

• 研究简报 •

黄带拟鲈肌肉营养成分分析

姜 燕, 柳学周, 崔爱君, 王开杰, 王 滨, 徐永江

(中国水产科学研究院黄海水产研究所/青岛海洋科学与技术试点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 266071)

摘要: 黄带拟鲈 (*Pseudocaranx dentex*) 肌肉鲜嫩味美, 是刺身、寿司等上等食材的来源。为全面认识黄带拟鲈的营养价值, 该研究采用生化法对其肌肉营养成分进行检测, 并评价其营养品质。结果显示, 黄带拟鲈肌肉粗蛋白含量较高。在氨基酸水平, 必需氨基酸占总氨基酸的 40.67%, 鲜味氨基酸占总氨基酸的 35.37%, 符合 FAO/WHO 推荐的理想蛋白质标准; 依据必需氨基酸的氨基酸评分 (AAS) 和化学评分 (CS), 蛋氨酸、缬氨酸分别是黄带拟鲈的第一、第二限制性氨基酸。黄带拟鲈肌肉中不饱和脂肪酸含量高达 73.73%, 其中, 二十碳五烯酸 (EPA)+二十二碳六烯酸 (DHA) 含量为 21.20%, n-3 系列多不饱和脂肪酸 (PUFA) 含量是 n-6 系列 PUFA 的 1.95 倍, 说明黄带拟鲈可为人类提供优质的不饱和脂肪酸。黄带拟鲈肌肉中还含有人体组织结构和正常生理活动所必需的多种矿物质元素, 是一种具有广阔开发前景的经济鱼类。

关键词: 黄带拟鲈; 肌肉; 营养成分; 营养评价

中图分类号: S 917.4

文献标志码: A

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



Analysis of muscle components of striped jack (*Pseudocaranx dentex*)

JIANG Yan, LIU Xuezhou, CUI Aijun, WANG Kaijie, WANG Bin, XU Yongjiang

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences/Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Process, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266071, China)

Abstract: Striped jack (*Pseudocaranx dentex*) is the source of superior ingredients such as sashimi and sushi because of its fresh and delicious taste. To evaluate its muscle nutrition value, we analyzed its nutritional components by biochemical technology. The results show that the muscle had higher crude protein content. At amino acid level, the essential amino acids accounted for 40.67% of the total amino acids, and the delicious amino acids accounted for 35.37% of the total amino acids, which meets the ideal protein standard recommended by Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization (FAO/WHO). According to the amino acid score (AAS) and chemical score (CS) values of essential amino acids, methionine was the first limiting amino acid for striped jack, followed by valine. Moreover, the content of unsaturated fatty acids in the muscle of striped jack was as high as 73.73%, the content of EPA+DHA was 21.20%, and the content of n-3 PUFA was 1.95 times that of n-6 PUFA, implying that striped jack can supply excellent unsaturated fatty acids for people. Furthermore, the muscle of striped jack contained a variety of mineral elements which are necessary for human body tissues and normal physiological activities. Therefore, striped jack is an eco-

收稿日期: 2021-03-26; 修回日期: 2021-05-11

资助项目: 山东省支持青岛海洋科学与技术试点国家实验室重大科技专项 (2018SDKJ0303-1); 中国水产科学研究院级基本科研业务费 (TD47); 中国水产科学研究院黄海水产研究所基本科研业务费 (20603022021011, 20603022020005); 财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系资助 (CARS-47)

作者简介: 姜 燕 (1985—), 女, 博士, 助理研究员, 从事海水鱼类肠道健康研究。E-mail: jiangyan@ysfri.ac.cn

通信作者: 徐永江 (1981—), 男, 博士, 研究员, 从事鱼类繁育理论与增殖技术研究。E-mail: xuyj@ysfri.ac.cn

nomie fish with great development potential for its higher protein content and excellent taste.

