly*, 1999, 22(1): 19-23.
- [7] Glamuzina B, Kožul V, Tutman P, et al. Hybridization of Mediterranean groupers: *Epinephelus marginatus* ♀ × *E. aeneus* ♂ and early development[J]. *Aquaculture Research*, 1999, 30(8): 625-628.
- [8] Glamuzina B, Glavić N, Skaramuca B, et al. Early development of the hybrid *Epinephelus costae* ♀ × *E. marginatus* ♂ [J]. *Aquaculture*, 2001, 198(1-2): 55-61.
- [9] 刘付永忠, 赵会宏, 刘晓春, 等. 赤点石斑鱼♂与斜带石斑鱼♀杂交的初步研究[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2007, 46(3): 72-75.
Liufu Y Z, Zhao H H, Liu X C, et al. Preliminary study on the hybrid red-spotted grouper (*Epinephelus akaara*) ♂ × orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*) ♀ [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 2007, 46(3): 72-75 (in Chinese).
- [10] 王燕, 张勇, 张海发, 等. 两种杂交石斑鱼及其亲本的形态差异分析[J]. 水产学报, 2014, 38(6): 778-785.
Wang Y, Zhang Y, Zhang H F, et al. Comparison of morphology between two kinds of hybrid groupers and their parents[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2014, 38(6): 778-785 (in Chinese).
- [11] Kiriyaikit A, Gallardo W G, Bart A N. Successful hybrid-

- ization of groupers (*Epinephelus coioides*×*Epinephelus lanceolatus*) using cryopreserved sperm[J]. *Aquaculture*, 2011, 320(1-2): 106-112.
- [12] 宋振鑫, 陈超, 翟介明, 等. 云纹石斑鱼生物学特性及人工繁育技术研究进展[J]. *渔业信息与战略*, 2012, 27(1): 47-53.
Song Z X, Chen C, Zhai J M, *et al.* Biological characteristics and progress of artificial breeding technique for kelp bass, *Epinephelus moara*[J]. *Fisheries Information & Strategy*, 2012, 27(1): 47-53(in Chinese).
- [13] 杨洪志, 梁荣峰. 鞍带石斑鱼*Epinephelus lanceolatus* (Bloch)繁殖生物学的初步研究[J]. *现代渔业信息*, 2002, 17(7): 20-21.
Yang H Z, Liang R F. Primary study on reproduction biology of *Epinephelus lanceolatus* (Bloch)[J]. *Modern Fisheries Information*, 2002, 17(7): 20-21(in Chinese).
- [14] 田永胜, 陈张帆, 段会敏, 等. 鞍带石斑鱼冷冻精子与云纹石斑鱼杂交家系建立及遗传效应[J]. *水产学报*, 2017, 41(12): 1817-1828.
Tian Y S, Chen Z F, Duan H M, *et al.* The family line establishment of the hybrid *Epinephelus moara* (♀)×*E. lanceolatus* (♂) by using cryopreserved sperm and the related genetic effect analysis[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2017, 41(12): 1817-1828(in Chinese).
- [15] 中国国家标准化管理委员会. 食品中蛋白的测定: GB/T 5009.5-2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
Standardization Administration of the People's Republic of China. Determination of protein in foods: GB/T 5009.5-2003[S]. Beijing: China Standard Press, 2004 (in Chinese).
- [16] 中国国家标准化管理委员会. 食品中脂肪的测定: GB/T 5009.6-2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
Standardization Administration of the People's Republic of China. Determination of fat in foods: GB/T 5009.6-2003[S]. Beijing: China Standard Press, 2004 (in Chinese).
- [17] 中华人民共和国卫生部. 食品中灰分的测定: GB/T 5009.4-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
Ministry of Health of the People's Republic of China. Determination of ash in foods: GB/T 5009.4-2010[S]. Beijing: China Standard Press, 2010 (in Chinese).
- [18] 中国国家标准化管理委员会. 食品中水分的测定: GB/T 5009.3-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
Standardization Administration of the People's Republic of China. Determination of moisture in foods: GB/T 5009.3-2010[S]. Beijing: China Standard Press, 2010 (in Chinese).
- [19] 中国国家标准化管理委员会. 食品中氨基酸的测定: GB/T 5009.124-2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
Standardization Administration of the People's Republic of China. Determination of amino acids in foods: GB/T 5009.124-2003[S]. Beijing: China Standard Press, 2004 (in Chinese).
- [20] 中国国家标准化管理委员会. 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: GB/T 22223-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
Standardization Administration of the People's Republic of China. Determination of total fat saturated fat, and unsaturated fat in foods - Hydrolytic extraction-gas chromatography: GB/T 22223-2008[S]. Beijing: China Standard Press, 2008 (in Chinese).
- [21] 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).
- [22] Pellett P L, Young V R. *Nutritional Evaluation of Protein Foods*[M]. Tokyo: the United National University Press, 1980.
- [23] 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.
Institute of Nutrition and Food Hygiene, Chinese Academy of Preventive Medicine. *Food composition table*[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 1991 (in Chinese).
- [24] 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 R D, 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).
- [25] 李炎璐, 陈超, 吴雷明, 等. 云纹石斑鱼、七带石斑鱼及杂交F₁肌肉营养成分分析[J]. *水产研究*, 2016, 3(2): 11-18.
Li Y L, Chen C, Wu L M, *et al.* Analysis of nutritional

