

黄条鲷(*Seriola aureovittata*)肌肉营养 组成分析与评价*

柳学周^{1,2①} 徐永江^{1,2} 李 荣³ 吕永军³
史 宝^{1,2} 宁劲松^{1,2} 王 滨^{1,2}

(1. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室
中国水产科学研究院黄海水产研究所 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 青岛 266071; 3. 大连富谷水产有限公司 大连 116400)

摘要 为进一步认识和评价黄条鲷(*Seriola aureovittata*)的营养与食用价值,本研究测定了其肌肉中的水分、蛋白质、粗脂肪、灰分、氨基酸、脂肪酸和矿物质等成分,并对其养殖及野生个体的肌肉营养成分组成进行了比较分析。结果显示,黄条鲷肌肉中蛋白质含量较高,必需氨基酸和鲜味氨基酸含量丰富,完全符合FAO/WHO推荐的理想蛋白质标准,是一种优质蛋白供给源。根据AAS和CS分值,黄条鲷肌肉的第一限制氨基酸为蛋氨酸,第二限制氨基酸为缬氨酸。黄条鲷肌肉的脂肪含量高于三文鱼(*Salmo salar*)、金枪鱼(*Thunnus thynnus*)、石斑鱼(*Epinephelus* sp.)等,且肌肉中含有丰富的不饱和脂肪酸,不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸比值较高,特别是EPA+DHA的含量高,具有较优的口感鲜度和较高的营养价值。另外,黄条鲷肌肉中含有多种机体新陈代谢所需的矿物质,经常食用可促进人体新陈代谢水平。比较发现,养殖黄条鲷较野生黄条鲷具有相对较高的脂肪含量和较低的水分含量,比能值(EP)分别为13.44 kJ/g和8.68 kJ/g,其他营养成分无显著差异,表明养殖与野生黄条鲷肌肉营养价值相似。综上所述,黄条鲷肌肉蛋白质和脂肪质量较高,口感鲜美,营养成分丰富,是一种值得大力开发养殖的海产经济鱼类。

关键词 黄条鲷; 肌肉; 营养成分; 营养评价

中图分类号 TS201.4; S917.4; R151.3 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2017)01-0128-08

黄条鲷(*Seriola aureovittata*)属鲈形目(Perciformes)、鲷科(Carangidae)、鲷属(*Seriola*),又称黄尾鲷、拉氏鲷,俗称黄鲷牛、黄鲷子,是一种全球性分布的海洋中上层暖温性远洋洄游鱼类,也是一种经济价值很高的食用鱼类。世界范围内鲷属鱼类共有9种,其中,黄条鲷在我国黄渤海、东海、南海,朝鲜半岛、日本,非洲南部,澳大利亚,美国,印度,南非海域及印度洋,均有分布,根据地域性差异可分为3个形态相似

的地理亚种:亚洲种群、加利福尼亚种群和南部(南非-澳洲)种群(刘静等,2015)。

黄条鲷生长速度快、个体大,适合于深水抗风浪网箱和陆基工厂化养殖,是我国发展深远海鱼类养殖的优良品种。其肉味鲜美,适合生吃、煎、烤等多种烹饪方式,其生鱼片产品品质可与金枪鱼(*Thunnus thynnus*)、三文鱼(*Salmo salar*)媲美,深受广大消费者喜爱,世界范围内消费需求不断增加。目前,澳大利

* 青岛海洋科学与技术国家实验室鳌山科技创新计划专项项目(2015ASKJ02-03)、中国水产科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2016PT07)和国家鲆鲽类产业技术体系(CARS-50)共同资助 [This work was supported by Aoshan S&T Innovation Project from Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology (2015ASKJ02-03), Central Public-Interest Scientific Institution Basal Research Fund, Chinese Academy of Fishery Sciences (No.2016PT07), and China Agriculture Research System (CARS-50)] 柳学周, E-mail: liuxz@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2016-07-22, 收修改稿日期: 2016-09-03

亚、新西兰、日本等国家已陆续开展了黄条鲷的人工繁育和养殖技术开发(Moran *et al*, 2007、2011; Shiraiishi *et al*, 2010; Chen *et al*, 2006), 但养殖产量远无法满足市场消费需求。近年来, 我国相关单位开展了黄条鲷的人工养殖实验, 但由于对其生活习性、繁殖与洄游特性及营养特征等缺乏认识, 相关研究进展较慢。为了准确评价黄条鲷的营养价值, 推动养殖业发展, 本研究测定了我国黄海海域自然分布的黄条鲷的肌肉营养成分, 并对养殖和野生黄条鲷肌肉营养成分进行了比较分析, 旨在为评价该鱼的营养品质和养殖开发潜力提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验鱼

