

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20170914001

http://www.yykxjz.cn/

赵亭亭, 张岩, 陈超, 李炎璐, 张廷廷, 乔莹, 翟介明, 李文升. 3种养殖石斑鱼的肌肉营养成分分析与品质评价. 渔业科学进展, 2018, 39(6): 89-96

Zhao TT, Zhang Y, Chen C, Li YL, Zhang TT, Qiao Y, Zhai JM, Li WS. Analysis of nutrient components and evaluation of nutritive quality in flesh of three species of cultured groupers. Progress in Fishery Sciences, 2018, 39(6): 89-96

## 3种养殖石斑鱼的肌肉营养成分分析与品质评价\*

赵亭亭<sup>1,2</sup> 张岩<sup>2</sup> 陈超<sup>2①</sup> 李炎璐<sup>2</sup> 张廷廷<sup>2</sup>  
乔莹<sup>2</sup> 翟介明<sup>3</sup> 李文升<sup>3</sup>

(1. 水产科学国家级实验教学示范中心 上海海洋大学 上海 201306; 2. 农业农村部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071; 3. 莱州明波水产有限公司 烟台 261418)

**摘要** 本研究对云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*)、鞍带石斑鱼(*E. lanceolatus*)、云纹石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(♂)的杂交种(俗称云龙石斑鱼)3种石斑鱼肌肉的营养成分和品质进行了分析评价。结果显示,这3种石斑鱼肌肉的粗蛋白含量分别为20.60%、19.30%和20.00%,粗脂肪的含量分别为2.60%、1.60%和4.30%。3种石斑鱼的肌肉均检测出16种常见氨基酸。其中,云纹石斑鱼肌肉的氨基酸总量、必需氨基酸含量和鲜味氨基酸的含量分别为16.95%、7.11%和6.31%(湿重),鞍带石斑鱼的分别为17.46%、7.18%和6.83%,云龙石斑鱼的分别为18.56%、7.69%和7.16%。其必需氨基酸的组成比例均符合FAO/WHO标准。3种石斑鱼肌肉的支链氨基酸和芳香族氨基酸的比值(*F*值)分别为2.22、2.57和2.60。依据氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS)分值,蛋氨酸为3种石斑鱼的第一限制性氨基酸,缬氨酸为第二限制性氨基酸。另外,3种石斑鱼肌肉的矿物质含量丰富,常量元素均以钾含量最高,微量元素均以锌含量最高。研究表明,3种石斑鱼均是符合人体营养需求的优质海水鱼。

**关键词** 石斑鱼; 肌肉; 营养成分; 品质评价

**中图分类号** S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2018)06-0089-08

石斑鱼属于鲈形目(Perciformes)、鲷科(Serranidae)、石斑鱼属(*Epinephelus*),是暖水性近海底层鱼类,为重要的世界性海洋经济鱼类,也是名贵的海水养殖鱼类之一。其肉质肥美丰腴,洁白鲜嫩类似鸡肉,口感佳且营养丰富,素有“海鸡肉”之称。随着生活质量的提高,人们对鲜活海产品的需求量与日俱增,石斑

鱼作为一种低脂肪、高蛋白的食用鱼类,深得人们喜爱,石斑鱼市场供不应求。

关于石斑鱼肌肉营养成分分析有较多研究,如七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)、棕点石斑鱼(*E. fuscoguttatus*)、鞍带石斑鱼(*E. lanceol*)、龙虎石斑鱼(*E. fuscoguttatus* ♀×*E. lanceolatus* ♂)、美洲黑石斑

\* 山东省自然科学基金项目(ZR2015PC015)、中国东盟海上合作基金项目 and 冷温性石斑鱼规模化苗种繁育关键技术引进项目(2012FDA30360)共同资助[This work was supported by Natural Science Funds of Shangdong Province (ZR2015PC015), China ASEAN Maritime Cooperation Fund Project, and the Introduction of Key Techniques for Large-Scale Fry Breeding of Cold Temperature Grouper(2012FDA30360)]. 赵亭亭, E-mail: 2467832293@qq.com

① 通讯作者: 陈超, 研究员, E-mail: ysfriechencao@126.com

收稿日期: 2017-09-14, 收修改稿日期: 2017-11-15

鱼(*Centropristis striata*)、点带石斑鱼(*E. malabarica*)、赤点石斑鱼(*E. akaara*)的肌肉营养成分与品质相关报道(程波等, 2009; 郭永军等, 2009; 黎祖福等, 2008; 于宏等, 2014; 党冉等, 2010; 徐大为等, 2008; 孔祥迪等, 2016)。本研究对云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼及其杂交新品系云龙石斑鱼的常规营养成分、氨基酸组成及矿物质含量进行了分析与评价, 旨在为3种石斑鱼之间的营养优势是否可以顺利表达进行评估; 为石斑鱼家族中杂交的合理性、可靠性进行评估; 为提高人工养殖条件下的商品质量及配合饲料的研制提供基础数据和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验鱼