- composition in muscles of *Epinephelus moara*, *Epinephelus septemfasciatus* and their hybrid F₁[J]. *Open Journal of Fisheries Research*, 2016, 3(2): 11-18(in Chinese).
- [26] 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, China Union Medical University, 1992: 4-14 (in Chinese).
- [27] 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).
- [28] 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 nutrition components of *Epinephelus malabaricus*[J]. *Reservoir Fisheries*, 2008, 28(3): 54-56(in Chinese).
- [29] 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 on nutrient composition of *Cichlasoma managuense*[J]. *Fisheries Science & Technology Information*, 2012, 39(2): 87-91(in Chinese).
- [30] 刘少军. 远缘杂交导致不同倍性鱼的形成[J]. *中国科学: 生命科学*, 2010, 40(2): 104-114.
- Liu S J. Distant hybridization leads to different ploidy fishes[J]. *Scientia Sinica(Vitae)*, 2010, 40(2): 104-114(in Chinese).

Analysis and quality evaluation of nutritional components in the muscle of *Epinehelus moara*, *E. lanceolatus* and hybrid “Yunlong grouper”

WANG Linna^{1,2}, TIAN Yongsheng^{1,2*}, TANG Jiang^{1,3}, LI Zhentong^{1,3}, CHENG Meiling^{1,4},
MA Wenhui⁵, MAO Dongliang⁵, LIN Haowei⁵, ZHAI Jieming⁵

(1. 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 266200, China;

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

4. College of Fisheries and Life Science, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China;

5. Mingbo Aquatic Co. Ltd., Laizhou 261400, China)

Abstract: The nutritional components and quality of muscles from *Epinehelus moara*, *E. lanceolatus* and hybrid “Yunlong grouper” were investigated and evaluated to provide basic data for the nutritional evaluation of their germplasm and the development of compound feed. The composition and content of water, protein, crude fat, ash content, amino acids, fatty acids and 10 mineral elements in the muscles of three groupers were measured by conventional methods, according to the national standard. The crude protein contents in the muscles of *E. moara*, *E. lanceolatus* and “Yunlong grouper” were 19.6%, 18.4% and 19.4% respectively. The total quantity of amino acids, essential amino acids, essential amino acid index and the flavour amino acids of these three groupers were (15.54%, 14.72%, 15.99%), (6.86%, 6.41%, 7.04%), (75.19, 74.93, 77.96) and (5.57%, 5.3% and 5.73%) respectively. The fat content in the muscle of three grouper is 4.2%, 10.1% and 4.5% respectively; the fat are rich in fatty acids variety and polyunsaturated fatty acids, and the ratio of polyunsaturated fatty acids/total fatty acids is consistent with ideal fatty acids. There are abundant mineral elements in the muscles of three groupers; five major elements (K, Ca, Na, Mg and P) and five kinds of trace elements (Fe, Mn, Cu, Zn and Se) have been detected. Among them, the contents of Na, K and Cu in hybrid “Yunlong grouper” are slightly higher, and the contents of other kinds of mineral elements are among parents. The research shows that *E. moara*, *E. lanceolatus* and “Yunlong grouper” contain all kinds of amino acids, suitable ratios of essential amino acids, a lot of unsaturated fatty acids and abundant mineral elements. Thus, the three groupers are excellent seawater breeding varieties with high edible value. In addition, “Yunlong grouper” shows some superiority in some nutritional indicators compared with their parents.

Key words: *Epinehelus moara*; *Epinehelus lanceolatus*; hybrid “Yunlong grouper”; muscle; nutrition; evaluation

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

Funding projects: Aoshan Scientific and Technological Innovation Project Financially Supported by Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology (2015ASKJ02); Yantai Science and Technology Plan (2016JH021); Yantai “Double Hundred Plan” Talent Project; Breeding Project of Shandong Province (2016LZGC009); Yellow Sea Fisheries Research Institute Research Fees (20603022017013, 20603022018019)