人工养殖黄条鲷取自大连富谷水产有限公司海上网箱养殖基地, 共 3 尾, 体长为 70–80 cm, 体重为 5.1–5.9 kg; 野生黄条鲷捕获于黄海海域青岛近岸区域, 共 3 尾, 体长为 92–105 cm, 体重为 8.6–10.4 kg。

1.2 营养成分测定方法

黄条鲷经 MS-222 麻醉后测量体重、体长, 然后断头处死。取实验鱼不同部位的肌肉组织, 去皮后切成 2–3 cm 片状, 3 尾鱼肌肉组织等比例混合后重量为 500–1000 g, 快速在–40℃条件下冷冻保存, 备用。肌肉组织样品送国家水产品质量检验检测中心进行测试, 每个样品测试 2 次。

水分含量采用直接干燥法测定(GB 5009.3-2010); 粗蛋白含量使用全自动凯氏定氮仪(GB 5009.5-2010)测定; 粗脂肪含量测定: 肌肉以盐酸水解后采用索氏法提取, 全自动脂肪测定仪(GB/T 5009.6-2003)测定; 灰分含量利用高温灰化法测定(GB 5009.4-2010)。

氨基酸含量测定: 酸水解法处理肌肉, 使用日本日立公司 L-8800 全自动氨基酸自动分析仪(GB/T 5009.124-2003)测定。

脂肪酸含量测定: 水解提取肌肉中脂肪酸, 使用美国安捷伦公司 7890A 气相色谱仪(GB/T 22223-2008)测定。

矿物质包括常量元素(K、P、Mg、Na、Ca)和微量元素(Fe、Cu、Zn、Mn、Cr)两类, 其在肌肉中的含量采用 ZJB302 等离子体发射光谱法测定。

1.3 比能值计算方法

比能值 Q (kJ/g) = $\omega_1 \times 23.64 + \omega_2 \times 39.54 + \omega_3 \times 17.15$

式中, ω_1 – ω_3 分别为蛋白质、脂肪和总糖的百分含量, 蛋白质、脂肪和总糖的比能值分别为 23.64 kJ/g、

39.54 kJ/g 和 17.15 kJ/g。

总糖含量(%) = $[100 - (\text{粗蛋白} + \text{粗脂肪} + \text{灰分} + \text{水分})] / 100$ (刘长琳等, 2015)。

EP 值为比能值与蛋白含量的比值。

1.4 肌肉营养价值评价方法

根据 FAO/WHO 建议的氨基酸评分标准模式和中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所提出的全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式, 计算黄条鲷氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS)(尤宏争等, 2014; 张升利等, 2013)。

1.5 数据分析

本研究中, 两组实验鱼各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, 采用 Excel 2013 软件处理实验数据。

2 结果

2.1 肌肉基本营养成分组成

养殖和野生黄条鲷肌肉中都有较高的蛋白质含量, 分别为 20.30% 和 21.90%。此外, 二者灰分含量相同, 而野生黄条鲷肌肉水分含量(68.10%)高于养殖黄条鲷(56.10%), 但肌肉粗脂肪含量(8.80%)远低于养殖黄条鲷(21.40%)。养殖黄条鲷肌肉的比能值为 13.44, 而野生黄条鲷仅为 8.68(表 1)。

表 1 养殖和野生黄条鲷肌肉基本营养成分组成(湿重)
Tab.1 The proximate composition of the nutrition in the muscle of farmed and wild *S. aureovittata* (Wet weight)

营养成分 Nutritional components	养殖黄条鲷 Farmed <i>S. aureovittata</i>	野生黄条鲷 Wild <i>S. aureovittata</i>
水分 Moisture (%)	56.10	68.10
粗蛋白 Crude protein (%)	20.30	21.90
粗脂肪 Crude fat (%)	21.40	8.80
灰分 Ash (%)	1.10	1.10
总糖 Total sugar (%)	1.10	0.10
比能值 Q (kJ/g)	13.44	8.68
EP (%)	66.21	39.64

2.2 氨基酸含量分析

人工养殖黄条鲷和野生黄条鲷肌肉中氨基酸的测定结果见表 2。黄条鲷肌肉中共检测出 16 种常见氨基酸, 包括 7 种必需氨基酸、2 种半必需氨基酸和 7 种非必需氨基酸。养殖黄条鲷和野生黄条鲷肌肉中, 7 种必需氨基酸含量最高的为赖氨酸(1.79%、1.96%), 其次为亮氨酸(1.65%、1.82%); 7 种非必需氨基酸含

量最高的为丙氨酸(1.68%、1.89%),其次为天门冬氨酸(1.65%、1.82%)。其中,肌肉中可检出的氨基酸中有4种鲜味氨基酸,分别为天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸和丙氨酸,在养殖和野生黄条鲮肌肉中的总含量分别为5.75%和6.41%,分别占氨基酸总量的32.20%和