云纹石斑鱼、云龙石斑鱼取自山东省莱州明波水产有限公司, 鞍带石斑鱼(龙胆)由海南省海王星水产科技有限公司提供。每组取石斑鱼样10尾, 分别测量体重和体长。云纹石斑鱼平均体重为(340.50±12.50)g、平均体长为(21.60±1.23)cm; 鞍带石斑鱼平均体重为(297.05±14.60)g、平均体长为(20.10±1.50)cm; 云龙石斑鱼平均体重为(320.60±20.48)g、平均体长为(21.70±0.53)cm。

### 1.2 样品处理

样品鱼经MS-222麻醉后, 测量体重和体长, 洗净后解剖, 每尾鱼自头背部两侧至尾柄前去皮后取肌肉样品。肌肉切小块等比例混合, 用组织粉碎机搅碎、混匀, 在-40℃条件下冷冻保存备用。肌肉组织样品送青岛市华测检测技术有限公司进行检测, 每个样品检测2次。

### 1.3 测试项目与方法

水分含量采用直接干燥法测定(GB 5009.3-2016); 灰分测定采用马弗炉550℃高温灼烧法(GB 5009.4-2016); 粗蛋白含量使用全自动凯氏定氮仪(GB 5009.5-2010)测定; 粗脂肪含量采用索氏抽提法(GB/T 5009.6-2003)测定。氨基酸的测定依据GB/T 5009.124-2003, 使用日立L-8800型氨基酸分析仪测定。采用GB/T 5009.13、14、87、90、91、92)-2003和GB 5009.93-2010方法测定各种矿物质含量。

### 1.4 营养品质评价方法

根据FAO/WHO 1973年建议的氨基酸评分标准模式(Pellet *et al.*, 1980)和中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所提出的鸡蛋蛋白的氨基酸模式, 计算

3种石斑鱼的氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)及氨基酸的支芳值(F值)。公式如下:

$$AAS = \frac{\text{待测蛋白质中某种必需氨基酸含量(mg/g N)}}{\text{FAO评分模式某种必需氨基酸含量(mg/g N)}}$$

$$CS = \frac{\text{待测蛋白质中某种必需氨基酸含量(mg/g N)}}{\text{鸡蛋蛋白质中某种必需氨基酸含量(mg/g N)}}$$

式中, 氨基酸含量指每克氮中氨基酸的毫克数。

氨基酸含量(mg/g N) =

$$\frac{\text{氨基酸含量\% (鲜样)}}{\text{粗蛋白含量\% (鲜样)}} \times 6.25 \times 1000$$

F值是支链氨基酸(BCAA)与芳香族氨基酸(AAA)的比值(黄薇等, 2014), 公式如下:

$$F = (\text{缬氨酸} + \text{亮氨酸} + \text{异亮氨酸}) / (\text{苯丙氨酸} + \text{酪氨酸})$$

### 1.5 数据处理与分析

3种鱼各个营养成分的数值为每组混合肌肉样品重复测试获得数据的平均值, 使用Excel 2013软件处理实验数据。

## 2 结果与分析

### 2.1 肌肉常规营养成分

3种石斑鱼肌肉的常规营养成分见表1。云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼和云龙石斑鱼肌肉中粗蛋白含量分别为20.60%、19.30%和20.00%, 粗脂肪的含量分别为2.60%、1.60%和4.30%。鞍带石斑鱼肌肉中的水分含量最高, 为77.10%, 云纹石斑鱼和云龙石斑鱼次之, 分别为75.70%和74.40%。3种石斑鱼肌肉的灰分含量分别为1.30%、1.10%和1.20%。

### 2.2 肌肉氨基酸组成与品质评价

**2.2.1 氨基酸含量** 3种石斑鱼肌肉氨基酸含量的测定结果见表2。3种石斑鱼的肌肉共检测出16种常见氨基酸, 包括7种必需氨基酸(Thr、Val、Met、Ile、Leu、Phe和Lys)、2种半必需氨基酸(His和Arg)和7种非必需氨基酸(Asp、Glu、Gly、Ala、Tyr、Pro和Ser)。其中, 云纹石斑鱼氨基酸总量占肌肉鲜重的16.95%, 必需氨基酸含量为7.11%, 半必需氨基酸与非必需氨基酸分别占肌肉鲜重的1.59%和8.25%。鞍带石斑鱼氨基酸总量占肌肉鲜重的17.46%, 必需氨基酸含量与云纹石斑鱼相近, 为7.18%, 半必需氨基酸与非必需氨基酸分别占肌肉鲜重的1.57%和8.71%。云龙石斑鱼肌肉中氨基酸总量为18.56%, 必需氨基酸、半必需氨基酸和非必需氨基酸含量分别为7.69%、1.67%和9.20%。3种石斑鱼肌肉中必需氨基

表 1 3 种石斑鱼与其他经济鱼类肌肉常规营养成分的比较(%，湿重)

Tab.1 Nutrients in muscles of 3 species of grouper compared with some other economic fish species (%，wet weight)