Key words: *Pseudocaranx dentex*; Muscle; Nutritional component; Nutritional evaluation

黄带拟鲈 (*Pseudocaranx dentex*) 也称大竹筴鱼, 俗称长缟鲈、岛鲈, 隶属于鲈形目、鲈科、拟鲈属^[1], 是一种暖水性大洋洄游性鱼类, 广泛分布于印度-太平洋及大西洋的温暖水域, 在中国南海和东海及日本、印度尼西亚、澳大利亚、新西兰、南非等国海域均有分布。据统计, 目前全球拟鲈属共包含黄带拟鲈、*P. chilensis*、*P. dinjerra* 和 *P. wright* 4 个种^[1-2]。

黄带拟鲈具有体型大、生长快等优点, 是适宜深水抗风浪网箱和陆基工厂化养殖的优良大洋性经济鱼类, 也是我国发展陆基工厂化循环水养殖、深远海大型设施养殖等新型养殖生产方式的优良品种。其肉质鲜嫩味美、营养丰富, 是刺身、寿司制作的上等原料, 也可通过煎、烤等多种方式进行烹饪, 市场需求旺盛, 开发前景广阔。日本自 20 世纪 70 年代就开始了黄带拟鲈的繁殖与养殖技术研究^[3]。目前日本、澳大利亚、葡萄牙、美国等陆续开展了黄带拟鲈繁育和养殖技术开发^[4-6]。近年来, 我国相关单位开展了黄带拟鲈的人工养殖实验, 采用“陆基工厂化循环水+深水网箱”陆海接力养殖模式, 取得了较好的养殖效果。为研发黄带拟鲈人工繁育技术, 推动养殖产业发展, 有必要研究其在人工养殖条件下肌肉的营养品质及营养价值。目前, 尚未见关于黄带拟鲈肌肉营养成分的研究报道。本研究开展了人工养殖黄带拟鲈肌肉营养成分分析与评价, 探讨了其肉质口感鲜美的原因, 旨在为评价该鱼的营养品质和开发人工配合饲料提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验鱼

人工养殖黄带拟鲈取自大连富谷食品有限公司陆基工厂化养殖车间, 随机采集 3 尾体表无任何病症的健康鱼, 体长 35.5~38.0 cm, 体质量 1.09~1.25 kg。

1.2 样品采集与营养成分检测

黄带拟鲈经 MS-222 充分麻醉后解剖, 将每尾鱼不同部位肌肉组织去皮后切成大小均匀的小块, 充分混合后每尾称取 300 g 肌肉组织块分装, 送至国家水产品质量检验检测中心 (山东青岛) 进行营养成分检测, 每个样品检测 2 次。

常规营养成分检测: 水分采用烘箱并按照 GB 5009.3—2016 的方法测定; 粗蛋白通过全自动凯氏定氮仪并按照 GB 5009.5—2016 的方法测定; 粗脂肪采用全自动脂肪测定仪并按照 GB 5009.6—2016 的方法测定; 灰分使用高温炉

并按照 GB 5009.4—2016 的方法测定。

氨基酸采用氨基酸自动分析仪并按照 GB 5009.124—2016 的方法测定。脂肪酸采用气相色谱仪并按照 GB 5009.168—2016 的方法测定。矿物质采用全谱直读等离子体发射光谱仪和等离子体质谱仪按照 GB 5009.268—2016 的方法测定。

1.3 肌肉营养品质评价

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, 计算黄带拟鲈的氨基酸评分 (AAS)、化学评分 (CS)、必需氨基酸指数 (EAAI) 和 *F* 值^[7-10]。计算公式为:

$$AAS = \frac{\text{待测蛋白质中某种必需氨基酸含量 (mg} \cdot \text{g}^{-1})}{\text{FAO 评分模式某种必需氨基酸含量 (mg} \cdot \text{g}^{-1})} \quad (1)$$

$$CS = \frac{\text{待测蛋白质中某种必需氨基酸含量 (mg} \cdot \text{g}^{-1})}{\text{鸡蛋蛋白质中某种必需氨基酸含量 (mg} \cdot \text{g}^{-1})} \quad (2)$$

$$EAAI = \sqrt[3]{100CS_1 \times 100CS_2 \times \cdots \times 100CS_n} \quad (3)$$

$$F = \frac{\text{缬氨酸} + \text{亮氨酸} + \text{异亮氨酸}}{\text{苯丙氨酸} + \text{酪氨酸}} \quad (4)$$