32.50%。

根据蛋白质评价标准,将黄条鲮肌肉中必需氨基酸含量转换为每克氮中含氨基酸毫克数(mg/g N),计算出肌肉各个必需氨基酸的AAS和CS分值(表3)。根据AAS和CS的分值,发现黄条鲮的第一限制氨

表2 养殖和野生黄条鲮肌肉氨基酸组成及含量(%、湿重)

Tab.2 The composition and contents of amino acids in the muscle of farmed and wild *S. aureovittata* (% wet weight)

氨基酸 Amino acids	养殖黄条鲮 Farmed <i>S. aureovittata</i>	野生黄条鲮 Wild <i>S. aureovittata</i>
*苏氨酸 Thr	0.78	0.87
*缬氨酸 Val	0.96	1.07
*蛋氨酸 Met	0.60	0.66
*异亮氨酸 Ile	0.90	0.98
*亮氨酸 Leu	1.65	1.82
*苯丙氨酸 Phe	0.84	0.93
*赖氨酸 Lys	1.79	1.96
#天门冬氨酸 Asp	1.65	1.82
#谷氨酸 Glu	1.33	1.47
#甘氨酸 Gly	1.09	1.23
#丙氨酸 Ala	1.68	1.89
酪氨酸 Tyr	0.62	0.70
脯氨酸 Pro	0.51	0.55
丝氨酸 Ser	1.07	1.18
&组氨酸 His	1.18	1.28
&精氨酸 Arg	1.18	1.30
必需氨基酸 Essential amino acids (EAA)	7.52	8.29
非必需氨基酸 Nonessential amino acids (NEAA)	7.95	8.84
半必需氨基酸 Semi-essential amino acids (SEAA)	2.36	2.58
鲜味氨基酸 Delicious amino acids (DAA)	5.75	6.41
总氨基酸 Total amino acids (TAA)	17.83	19.71
W_{EAA}/W_{TAA}	42.20	42.10
W_{EAA}/W_{NEAA}	94.60	93.80
W_{DAA}/W_{TAA}	32.20	32.50

*为必需氨基酸, &为半必需氨基酸, #为鲜味氨基酸

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

表3 黄条鲮肌肉中必需氨基酸含量与评价

Tab.3 Evaluation of the content of the essential amino acids in the muscle of farmed and wild *S. aureovittata* (mg/g N)

必需氨基酸 Essential Amino Acids	黄条鲮 <i>S. aureovittata</i>		FAO/WHO 标准 FAO/WHO standard	鸡蛋蛋白标准 Egg protein standard	AAS		CS	
	养殖 Farmed	野生 Wild			养殖 Farmed	野生 Wild	养殖 Farmed	野生 Wild
苏氨酸 Thr	243	248	250	292	0.97	0.99	0.83	0.85
缬氨酸 Val	300	305	310	441	0.96	0.99	0.68	0.69
蛋氨酸 Met	187	188	220	386	0.85	0.86	0.49	0.49
异亮氨酸 Ile	281	280	250	331	1.12	1.12	0.85	0.84
亮氨酸 Leu	515	519	440	534	1.17	1.18	0.96	0.97
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	456	465	380	565	1.19	1.22	0.81	0.82
赖氨酸 Lys	559	559	340	441	1.64	1.65	1.27	1.27
合计 Total	2540	2566	2250	3089				

氨酸为蛋氨酸, 第二限制氨基酸为缬氨酸。

2.3 脂肪酸含量分析

养殖黄条鲷和野生黄条鲷肌肉分别检测出 15 种和 16 种脂肪酸, 其中包括 5 种饱和脂肪酸、4 种单不饱和脂肪酸、6 种多不饱和脂肪酸; 而野生黄条鲷肌肉中较养殖黄条鲷多检出 1 种多不饱和脂肪酸。比较得知, 养殖黄条鲷肌肉饱和脂肪酸含量(30.8%)和单不饱和脂肪酸含量(32.71%)均低于野生黄条

鲷(32.77%、34.33%), 但其多不饱和脂肪酸含量相似。鲜样中, 养殖与野生黄条鲷肌肉 EPA 与 DHA 含量之和相近, 分别为 20.23%与 20.77%, 其中, 养殖鱼肌肉 EPA 含量略高于野生鱼(6.60%、4.10%), 而 DHA 含量略低于野生鱼(13.63%、16.67%)(表 4)。

2.4 矿物质含量分析

本研究发现, 养殖黄条鲷和野生黄条鲷肌肉均含有丰富的矿物质(表 5)。其中, 常量元素中 K 的含量

表 4 养殖和野生黄条鲷肌肉脂肪酸组成比较(% , 湿重)