种类 Species	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	灰分 Ash	参考文献 Reference
云纹石斑鱼 <i>E. moara</i>	75.70	20.60	2.60	1.30	本文
鞍带石斑鱼 <i>E. lanceolatus</i>	77.10	19.30	1.60	1.10	本文
云龙石斑鱼 <i>E. moara</i> (♀)× <i>E. lanceolatus</i> (♂)	74.40	20.00	4.30	1.20	本文
棕点石斑鱼 <i>E. fuscoguttatus</i>	77.10	18.80	2.20	1.16	郭永军等, 2009
点带石斑鱼 <i>E. malabaricus</i>	76.63	19.14	1.41	0.99	徐大为等, 2008
淡水石斑鱼 <i>Cichlasoma managuense</i>	76.00	18.90	3.00	1.73	黄海等, 2012
赤点石斑鱼 <i>E. akaara</i>	73.27	19.15	4.27	1.33	林建斌等, 2010
豹纹鳃棘鲈 <i>Plectropomus leopardus</i>	79.30	17.60	0.90	1.80	尤宏争等, 2014
珍珠龙胆 <i>E. fuscoguttatus</i> (♀) × <i>E. lanceolatus</i> (♂)	75.55	19.95	2.29	1.24	王际英等, 2015
七带石斑鱼 <i>E. septemfasciatus</i>	74.10	19.60	2.70	1.70	程波等, 2009

表 2 3 种石斑鱼肌肉氨基酸组成及含量(%，湿重)

Tab.2 Amino acid in muscles of 3 species of grouper (%，wet weight)

氨基酸 Amino acids	云纹石斑鱼 <i>E. moara</i>	鞍带石斑鱼 <i>E. lanceolatus</i>	云龙石斑鱼 <i>E. moara</i> (♀)× <i>E. lanceolatus</i> (♂)
苏氨酸* Thr	0.75	0.91	0.99
缬氨酸** Val	0.88	0.87	0.91
蛋氨酸* Met	0.56	0.57	0.59
异亮氨酸** Ile	0.83	0.88	0.96
亮氨酸** Leu	1.62	1.54	1.67
苯丙氨酸* Phe	0.89	0.69	0.73
赖氨酸* Lys	1.58	1.72	1.84
天冬氨酸# Asp	1.69	1.98	2.15
谷氨酸# Glu	1.06	2.61	2.73
甘氨酸# Gly	1.53	1.05	1.04
丙氨酸# Ala	2.03	1.19	1.24
酪氨酸• Tyr	0.61	0.59	0.63
脯氨酸 Pro	0.36	0.56	0.63
丝氨酸 Ser	0.97	0.73	0.78
组氨酸& His	0.53	0.39	0.43
精氨酸& Arg	1.06	1.18	1.24
必需氨基酸 Essential amino acids (EAA)	7.11	7.18	7.69
非必需氨基酸 Nonessential amino acids (NEAA)	8.25	8.71	9.20
半必需氨基酸 Semi-essential amino acids (SEAA)	1.59	1.57	1.67
鲜味氨基酸 Delicious amino acids (DAA)	6.31	6.83	7.16
总氨基酸 Total amino acids (TAA)	16.95	17.46	18.56
支链氨基酸 Branched-chain amino acid (BCAA)	3.33	3.29	3.54
芳香族氨基酸 Aromatic amino acid (AAA)	1.50	1.28	1.36
$W_{EAA}/W_{TAA}$	41.95	41.12	41.43
$W_{EAA}/W_{NEAA}$	72.26	69.84	70.75
$W_{DAA}/W_{TAA}$	37.23	39.12	38.58
$F(BCAA/AAA)$	2.22	2.57	2.60

\*为必需氨基酸，&amp;为半必需氨基酸，#为鲜味氨基酸，\*为支链氨基酸，•为芳香族氨基酸

\*: Essential amino acid (EAA); &amp;: Semi-essential amino acid (SEAA); #: Delicious amino acid (DAA);

\*: Branched-chain amino acid (BCAA); •: Aromatic amino acid (AAA)

酸与总氨基酸的比值( $W_{EAA}/W_{TAA}$ )均相近,分别为41.95%、41.12%和41.43%;必需氨基酸与非必需氨基酸含量的比值( $W_{EAA}/W_{NEAA}$ ),分别为72.26%、69.84%和70.75%。根据FAO/WHO的理想模式,质量较好的蛋白质,其组成氨基酸的 $W_{EAA}/W_{TAA}$ 为40%左右, $W_{EAA}/W_{NEAA}$ 在60%以上(邴旭文等,2005)。由此,3种石斑鱼肌肉氨基酸的组成比例均符合以上指标要求,其氨基酸具有良好的平衡性,属于优质的蛋白质源。

云纹石斑鱼肌肉的氨基酸中丙氨酸含量最高,为2.03%,其次为天冬氨酸(1.69%)、亮氨酸(1.62%)、赖氨酸(1.58%)。鞍带石斑鱼和云龙石斑鱼肌肉中的氨基酸均以谷氨酸含量最高(2.61%和2.73%),其次是天冬氨酸(1.98%和2.15%)、赖氨酸(1.72%和1.84%)、亮氨酸(1.54%和1.67%)。3种石斑鱼肌肉中含量较低的氨基