1.4 数据处理

本实验中各营养成分数据为混合肌肉样品 2 次检测的平均值, 通过 Excel 2016 软件对实验数据进行处理与分析。

2 结果

2.1 肌肉常规营养成分分析

黄带拟鲈肌肉常规营养成分分析见表 1。肌肉鲜样的粗蛋白占比为 22.10%, 粗脂肪占比为 6.40%; 以水分质量分数为参考, 计算出干样中粗蛋白质量分数为 77.27%, 粗脂肪质量分数为 22.38%。

表1 黄带拟鲈肌肉常规营养成分分析

Table 1 Analysis of normal nutritional components in muscle of striped jack

营养成分 Nutritional component	鲜样 Wet matter	干样 Dry matter
水分 Moisture	71.40	—
粗蛋白 Crude protein	22.10	77.27
粗脂肪 Crude fat	6.40	22.38
灰分 Ash	1.20	4.20

注: —. 未检出。

Note: —. Undetectable.

2.2 氨基酸组成分析与评价

黄带拟鲮肌肉中共检测出 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 (表 2)。必需氨基酸总量在总氨基酸中占比 40.67%, 其中含量最高的为赖氨酸, 在鲜样和干样中占比分别为 1.96% 和 6.85%; 其次为亮氨酸 (1.75% 和 6.12%)。必需氨基酸与非必需氨基

表2 养殖黄带拟鲮肌肉氨基酸组成及比例

Table 2 Composition and content of amino acids in muscle of striped jack

氨基酸 Amino acids	鲜样 Wet matter	干样 Dry matter
苏氨酸 [*] Thr	1.01	3.53
缬氨酸 ^{*Δ} Val	1.14	3.99
蛋氨酸 [*] Met	0.66	2.31
异亮氨酸 ^{*Δ} Ile	1.00	3.50
亮氨酸 ^{*Δ} Leu	1.75	6.12
苯丙氨酸 ^{*☆} Phe	0.92	3.22
赖氨酸 [*] Lys	1.96	6.85
天门冬氨酸 [#] Asp	2.12	7.41
谷氨酸 [#] Glu	3.00	10.49
甘氨酸 [#] Gly	1.00	3.50
丙氨酸 [#] Ala	1.22	4.27
酪氨酸 [☆] Tyr	0.76	2.66
脯氨酸 Pro	0.73	2.55
丝氨酸 Ser	0.82	2.87
组氨酸 ^{&} His	1.40	4.90
精氨酸 ^{&} Arg	1.26	4.41
必需氨基酸 EAA	8.44	29.51
非必需氨基酸 NEAA	9.65	33.74
半必需氨基酸 SEAA	2.66	9.30
鲜味氨基酸 DAA	7.34	25.66
总氨基酸 TAA	20.75	72.55
支链氨基酸 BCAA	3.89	13.61
芳香族氨基酸 AAA	1.68	5.87
w_{EAA}/w_{TAA}	40.67	
w_{EAA}/w_{NEAA}	87.46	
w_{DAA}/w_{TAA}	35.37	
BCAA/AAA (F)	2.32	

注: *. 必需氨基酸; &. 半必需氨基酸; #. 鲜味氨基酸; Δ. 支链氨基酸; ☆. 芳香族氨基酸。

Note: *. Essential amino acid (EAA); &. Semi-essential amino acid (SEAA); #. Delicious amino acid (DAA); Δ. Branched-chain amino acid (BCAA); ☆. Aromatic amino acid (AAA).