Tab.4 Comparison of the fatty acid composition in the muscle of farmed and wild *S. aureovittata* (% , wet weight)

脂肪酸 Fatty acids	养殖黄条鲷 Farmed <i>S. aureovittata</i>	野生黄条鲷 Wild <i>S. aureovittata</i>
*C14:0	2.88	2.51
*C15:0	0.42	0.50
*C16:0	22.25	21.23
*C17:0	0.43	0.84
*C18:0	4.82	7.69
&C16:1	6.58	5.52
&C17:1	0.34	0.53
&C18:1	22.15	27.82
&C22:1n9	3.64	0.46
#C18:2n6	1.61	0.84
#C18:3n3	1.00	0.48
#C18:4n3	2.21	0.54
#C20:4n6	—	1.32
#C22:5n3	1.09	2.10
#EPA	6.60	4.10
#DHA	13.63	16.67
饱和脂肪酸 Saturated fatty acid (SFA)	30.80	32.77
单不饱和脂肪酸 Monounsaturated fatty acid (MUFA)	32.71	34.33
多不饱和脂肪酸 Polyunsaturated fatty acid (PUFA)	26.14	26.05
UFA/SFA	1.91	1.84

*为饱和脂肪酸; &为单不饱和脂肪酸; #为多不饱和脂肪酸; —表示低于检出限

*. Saturated fatty acid (SFA); &. Monounsaturated fatty acid (MUFA); #. Polyunsaturated fatty acid (PUFA); —. Undetectable

表 5 养殖和野生黄条鲷肌肉矿物质含量的比较(mg/kg, 湿重)

Tab.5 Comparison of the contents of minerals in the muscle of farmed and wild *S. aureovittata* (mg/kg, wet weight)

矿物元素 Mineral elements (mg/kg)	养殖黄条鲷 Farmed <i>S. aureovittata</i>	野生黄条鲷 Wild <i>S. aureovittata</i>
钾 K	1810.00	1950.00
钠 Na	241.00	534.00
钙 Ca	96.00	125.00
镁 Mg	268.00	307.00
磷 P	918.00	1010.00
铜 Cu	< 0.50	< 0.50
锌 Zn	< 0.50	< 0.50
铁 Fe	5.19	4.50
锰 Mn	< 0.10	< 0.10
铬 Cr	< 0.50	< 0.50

最高,其次为 P、Mg、Na、Ca,野生黄条鲮肌肉中常量元素含量均稍高于养殖个体。微量元素中,肌肉中 Fe 含量最高,养殖黄条鲮(5.19 mg/kg)高于野生黄条鲮(4.50 mg/kg)。其他微量元素 Cu、Zn、Mn、Cr 含量相对较低(表 5)。

3 讨论

本研究采用国家标准方法分析了养殖及野生黄条鲮肌肉中的水分、蛋白质、粗脂肪、灰分、氨基酸、脂肪酸、矿物质等营养成分,研究结果为评价黄条鲮的营养品质、养殖开发利用潜力提供了科学依据。

3.1 肌肉基本营养组分评价

在营养学上,食品中的干物质含量越高,其总营养成分含量就越高。鱼肉中蛋白质和脂肪含量的多少是评价其营养价值的一项重要指标。养殖和野生黄条鲮肌肉中的粗蛋白含量分别为 20.30%和 21.90%,蛋白质含量均高于三文鱼(邓林等, 2012)、珍珠龙胆石斑鱼(♀ *Epinephelus fuscoguttatus* × ♂ *Epinephelus lanceolatus*)(王际英等, 2015)、鞍带石斑鱼(*Epinephelus lanceolatus*)(黎祖福等, 2008)、棕点石斑鱼(*Epinephelus fuscoguttatus*)(郭永军等, 2009)、七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)(程波等, 2009)等其他经济鱼类。另外,还发现,无论是养殖还是野生黄条鲮,其肌肉中的粗脂肪含量较高(21.40%和 8.80%),明显高于石斑鱼、三文鱼(7.38%)(孙中武等, 2004)、金枪鱼(0.98%)(王际英等, 2015; 杨金生等, 2013)等其他海水经济鱼类,而与秋刀鱼(*Cololabis saira*)肌肉脂肪含量(21.04%)相似(叶彬清等, 2014)。鱼类肌肉脂肪含量达到 3.5%—4.5%时,鱼肉才有较好的适口性(叶彬清等, 2014; 刘世禄等, 2002),黄条鲮肌肉脂肪含量高于三文鱼、金枪鱼等的肌肉脂肪含量,因此,在肉质的口感方面具有优势。另外,本研究发现,养殖黄条鲮肌肉脂肪含量远高于野生黄条鲮,可能是因为野生鱼类食性范围广,活动空间广阔,而本研究养殖的黄条鲮投喂富含脂质物质的鲜杂鱼饵料,而其人工养殖条件下活动空间相对小和能量消耗少,脂肪快速大量积累,导致肌肉脂肪含量高,这与其他鱼类的研究结果类似(Johnston *et al.*, 2006)。鱼类肌肉比能值的大小主要取决于肌肉脂类含量的高低,黄条鲮肌肉脂肪含量较高,其比能值高于其他海水鱼类。综上所述,黄条鲮是一种蛋白质和脂肪含量十分丰富的海水经济鱼类。