酸均为以下4种:脯氨酸、组氨酸、蛋氨酸和酪氨酸。**2.2.2 肌肉必需氨基酸组成评价** 根据蛋白质评价标准,将3种石斑鱼肌肉中必需氨基酸含量转换为每克氮中所含氨基酸的毫克数(mg/g N),计算出3种石斑鱼肌肉各个必需氨基酸的AAS和CS分值(表3)。由表3可知,无论是以AAS还是CS为标准,3种石斑鱼的第一限制性氨基酸均为蛋氨酸,第二限制性氨基酸均为缬氨酸。云纹石斑鱼肌肉中必需氨基酸除蛋氨酸和缬氨酸外,其他各必需氨基酸的AAS均接近或大于1。以CS为标准,云纹石斑鱼蛋氨酸的CS最小,为0.44,其他各必需氨基酸的CS均大于0.6。鞍带石斑鱼和云龙石斑鱼肌肉中必需氨基酸除蛋氨酸外,其他各必需氨基酸的AAS均接近或大于1,CS均大于0.6。说明上述3种石斑鱼肌肉的必需氨基酸含量丰富,组成相对均衡。

表3 3种石斑鱼肌肉中必需氨基酸组成评价

Tab.3 Evaluation on essential amino acid components in muscles of 3 species of grouper

必需氨基酸 Essential amino acids	FAO/WHO 标准 FAO/WHO standard	鸡蛋蛋 白标准 Egg protein standard	云纹石斑鱼 <i>E. moara</i>			鞍带石斑鱼 <i>E. lanceolatus</i>			云龙石斑鱼 <i>E. moara</i> (♀)× <i>E. lanceolatus</i> (♂)		
			氨基酸 质量分数 Amino acid mass fraction		氨基酸 质量分数 Amino acid mass fraction		氨基酸 质量分数 Amino acid mass fraction				
			AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS			
苏氨酸 Thr	250	292	228	0.91	0.78	295	1.18	1.01	309	1.24	1.06
缬氨酸 Val	310	411	267	0.86 <sup>&amp;</sup>	0.65 <sup>&amp;</sup>	282	0.91 <sup>&amp;</sup>	0.69 <sup>&amp;</sup>	284	0.92 <sup>&amp;</sup>	0.69 <sup>&amp;</sup>
蛋氨酸 Met	220	386	170	0.77 <sup>*</sup>	0.44 <sup>*</sup>	185	0.84 <sup>*</sup>	0.48 <sup>*</sup>	184	0.84 <sup>*</sup>	0.48 <sup>*</sup>
异亮氨酸 Ile	250	331	252	1.01	0.76	285	1.14	0.86	300	1.2	0.91
亮氨酸 Leu	440	534	492	1.12	0.92	499	1.13	0.93	522	1.19	0.98
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	380	565	455	1.20	0.81	415	1.09	0.73	425	1.12	0.75
赖氨酸 Lys	340	441	479	1.41	1.09	557	1.64	1.26	575	1.69	1.30
合计 Total	2190	2960	2343			2518			2599		

注: \*为第一限制氨基酸; &为第二限制氨基酸

Note: \* means the first limiting amino acids; & means the second limiting amino acids

**2.2.3 肌肉鲜味氨基酸组成评价** 由表2可知,云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼和云龙石斑鱼3种石斑鱼肌肉中鲜味氨基酸的含量分别为6.31%、6.83%和7.16%,分别占氨基酸总量( $W_{DAA}/W_{TAA}$ )的37.23%、39.12%和38.58%。云纹石斑鱼肌肉的鲜味氨基酸中以丙氨酸含量最高,为2.03%,其次为天冬氨酸(1.69%)、甘氨酸(1.53%)、谷氨酸(1.06%)。鞍带石斑鱼和云龙石斑鱼肌肉中鲜味氨基酸含量的高低排序是一致的,均以谷氨酸含量最高,分别为2.61%和2.73%,其次为天冬氨酸(1.98%和2.15%)、丙氨酸(1.19%和1.24%)、甘氨

酸(1.05%和1.04%)。

### 2.3 矿物元素含量分析

3种石斑鱼肌肉中矿物质元素含量见表4。常量元素中均为K的含量最高,分别为4450.00、3766.50和3490.50 mg/kg,在云纹石斑鱼和云龙石斑鱼肌肉中,其次为Mg(1210.50和1335.00 mg/kg)、Na(579.50和554.50 mg/kg)、P(203.00和183.00 mg/kg)、Ca(115.50和175.00 mg/kg);在鞍带石斑鱼肌肉中,其次为Mg(1137.00 mg/kg)、Na(904.50 mg/kg)、

表 4 3 种石斑鱼肌肉矿物质含量(mg/kg, 湿重)

Tab.4 Contents of minerals in muscles of 3 species of grouper (mg/kg, wet weight)