酸比为 87.46%, 非必需氨基酸中含量最高的为谷氨酸, 在鲜样和干样中的含量分别为 3.00% 和 10.49%, 其次为天门冬氨酸 (2.12% 和 7.41%)。天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸和丙氨酸是黄带拟鲮肌肉中的 4 种鲜味氨基酸, 在肌肉鲜样和干样中的总含量分别为 7.34% 和 25.66%, 鲜味氨基酸在总氨基酸中占比 35.37%。

依据蛋白质评价标准, 将黄带拟鲮肌肉中的必需氨基酸含量转换为每克氮中所含氨基酸的毫克数, 计算各必需氨基酸的 AAS 和 CS (表 3)。其中蛋氨酸的 AAS 最低 (0.85), 缬氨酸次之 (1.04); 蛋氨酸的 CS 也最低 (0.48), 缬氨酸次之 (0.78)。因此, 黄带拟鲮肌肉的第一限制性氨基酸为蛋氨酸, 第二限制性氨基酸为缬氨酸。除蛋氨酸外, 肌肉中必需氨基酸的 AAS 均大于 1.00, CS 均大于 0.60, 说明黄带拟鲮肌肉中必需氨基酸含量丰富、比例均衡。

2.3 脂肪酸组成分析与评价

黄带拟鲮肌肉中共检测出 18 种脂肪酸, 其中油酸 (C18:1n9) 含量最高 (26.10%, 表 4)。饱和脂肪酸 3 种, 总含量为 24.49%; 单不饱和脂肪酸 5 种, 总含量为 34.94%; 多不饱和脂肪酸 10 种, 总含量为 38.83%。n-3 多不饱和脂肪酸 (PUFA) 的含量为 25.41%, 二十碳五烯酸 (EPA) 和二十二碳六烯酸 (DHA) 的贡献最大, 两者含量高达 21.20%。

2.4 矿物元素组成与评价

检测了黄带拟鲮肌肉中 10 种矿物元素的含量, 常量元素中钾 (K) 的质量分数最高 ($4.15 \times 10^3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 其次为磷 (P)、钠 (Na)、镁 (Mg)、钙 (Ca) (表 5)。在微量元素中, 铁 (Fe) 的质量分数为 $6.35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 锌 (Zn) 的质量分数 ($4.79 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 次之, 其余均低于 $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

3 讨论

3.1 肌肉常规营养成分与营养品质

海洋是保障人们生活水平高质量发展的蓝色粮仓, 能够为人类提供优质的动物蛋白源。本研究表明, 黄带拟鲮是典型的高蛋白大洋性经济鱼类, 其蛋白含量高达 22.10%, 明显高于同属鲈形目的海鲈 (20.30%)^[11]、珍珠龙胆石斑鱼 (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀×*E. lanceolatus* ♂)^[12]、鞍带石斑鱼 (*E. lanceol*)^[13]、棕点石斑鱼 (*E. fuscoguttatus*)^[14] 和七带石斑鱼 (*E. septemfasciatus*)^[15], 也明显高于同属鲷科的大型经济鱼类黄条鲷 (*Seriola aureovittata*) 的粗蛋白含量 (20.30%)^[9]; 与淡水大型鱼类斑点叉尾鲷 (*Ictalurus punctatus*)^[16] 相比, 黄带拟鲮依然具有优势。研究发现, 鱼类肌肉脂肪质量分数达到 3.50%~4.50% 时才具有较好的适口性^[17-18]。黄带拟鲮肌肉的粗脂肪质量分数为 6.40%, 略高于卵形鲳鲹 (*Trachinotus ovatus*)^[19]、鲳^[20], 在日本料理界

表3 黄带拟鲈肌肉中必需氨基酸组成评价
Table 3 Evaluation of composition of essential amino acids in muscle of striped jack