3.2 氨基酸组成评价

蛋白质营养评价对于优质蛋白质资源开发和居

民膳食指导具有重要的意义,体现在蛋白质满足机体氮源和氨基酸需求等方面,其评价方法多侧重于其含量和其中氨基酸的含量与比例。本研究中,养殖和野生黄条鲮肌肉中含量最高的必需氨基酸均为赖氨酸,其次为亮氨酸。赖氨酸是一种碱性必需氨基酸,它最重要的生理功能是可以参与体蛋白的合成,被称为“生长性氨基酸”。亮氨酸是一种支链氨基酸,哺乳动物自身不能合成,必须由日粮提供,亮氨酸可以起到氧化供能、促进蛋白质合成和提高免疫功能的作用(王彬等, 2012)。可见,黄条鲮肌肉富含赖氨酸和亮氨酸等必需氨基酸,是优质的人体氨基酸补充源。

动物肉质的鲜美程度取决于其蛋白质中鲜味氨基酸的组成与含量,鲜味氨基酸占氨基酸总量的比例越大,味道也就越鲜美(胡园等, 2015)。其中,谷氨酸和天门冬氨酸为呈鲜味的特征性氨基酸,而丙氨酸和甘氨酸为呈甘味的特征性氨基酸(武彦文等, 2001)。养殖和野生黄条鲮肌肉中的鲜味氨基酸占氨基酸总量的 32.2%和 32.5%,说明养殖与野生黄条鲮肌肉口感品质没有显著差异。已有研究表明,三文鱼和蓝鳍金枪鱼肌肉中的鲜味氨基酸占总氨基酸含量的比例分别为 35.60%和 35.3%(邓林等, 2012; 杨金生等, 2013),与黄条鲮肌肉中鲜味氨基酸含量占总氨基酸含量比相近,因此,这 3 种鱼类肉质的口感鲜美度相似。众所周知,胶原蛋白具有美白养颜、减少皱纹的美容功效,而脯氨酸主要存在于胶原蛋白中,其与羟脯氨酸是胶原蛋白合成的必要氨基酸种类(蒋挺大, 2006)。本研究表明,黄条鲮肌肉中含有丰富的脯氨酸,与三文鱼、蓝鳍金枪鱼、石斑鱼等相似(邓林等, 2012; 张金生等, 2013; 尤宏争等, 2014),因此,经常食用黄条鲮,可以增强人体胶原蛋白合成的能力,起到美容养颜的功效。

根据 FAO/WHO 推荐的理想蛋白质模式,质量较好的蛋白质中必需氨基酸占总氨基酸的比值(W_{EAA}/W_{TAA})在 40%左右,必需氨基酸与非必需氨基酸的比值(W_{EAA}/W_{NEAA})在 60%以上(曹静等, 2015)。本研究发现,养殖和野生黄条鲮肌肉中必需氨基酸均占总氨基酸的 42%以上,而必需氨基酸与非必需氨基酸比值高达 93%以上,同时,养殖和野生黄条鲮必需氨基酸总量分别达到 2315 mg/g N 和 2366 mg/g N,高于 FAO/WHO 标准的 2250 mg/g N,符合人类理想的优质蛋白质标准。综上所述,黄条鲮是一种味道鲜美、蛋白质质量较高的优质海水鱼类。