矿物质元素 Mineral elements	云纹石斑鱼 <i>E. moara</i>	鞍带石斑鱼 <i>E. lanceolatus</i>	云龙石斑鱼 <i>E. moara</i> (♀)× <i>E. lanceolatus</i> (♂)
钾 K	4450.00	3766.50	3490.50
钠 Na	579.50	904.50	554.50
钙 Ca	115.50	193.50	175.00
镁 Mg	1210.50	1137.00	1335.00
磷 P	203.00	162.50	183.00
铜 Cu	0.10	0.15	0.35
锌 Zn	3.34	4.87	3.10
铁 Fe	2.89	1.95	3.08
硒 Se	0.41	0.21	0.30
锰 Mn	-	-	-

注: -表示未检出

Note: - denote undetectable

Ca(193.50 mg/kg)、P(183.00 mg/kg)。微量元素中, 均是 Zn 的含量最高, 分别为 3.34、4.87 和 3.10 mg/kg, 在云纹石斑鱼和鞍带石斑鱼肌肉中, 其次为 Fe (2.89 和 1.95 mg/kg)、Se(0.41 和 0.21 mg/kg)、Cu(0.10 和 0.15 mg/kg); 在云龙石斑鱼肌肉中, 其次为 Fe (3.08 mg/kg)、Cu(0.35 mg/kg)、Se(0.30 mg/kg)。3 种石斑鱼肌肉中的 Mn 均低于检出限。

### 3 讨论

#### 3.1 常规营养成分

鱼类营养价值的高低主要是由肌肉中蛋白质和脂肪的含量决定的。本研究 3 种石斑鱼肌肉中粗蛋白含量均相对较高, 分别为 20.60%、19.30%、20.00%, 均高于棕点石斑鱼(郭永军等, 2009)、点带石斑鱼(徐大为等, 2008)、淡水石斑鱼(*Cichlasoma managuense*) (黄海等, 2012)、赤点石斑鱼(林建斌等, 2010)、豹纹棘鲈(*Plectropomus leopardus*) (尤宏争等, 2014) 等多种石斑鱼的粗蛋白含量, 与珍珠龙胆石斑鱼(王际英等, 2015)、七带石斑鱼(程波等, 2009) 等石斑鱼的粗蛋白含量相近(表 1)。3 种石斑鱼肌肉中粗脂肪的含量分别为 2.60%、1.60% 和 4.30%, 在一定范围内, 鱼体肌肉脂肪的含量与肉质的风味呈正相关关系, 脂肪含量在 3.5%~4.5% 具有良好的适口性(刘玉芳, 1991), 说明云龙石斑鱼在适口性上优于前二者。本研究中的 3 种石斑鱼均是蛋白质含量丰富且脂肪含量相对适中的优质海水鱼类, 其中, 云纹石斑鱼肌肉中粗蛋白含量较后二者略高, 而云龙石斑鱼肌肉的适口性较好。

#### 3.2 氨基酸组成与营养品质

**3.2.1 氨基酸组成** 食品中蛋白质营养价值的高低, 主要取决于其所含氨基酸的组成与含量。在 3 种石斑鱼肌肉中均检测出 16 种常见氨基酸, 氨基酸总量相差较大, 分别为 16.95%、17.46% 和 18.56%, 可以看出, 云龙石斑鱼氨基酸总量最高。三者的氨基酸总量均高于褐点石斑鱼(*E. fuscoguttatus*)(14.72%)、东星斑(*Plectropomus leopardus*)(14.4%)、斜带石斑鱼(*E. coioides*)(14.80%)(谢瑞涛等, 2016)、淡水石斑鱼(15.74%)(黄海等, 2012) 等多种石斑鱼肌肉的氨基酸总量。

本研究发现, 云纹石斑鱼肌肉的氨基酸中丙氨酸含量最高, 占氨基酸总量的 11.98%。丙氨酸可以增强鱼肉的鲜味, 且具有预防肾结石、协助葡萄糖代谢的作用, 有助于缓和低血糖, 改善身体能量。鞍带石斑鱼和云龙石斑鱼肌肉的氨基酸均是谷氨酸含量最高, 分别占氨基酸总量的 14.95% 和 14.71%。谷氨酸在人体组织代谢过程中起解除氨毒害的作用(孙中武等, 2008), 也是参与脑组织生化代谢和多种生理活性物质合成的重要氨基酸(张昌颖等, 1988)。另外, 值得一提的是, 本研究中 3 种石斑鱼肌肉中赖氨酸的含量(湿重)均较高, 分别为 1.58%、1.72% 和 1.84%, 其 AAS 和 CS 分值均已超过 FAO/WHO 标准和鸡蛋蛋白标准, 是前者的 1.41~1.69 倍。我国居民普遍以谷物为主食, 而赖氨酸是一般谷类和人乳蛋白质的第一限制性氨基酸(徐善良等, 2012), 由此, 3 种石斑鱼均可作为国民弥补因以谷物为主食所引起的赖氨酸摄入不足, 同时也可以开发为优质的催乳食品(徐革锋等, 2013)。3 种石斑鱼不仅氨基酸含量丰富, 还具有良好的营养和保健作用, 是人类优质的氨基酸补充源。