必需氨基酸 Essential amino acids	黄带拟鲈 <i>P. dentex</i> / (mg·g ⁻¹)	FAO/WHO标准 FAO/WHO standard/ (mg·g ⁻¹)	鸡蛋蛋白标准 Egg protein standard/ (mg·g ⁻¹)	氨基酸评分 AAS	化学评分 CS
苏氨酸 Thr	285.63	250	292	1.14	0.98
缬氨酸 Val	322.40	310	411	1.04 ^{&}	0.78 ^{&}
蛋氨酸 Met	186.65	220	386	0.85 [*]	0.48 [*]
异亮氨酸 Ile	282.81	250	331	1.13	0.85
亮氨酸 Leu	494.91	440	534	1.12	0.93
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	475.11	380	565	1.25	0.84
赖氨酸 Lys	554.30	340	441	1.63	1.26
合计 Total	2 601.81	2 190	2 960		
必需氨基酸指数 EAAI				84.61	

注：*. 第一限制性氨基酸；&. 第二限制性氨基酸。
Note: *. The first limiting amino acid; &. The second limiting amino acid.

表4 黄带拟鲈肌肉脂肪酸组成及比例 (鲜样)
Table 4 Composition and content of fatty acids in muscle of striped jack (wet matter) %

脂肪酸 Fatty acids	含量 Concent	脂肪酸 Fatty acids	含量 Concent
肉豆蔻酸 [*] C14:0	2.54	二十二碳二烯酸 [#] C22:2	0.42
棕榈酸 [*] C16:0	17.70	二十碳五烯酸 [#] C20:5 n-3 (EPA)	8.90
棕榈油酸 ^{&} C16:1	5.02	二十四碳烯酸 [#] C24:1	0.49
硬脂酸 [*] C18:0	4.25	4,7,10,13,16-二十二碳五烯酸 [#] C22:5 n-6	0.43
油酸 ^{&} C18:1 n-9	26.10	7,10,13,16,19-二十二碳五烯酸 [#] C22:5 n-3	2.68
亚油酸 [#] C18:2 n-6	11.40	二十二碳六烯酸 [#] C22:6 n-3 (DHA)	12.30
γ-亚麻酸 [#] C18:3 n-6	0.47	总不饱和脂肪酸 ΣSFA	24.49
α-亚麻酸 [#] C18:3 n-3	1.10	单不饱和脂肪酸 ΣMUFA	34.94
二十碳烯酸 ^{&} C20:1	1.38	多不饱和脂肪酸 ΣPUFA	38.83
二十二碳烯酸 ^{&} C22:1 n-9	1.95	二十二碳六烯酸+二十碳五烯酸 DHA+EPA	21.20
二十碳三烯酸 [#] C20:3 n-3	0.43	n-3系列多不饱和脂肪酸 n-3 ΣPUFA	25.41
花生四烯酸 [#] C20:4 n-6 (ARA)	0.70	n-6系列多不饱和脂肪酸 n-6 ΣPUFA	13.00

注：*. 饱和脂肪酸 (SFA)；&. 单不饱和脂肪酸 (MUFA)；#. 多不饱和脂肪酸 (PUFA)。
Note: *. Saturated fatty acids (SFA); &. Monounsaturated fatty acids (MUFA); #. Polyunsaturated fatty acids (PUFA).

堪称刺身的上等食材。与同样是刺身上等食材来源的三文鱼^[21-22]相比，黄带拟鲈的粗蛋白、粗脂肪含量均占据优势

表5 黄带拟鲈肌肉矿物元素组成及比例 (鲜样)

Table 5 Composition and content of minerals in muscle of striped jack (wet matter) mg·kg⁻¹

矿物元素 Mineral	质量分数 Mass fraction	矿物元素 Mineral	质量分数 Mass fraction
钾 K	4.15×10 ³	铜 Cu	0.532
钠 Na	3.61×10 ²	锌 Zn	4.79
钙 Ca	2.42×10 ²	铁 Fe	6.35
镁 Mg	2.72×10 ²	锰 Mn	<0.10
磷 P	2.15×10 ³	铬 Cr	<0.10