3.3 脂肪酸组成评价

脂肪酸是细胞的重要组成成分之一,为人体提供

必不可少的营养支撑。单不饱和脂肪酸具有降血糖、血脂, 调节胆固醇的功能(王伟等, 2005), 多不饱和脂肪酸除能调节人体脂质代谢和血液粘稠度外, 还能调节心脏功能、增强人体防御系统的功能等(王萍等, 2008)。本研究发现, 养殖和野生黄条鲷肌肉中单不饱和脂肪酸的含量分别为 32.71%和 34.33%, 高于珍珠龙胆石斑鱼(王际英等, 2015)、棕点石斑鱼(郭永军等, 2009)等, 而多不饱和脂肪酸含量(养殖 26.14%和野生 26.05%)稍低于珍珠龙胆石斑鱼(30.95%)(王际英等, 2015)、七带石斑鱼(32.45%)(程波等, 2009)、棕点石斑鱼(36.19%)(郭永军等, 2009)。黄条鲷肌肉中脂肪酸含量为单不饱和脂肪酸>饱和脂肪酸>多不饱和脂肪酸, 这与日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)肌肉中脂肪酸组成序列是一致的(胡园等, 2015)。鱼类脂肪的质量主要取决于脂肪酸的不饱和度, 黄条鲷肌肉中不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸比值分别为 1.91 和 1.84, 高于裸盖鱼(*Anoplopoma fimbria*)(刘长琳等, 2015)、石斑鱼(王远红等, 2006)等鱼类, 表明其脂肪质量较高。

必需脂肪酸是指机体的正常机能所需要的, 然而自身不能合成而只能从食物中获得以满足其正常生长、发育以及维持细胞组织功能所必需的高不饱和脂肪酸(胡园等, 2015)。亚油酸(C18:2n6)和亚麻酸(C18:3n3)是人体必需脂肪酸, 它们的含量和比例也是评价脂肪酸营养价值的重要指标。亚油酸是一种功能性多不饱和脂肪酸, 它能够降低血清胆固醇水平、抑制动脉血栓形成、参与脂肪分解与新陈代谢以及促进骨组织的代谢等作用(张春娥等, 2010)。 α -亚麻酸在人体内可生成 DHA 和 EPA, 具有调节血脂、预防心脑血管疾病、增强免疫力、保护视力、提高记忆力、抗氧化和延缓衰老等生理功能(杨静等, 2011)。养殖黄条鲷肌肉亚油酸和亚麻酸含量约为野生黄条鲷的 2 倍, 可能与人工养殖过程中长期强化投喂富含亚油酸和亚麻酸的鲜杂鱼饲料有关。EPA 和 DHA 是人体生长发育必需的多不饱和脂肪酸, 尤其是促进婴儿脑细胞生长和发育方面具有重要作用(Rapoport *et al.*, 2007)。黄条鲷 EPA 与 DHA 含量高于三文鱼(江建军等, 2011), 而与七带石斑鱼等(程波等, 2009)含量相近, 属于 EPA 和 DHA 含量较为丰富的鱼类。

3.4 矿物质成分评价

矿物质元素(包括常量元素和微量元素)与人体健康密切相关, 参与人体新陈代谢、各种生物和化学反应等, 维持机体渗透压、酸碱平衡。黄条鲷肌肉中含有丰富的常量元素(K、Na、Ca、Mg、P)以及微量元素(Fe)。对人体而言, 较高的 K、Na 和 P 等矿物质

含量有利于提高机体活力, 维持机体的电解质平衡, 提升新陈代谢水平。Fe 是人体必需的微量元素, 不仅参与体内氧的转运、交换和组织呼吸过程, 维持机体正常造血功能, 还直接参与人体能量代谢(徐素萍, 2007)。本研究发现, 黄条鲷肌肉中含有较高的矿物质成分, 经常摄食黄条鲷可促进机体对矿物质的吸收, 有利于提升人体新陈代谢水平和造血功能。

4 结论

本研究表明, 黄条鲷肌肉中蛋白质含量较高, 氨基酸种类齐全, 必需氨基酸和鲜味氨基酸含量丰富, 是一种高质量的蛋白来源。根据 AAS 和 CS 分值, 黄条鲷肌肉的第一和第二限制氨基酸分别为蛋氨酸和缬氨酸。另外, 黄条鲷肌肉脂肪含量高, 含有丰富的不饱和脂肪酸, 不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸比值较高, 特别是 EPA+DHA 含量高, 口感鲜度和营养价值俱佳, 是一种味道鲜美和具有高营养价值的海产鱼类。养殖与野生黄条鲷肌肉比能值分别为 13.44 kJ/g 和 8.68 kJ/g, 其他营养成分无显著差异, 表明肌肉营养价值相似。针对目前黄条鲷自然资源衰减, 国内外市场需求强烈的现状, 今后应加快开展黄条鲷人工繁育和增养殖技术研发, 推动养殖产业发展, 为大众提供优质美味的大洋性鱼类产品。