**3.2.2 氨基酸营养品质评价** FAO/WHO 根据婴儿的必需氨基酸需求量(各年龄段人群中最高)制定了最低限度的评分标准(AAS)。鸡蛋蛋白质被认为是营养最全面的, 因此也被制定蛋白质的评定标准(CS)(刘俊利等, 2011)。二者被广泛认为是评定食品中氨基酸营养价值的重要指标。在本研究中, 3 种石斑鱼的肌肉中除缬氨酸和蛋氨酸外, 其他氨基酸的 AAS 均接近或大于 1; 除蛋氨酸外, 其他氨基酸的 CS 均大于 0.6。说明这 3 种石斑鱼均可以为人类提供丰富的必需氨基酸, 且氨基酸的平衡性较好。研究表明, 无论是以 AAS 还是 CS 为标准, 3 种石斑鱼的第一限制性氨基酸均为蛋氨酸, 第二限制性氨基酸均为缬氨酸。因此, 在对 3 种石斑鱼进行饲养或食品加工时, 额外添加这 2 种必需氨基酸, 能够进一步提高石斑鱼

的鱼肉品质。

鱼肉的鲜美程度由肌肉中鲜味氨基酸的组成与含量决定。3种石斑鱼肌肉中鲜味氨基酸的含量分别为6.31%、6.83%和7.16%(表2)。鲜味氨基酸中以谷氨酸的鲜味最强,3种石斑鱼肌肉中的谷氨酸含量分别为1.06%、2.61%和2.73%。由此可以看出,3种石斑鱼肌肉中鲜味氨基酸的含量均较高,其中,云龙石斑鱼肌肉中鲜味氨基酸总量最高,且谷氨酸含量最高。因此,云龙石斑鱼的鲜美程度上要优于前二者。

3种石斑鱼肌肉中的支链氨基酸(Val、Ile和Leu)分别占氨基酸总量的19.65%、18.84%和19.07%,支链氨基酸含量均较高。支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值称为支芳值( $F$ )。人和哺乳动物的 $F$ 值在正常情况下为3.0~3.5,而当肝受损伤时,则降为1.0~1.5,因此,支链氨基酸可用于治疗肝硬化(黄薇等,2014)。3种石斑鱼肌肉的 $F$ 值分别为2.22、2.57和2.60(表2),均明显高于人体肝脏受损时的水平。因此,3种石斑鱼肌肉均可较好地肝病者补充支链氨基酸,具有良好的保健作用。

### 3.3 矿物质元素组成评价

矿物质元素通过参与人体新陈代谢及各种生化反应,维持机体渗透压和酸碱平衡。本研究检测了K、Na、Ca、Mg、P、Zn、Cu、Fe、Mn和Se共10种矿物质元素,除微量元素Mn未被检出外,其他矿物质元素均有检出。3种石斑鱼的肌肉中均是K含量最高,K可以维持人体体液的酸碱平衡和神经肌肉的应激性,调节机体渗透压。Na和K一样,参与维持机体多种代谢平衡,通常与K配合发挥作用。3种石斑鱼肌肉中的K/Na分别为7.7、4.2和6.3,说明3种石斑鱼均属于高钾低钠食物。K可以促进Na的排除,能够通过扩张血管,降低血管阻力从而降低血压。因此,K含量丰富的3种石斑鱼均适合高血压及心血管疾病患者食用。另外,这3种石斑鱼肌肉中的Zn含量均较为丰富。Zn对婴幼儿十分重要,儿童缺Zn会导致免疫力和智力下降,引起厌食及赖氨酸缺乏等症状。本研究显示,3种石斑鱼肌肉中富含多种矿物质元素,尤其是K和Zn,可为人类尤其是儿童提供丰富的Zn。

对鱼类而言,肌肉中有恒定的钙磷比,3种石斑鱼肌肉中的钙磷比分别为0.57、1.19和1.96,高于其他多种鱼类。因此,在配制饲料的过程中,需要注意饲料中的钙磷比例。另外,3种石斑鱼肌肉的锌铜比分别为32.8、32.2和8.9,锌铁比分别为1.2、2.5和1.0。按照Hill和Matron提出的“理化性质相似的元素,其生物学功能相互拮抗”,且这种拮抗作用通常

发生在锌铜比 $>10$ 及锌铁比 $>1$ 的情况下(Pellet *et al.*, 1980)。由此可知,云龙石斑鱼肌肉中的Cu、Fe、Zn比例比较合理。云纹石斑鱼和鞍带石斑鱼肌肉中的Zn含量远远高于Cu和Fe,从而影响Cu和Fe的吸收,导致二者摄入不足。因此,在食用这2种石斑鱼时,需注意Cu和Fe的摄入,使三者能充分吸收利用。

## 4 结论

3种石斑鱼均是蛋白质含量丰富且脂肪含量相对适中的优质海水鱼类,其氨基酸种类齐全且平衡性好,必需氨基酸组成符合FAO/WHO的理想模式,支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值均接近正常人体水平,氨基酸总量、必需氨基酸和鲜味氨基酸含量均较高,说明本研究中的3种石斑鱼均是味道鲜美且营养价值高的优质蛋白源。根据AAS和CS,3种石斑鱼肌肉的第一限制性氨基酸均为蛋氨酸,第二限制性氨基酸均为缬氨酸。3种石斑鱼肌肉中含有多种矿物质元素,可为人体补充多种矿物质。