参 考 文 献

- Cao J, Zhang FP, Song J, *et al.* Comparative analysis of nutrient composition of muscles of farmed and wild *Leiocassis longirostris*. *Food Sciences*, 2015, 36(2): 126–131 [曹静, 张凤桦, 宋军, 等. 养殖和野生长吻鮠肌肉营养成分比较分析. *食品科学*, 2015, 36(2): 126–131]
- Chen BN, Qin JG, Kumar MS, *et al.* Ontogenetic development of the digestive system in yellowtail kingfish *Seriola lalandi* larvae. *Aquaculture*, 2006, 256(1–4): 489–501
- Cheng B, Chen C, Wang YG, *et al.* Nutritional components analysis and nutritive value evaluation in *Epinephelus septemfasciatus* muscles. *Progress in Fisheries Science*, 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]
- Deng L, Li H, Jiang JJ. Nutrition evaluation of Norway salmon. *Science and Technology of Food Industry*, 2012, 33(8): 377–379 [邓林, 李华, 江建军. 挪威三文鱼的营养评价. *食品工业科技*, 2012, 33(8): 377–379]
- 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]
- Hu Y, Zhou CS, Hu LH, *et al.* Comparative analysis of the nutritional composition in the muscles and skins of *Anguilla japonica* cultured in the seawater and freshwater. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2015, 39(4): 730–739 [胡园, 周朝生, 胡利华, 等. 海淡水养殖日本鳗鲡肌肉和鱼皮营养成分比较. 水生生物学报, 2015, 39(4): 730–739]
- Jiang JJ, Deng L, Li H. Nutrition evaluation of artificial breeding salmon. *Food and Machinery*, 2011, 27(6): 40–46 [江建军, 邓林, 李华. 人工养殖三文鱼营养成分的分析. 食品与机械, 2011, 27(6): 40–46]
- Jiang TD. Collagen and collagen protein. Beijing: Chemical Industry Press, 2006 [蒋挺大. 胶原与胶原蛋白. 北京: 化学工业出版社, 2006]
- Johnston IA, Li X, Vieira VL, *et al.* Muscle and flesh quality traits in wild and farmed Atlantic salmon. *Aquaculture*, 2006, 256(1–4): 323–336
- 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, 张以顺. 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]
- Liu CL, Chen SQ, Wang YT, *et al.* The analysis and evaluation of the nutritive composition of the muscles of Sablefish (*Anoplopoma fimbria*). *Progress in Fishery Sciences*, 2015, 36(2): 133–139 [刘长琳, 陈四清, 王有廷, 等. 裸盖鱼肌肉的营养成分分析与评价. 渔业科学进展, 2015, 36(2): 133–139]
- Liu J, Chen YX, Ma L. Fishes of the Bohai Sea and Yellow Sea. Beijing: Science Press, 2015, 172 [刘静, 陈咏霞, 马琳. 黄渤海鱼类图志. 北京: 科学出版社, 2015, 172]
- Liu SL, Wang B, Zhang XL, *et al.* Analysis and evaluation of nutrition composition of red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Marine Fisheries Research*, 2002, 23(2): 26–39 [刘世禄, 王波, 张锡烈, 等. 美国红鱼的营养成分分析与评价. 海洋水产研究, 2002, 23(2): 26–39]
- Moran D, Smith CK, Gara B, *et al.* Reproductive behaviour and early development in yellowtail kingfish (*Seriola lalandi* Valenciennes 1833). *Aquaculture*, 2007, 262(1): 95–104
- Moran D, Smith CK, Lee PS, *et al.* Mortality structures population size characteristics of juvenile yellowtail kingfish *Seriola lalandi* reared at different densities. *Aquatic Biology*, 2011, 11(3): 229–238
- Rapoport SI, Rao JS, Igarashi M. Brain metabolism of nutritionally essential polyunsaturated fatty acids depends on both the diet and the liver. *Prostaglandins Leukotrienes & Essential Fatty Acids*, 2007, 77(5–6): 251–261
- Shiraishi T, Ohshimo S, Yukami R. Age, growth and reproductive characteristics of gold striped amberjack *Seriola lalandi* in the waters off western Kyushu, Japan. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 2010, 44(2): 117–127
- Sun ZW, Yin HB. Analysis of the nutritional composition of six kinds of cold-water fishes. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2004, 26(5): 386–389 [孙中武, 尹洪滨. 六种冷水鱼肌肉营养组成分析与评价. 营养学报, 2004, 26(5): 386–389]
- Wang B, Li Q. Progress on metabolic and nutritional physiological function of leucine. *Feed Research*, 2012(1): 14–16 [王彬, 李奇. 亮氨酸的代谢及营养生理作用研究进展. 饲料研究, 2012(1): 14–16]
- 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]
- Wang P, Zhang YB, Jiang ML. Research advance in polyunsaturated fatty acid. *China Oils and Fats*, 2008, 33(12): 42–46 [王萍, 张银波, 江木兰. 多不饱和脂肪酸的研究进展. 中国油脂, 2008, 33(12): 42–46]
- Wang W, Zhang WM. Function and characterization of MUFA. *Food and Nutrition in China*, 2005(4): 44–46 [王炜, 张伟敏. 单不饱和脂肪酸的功能特性. 中国食物与营养, 2005(4): 44–46]
- Wang YH, Chen SQ, Lü ZH, *et al.* Analysis of the nutritional components of *Verasper variegates* T. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2006, 28(3): 271–272 [王远红, 陈四清, 吕志华, 等. 圆斑星鲷鱼的营养成分分析. 营养学报, 2006, 28(3): 271–272]
- Wu YW, Ouyang J. The delicious function of amino acids and peptides in food. *Chinese Condiment*, 2001(1): 21–24 [武彦文, 欧阳杰. 氨基酸和肽在食品中的呈味作用. 中国调味品, 2001(1): 21–24]
- Xu SP. The relationship between iron and human health. *Food and Nutrition in China*, 2007(12): 51–54 [徐素萍. 微量元素铁与人体健康的关系. 中国食物与营养, 2007(12): 51–54]
- Yang JS, Huo JC, Xia SY. The analysis of nutrients of different tuna. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2013, 32(5): 393–398 [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. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2013, 32(5): 393–398]
- Yang J, Chang R. Progress on α -Linolenic Acid. *Agricultural Engineering*, 2011, 72–76 [杨静, 常蕊. α -亚麻酸的研究进展. 农业工程, 2011, 72–76]
- Ye BQ, Tao NP, Wang XC. Analysis and evaluation of nutritional composition of *Cololabis saira* muscle. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2014, 36(4): 406–408 [叶彬清, 陶宁萍, 王锡昌. 秋刀鱼肌肉营养成分分析及评价. 营养学报, 2014, 36(4): 406–408]
- You HZ, Sun ZJ, Zhang Q, *et al.* Nutritional components analysis and nutritive value evaluation in *Plectropomus leopardus* muscle. *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]
- Zhang CE, Zhang H, Liu CY, *et al.* Progress in linoleic acid research. *Cereals and Oils Processing*, 2010(5): 18–21 [张春娥, 张惠, 刘楚怡, 等. 亚油酸的研究进展. 粮油加工, 2010(5), 18–21]
- Zhang SL, Sun XJ, Zhang X, *et al.* The dressing rate and nutrient components in muscle of *Leiocassis longirostris*. *Journal of Dalian Ocean University*, 2013, 28(1): 83–88 [张升利, 孙向军, 张欣, 等. 长吻鲈含肉率及肌肉营养成分分析. 大连海洋大学学报, 2013, 28(1): 83–88]