## 参 考 文 献

- Bing XW, Cai BY, Wang LP. Evaluation of nutritive quality and nutritional components in *Spinibarbus sinensis* muscle. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2005, 12(2): 211–215 [邢旭文, 蔡宝玉, 王利平. 中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质评价. *中国水产科学*, 2005, 12(2): 211–215]
- Cheng B, Chen C, Wang YG, *et al.* Nutritional components analysis and nutritive value evaluation in *Epinephelus septemfasciatus* muscles. *Progress in Fishery Sciences*, 2009, 30(5): 51–57 [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. *渔业科学进展*, 2009, 30(5): 51–57]
- Dang R, Zhu JQ, Qiu XZ. Analysis of flesh content and nutrient components in the muscle of *Centropristis striata*. *Journal of Marine Sciences*, 2010, 28(2): 60–66 [党冉, 竺俊全, 邱新志. 美洲黑石斑含肉率及肌肉营养成分分析. *海洋学研究*, 2010, 28(2): 60–66]
- Guo YJ, Xing KZ, Xu DW, *et al.* Evaluation of nutritive quality and components in muscle of brownmarbled grouper *Epinephelus fuscoguttatus*. *Fisheries Science*, 2009, 28(11): 635–638 [郭永军, 邢克智, 徐大为, 等. 棕点石斑鱼的肌肉营养成分分析. *水产科学*, 2009, 28(11): 635–638]
- Huang H, Yang N, Zhang X. Analysis of the ration of flesh content and nutrition composition of the muscle of *Cichlasoma managuense*. *Fisheries Science & Technology Information*, 2012, 39(2): 87–91 [黄海, 杨宁, 张希. 淡水石斑鱼含肉率和肌肉营养成分分析. *水产科技情报*, 2012, 39(2): 87–91]
- Huang W, Zhang ZH, Shi YH, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional components in muscle of cultured *Synechogobius*

- ommaturus*. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2014, 26(9): 2866–2873 [黄薇, 张忠华, 施永海, 等. 养殖斑尾复虾虎鱼肌肉营养成分的分析和评价. 动物营养学报, 2014, 26(9): 2866–2873]
- Kong XD, Liu L, Li YL, *et al.* Nutritional values of 2-year-old cultured *Epinephelus akaara* and causes of its common deformities. Progress in Fishery Sciences, 2016, 37(5): 38–45 [孔祥迪, 刘莉, 李炎璐, 等. 养殖2龄赤点石斑鱼(*Epinephelus akaara*)的营养价值与畸形原因分析. 渔业科学进展, 2016, 37(5): 38–45]
- Li ZF, Fu QQ, Zhang YS. An analysis of the nutritive composition and the contents of amino acids in muscle of *Epinephelus lanceol.* South China Fisheries Science, 2008, 4(5): 61–64 [黎祖福, 付倩倩, 张义顺. 鞍带石斑鱼肌肉营养成分及氨基酸含量分析. 南方水产, 2008, 4(5): 61–64]
- Lin JB, Chen DH, Zhu QG, *et al.* Nutritional quality and composition in flesh of three species of groupers. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2010, 25(5): 548–553 [林建斌, 陈度煌, 朱庆国, 等. 3种石斑鱼肌肉营养成分比较初探. 福建农业学报, 2010, 25(5): 548–553]
- Liu JL, Xiong BX, Lü GJ, *et al.* Comparison on muscle composition of *Hypophthalmichthys molitrix* and *Aristichthys mobilis* in two reservoirs with different trophic levels. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(7): 1098–1104 [刘俊利, 熊邦喜, 吕光俊, 等. 两种不同营养类型水库鲢、鳙肌肉营养成分的比较. 水产学报, 2011, 35(7): 1098–1104]
- Liu YF. Analysis of fatty acid composition of five freshwater fishes in China. Journal of Fisheries of China, 1991, 15(2): 169–171 [刘玉芳. 中国5种淡水鱼脂肪酸组成分析. 水产学报, 1991, 15(2): 169–171]
- Pellet PL, Young VR. Nutritional evaluation of protein foods. Food and nutrition. Tokyo: United Nations University, 1980, 26–29
- Sun ZW, Li C, Yin HB, *et al.* Analysis of the nutritional composition in muscle of five varieties of *Oncorhynchus mykiss*. Acta Nutrimenta Sinica, 2008, 30(3): 298–302 [孙中武, 李超, 尹洪滨, 等. 不同品系虹鳟的肌肉营养成分分析. 营养学报, 2008, 30(3): 298–302]
- Wang JY, Zhang DR, Ma JJ, *et al.* Nutritional components analysis and nutritive value evaluation of ♀ *Epinephelus fuscoguttatus* × ♂ *E. lanceolatus* muscles. Transactions of Oceanology and Limnology, 2015(4): 61–69 [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. 海洋湖沼通报, 2015(4): 61–69]
- Xie RT, Yang LY, Zhang HT, *et al.* Protein nutritional value evaluation in three species of cultured groupers muscle. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2016, 44(16): 151–153 [谢瑞涛, 杨丽云, 张海涛, 等. 3种人工养殖石斑鱼肌肉的蛋白质营养价值评价. 安徽农业科学, 2016, 44(16): 151–153]
- Xu DW, Xing KZ, Zhang SS, *et al.* Analysis of nutritional components in muscle of *Epinephelus malabaricua*. Reservoir Fisheries, 2008, 28(3): 54–56 [徐大为, 邢克智, 张树森, 等. 点带石斑鱼的肌肉营养成分分析. 水利渔业, 2008, 28(3): 54–56]
- Xu GF, Wang YY, Bai QL, *et al.* Analysis of nutrient components and evaluation of nutritive quality in muscle of *Lota lota* (Linnaeus). Chinese Journal of Animal Nutrition, 2013, 25(12): 3027–3032 [徐革锋, 王裕玉, 白庆利, 等. 江鲢肌肉营养成分分析与品质评价. 动物营养学报, 2013, 25(12): 3027–3032]
- Xu SL, Wang DL, Xu JL, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional components in muscle of *Pampus argenteus*, *P. cinereus* and *P. sinensis* from the East China Sea. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2012, 43(4): 775–782 [徐善良, 王丹丽, 徐继林, 等. 东海银鲳(*Pampus argenteus*)、灰鲳(*P. cinereus*)和中国鲳(*P. sinensis*)肌肉主要营养成分分析与评价. 海洋与湖沼, 2012, 43(4): 775–782]
- You HZ, Sun ZJ, Zhang Q, *et al.* Nutritional components analysis and nutritive value evaluation in *Plectropomus leopardus* muscles. Acta Hydrobiologica Sinica, 2014, 38(6): 1168–1172 [尤宏争, 孙志景, 张勤, 等. 豹纹鳃棘鲷肌肉营养成分分析与品质评价. 水生生物学报, 2014, 38(6): 1168–1172]
- Yu H, Wan GT, Cheng MJ, *et al.* Analysis of the nutritive components of muscle from pearl gentian grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂). Journal of Guangdong Ocean University, 2014, 34(6): 83–87 [于宏, 万刚涛, 程民杰, 等. 龙虎斑鱼肌肉营养成分分析. 广东海洋大学学报, 2014, 34(6): 83–87]
- Zhang CY, Li L, Li CF. Biochemistry. Beijing: People's Medical Publishing House, 1988, 305–561 [张昌颖, 李亮, 李昌甫. 生物化学. 北京: 人民卫生出版社, 1988, 305–561]