(编辑 冯小花)

Analysis and Evaluation of Nutritional Composition of the Muscle of Yellowtail Kingfish (*Seriola aureovittata*)

LIU Xuezhou^{1,2①}, XU Yongjiang^{1,2}, LI Rong³, LÜ Yongjun³, SHI Bao^{1,2}, NING Jinsong^{1,2}, WANG Bin^{1,2}

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 2. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071; 3. Dalian Fugu Fishery Co., Ltd., Dalian 116400)

Abstract *Seriola aureovittata*, yellowtail kingfish, is a globally-distributed marine pelagic fish species. This fish has high market value because of its excellent taste and nutrition. Many countries including China have launched artificial culture programs of *S. aureovittata*. In order to better evaluate its nutritional value and edibility, we analyzed and compared the nutritional composition of the muscles of farmed and wild fish using national standard methods. It showed that *S. aureovittata* had high levels of crude protein, essential amino acids, and delicious amino acids in the muscle, which well complied with the ideal protein standard suggested by Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization (FAO/WHO). This demonstrated that *S. aureovittata* was a good protein source for human. According to the amino acid score (AAS) and chemical score (CS) values, the first and second restriction amino acids of the fish were Met and Val respectively. We also found the crude fat content in the muscle of *S. aureovittata* was higher than that of other fish species such as salmon, tuna, and groupers. Moreover, the contents of unsaturated fatty acid, especially the DHA-EPA combination in the muscle were high, which guaranteed good tasty and high nutritional value. Furthermore, the high level of minerals in the muscle was greatly beneficial for human metabolism and health. It was also shown that there was no significant difference in nutritional composition between farmed and wild *S. aureovittata*, although the former had moderately higher crude fat content and lower water content. The EP values for farmed and wild *S. aureovittata* were 13.44 kJ/g and 8.68 kJ/g respectively. In conclusion, *S. aureovittata* is enriched in proteins and high quality fat, therefore should be a promising candidate fish species for large-scale aquaculture in the near future.

Key words *Seriola aureovittata*; Muscle; Nutritional composition; Nutrition evaluation

① Corresponding author: LIU Xuezhou, E-mail: liuxz@ysfri.ac.cn