## Analysis of Nutrient Components and Evaluation of Nutritive Quality in Flesh of Three Species of Cultured Groupers

ZHAO Tingting<sup>1,2</sup>, ZHANG Yan<sup>2</sup>, CHEN Chao<sup>2①</sup>, LI Yanlu<sup>2</sup>, ZHANG Tingting<sup>2</sup>,  
QIAO Ying<sup>2</sup>, ZHAI Jieming<sup>3</sup>, LI Wensheng<sup>3</sup>

(1. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 2. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 3. Laizhou Mingbo Aquatic Co. Ltd, Yantai 261418)

**Abstract** Grouper is an important global, marine economic resource. As a low-fat, high-protein edible fish, it is in high demand, and thus, its supply is not adequate to meet this demand. In order to improve the muscle quality of the cultured grouper and provide basic data for the development of compound feed, the nutritional components in the muscles of *Epinephelus moara*, *E. lanceolatus*, and *E. moara* (♀) × *E. lanceolatus* (♂) (hereinafter *Yunlong*) were analyzed and evaluated by routine biochemical methods. The results showed that the content of crude protein in the muscles of the three grouper species were 20.60%, 19.30%, and 20.00%, respectively, and the content of crude fat were 2.60%, 1.60%, and 4.30%. Sixteen common amino acids were detected in the muscles of the three grouper species. The content of total amino acids (TAA), essential amino acids (EAA), and delicious amino acids (DAA) in wet-weight fish flesh were respectively 16.95%, 7.11%, and 6.31% in *E. moara*; 17.46%, 7.18%, and 6.83% in *E. lanceolatus*; and 18.56%, 7.69%, and 7.16% in *Yunlong*. The proportions of the essential amino acids in the muscles of three grouper species are all in accordance with the FAO/WHO standard. The ratios of branched chain amino acids to aromatic amino acids (*F* values) in the muscles of the three grouper species were 2.22, 2.57, and 2.60, respectively. According to the amino acid score (AAS) and chemical score (CS), the first limiting amino acid of the three grouper species was methionine, and the second limiting amino acid was valine. In addition, muscles from the three group species were all rich in minerals. Potassium levels were the highest among those of all macroelements, and zinc levels were the highest among those of all trace elements. Studies have shown that these three species of groupers are high-quality marine fish with high nutritional value, which have good prospects for commercial exploitation and utilization.

**Key words** Grouper; Muscle; Nutrient component; Quality evaluation

① Corresponding author: CHEN Chao, E-mail: ysfrichenchao@126.com