地位，是肥而不腻的典型代表。鱼类肌肉中粗蛋白、粗脂肪含量是评价其营养价值的重要指标^[9-10]。可见，黄带拟鲈属于高蛋白且适口性较好的优质蛋白源。

3.2 氨基酸组成与营养品质

氨基酸是构成蛋白质的基本单位，氨基酸的种类和含量对鱼类肌肉营养价值和鲜味具有决定性意义。本研究中，在养殖黄带拟鲈肌肉中检测出的 16 种氨基酸中谷氨酸含量最高，天门冬氨酸次之。谷氨酸和天门冬氨酸是呈鲜味的特征性氨基酸，甘氨酸和丙氨酸则为呈甘味的特征性氨基酸^[23]。肌肉的鲜美程度主要取决于鲜味氨基酸的组成与含量^[24]。黄带拟鲈肌肉中鲜味氨基酸在总氨基酸中的占比高达 35.37%，与黄条鲮 (32.20%)^[19]、三文鱼

(35.44%)^[22]和蓝鳍金枪鱼(*Thunnus thynnus*, 35.35%)^[25]相近,这可能是黄带拟鲮肌肉口感品质较好的原因之一。另外,谷氨酸是脑中各种生物化学反应和多种生理活动必不可少的关键性氨基酸^[26];甘氨酸为神经递质的一种,对大脑神经活动具有刺激和抑制作用,还可刺激胰高血糖素的分泌^[27]。因此,经常食用黄带拟鲮,对人体血糖调节和大脑发育具有促进作用。

黄带拟鲮肌肉必需氨基酸中赖氨酸含量最高,在鲜肌肉中占比1.96%。赖氨酸是碱性氨基酸的一种,能够促进钙的吸收,也是一般谷类和人乳蛋白质的第一限制性氨基酸^[28],而黄带拟鲮可弥补以谷物为主食引起的赖氨酸摄入不足的问题。

FAO/WHO提出的理想蛋白质模式为:蛋白质中必需氨基酸与总氨基酸的比值在40%左右,必需氨基酸与非必需氨基酸的比值高于60%^[29]。本研究中,黄带拟鲮肌肉中必需氨基酸在总氨基酸中占比40.67%,必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为87.46%,符合理想蛋白质模式。在对黄带拟鲮肌肉中必需氨基酸进行评价时发现,无论是以AAS为标准还是以CS为标准,黄带拟鲮肌肉的第一、第二限制性氨基酸均为蛋氨酸和缬氨酸。因此,在黄带拟鲮的养殖过程中,可通过营养饲料的配置进行一定的调控。而EAAI是以CS为参评标准,其数值大小反映了营养价值的高低,本研究中黄带拟鲮的EAAI与条纹锯鲈(*Centropomus striata*)^[10]的相近,也属于营养价值较高的可食用鱼类。

支链氨基酸具有保肝降胆固醇的功效,*F*又称为支芳值,一般正常情况下哺乳类动物的*F*为3.0~3.5,当肝脏受到损伤时则变为1.0~1.5^[10]。本研究中,黄带拟鲮肌肉的*F*为2.32,可为人体补充一定量的支链氨基酸,经常食用具有营养保健的功效。

3.3 脂肪酸组成与营养品质

脂肪酸是机体细胞的重要营养成分之一,主要包括饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸。黄带拟鲮肌肉中饱和脂肪酸主要为C14、C16和C18系列,C16:0的含量最高,这也符合其在淡水鱼和海水鱼中含量均相对较高的现象^[30]。

不饱和脂肪酸能够调节脂质代谢、血液黏稠度,并且对心脏、机体免疫力等具有一定的调节作用^[31-33]。本研究中,黄带拟鲮肌肉单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸的含量分别为34.94%和38.83%,均高于同为鲈形目的黄条鲮^[9]、条纹锯鲈^[10]、罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)^[34]。黄带拟鲮不饱和脂肪酸总含量高达73.77%,除了高于上述几种鱼外,还远高于大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*, 58.10%)、真鲷(*Pagrosomus major*, 58.90%)、高体鲷(*Seriola dumerili*, 60.90%)^[30]、大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)^[34]和鳊(*Sini-*

perca chuatsi)^[35]。油酸具有降低血液中胆固醇和低密度脂蛋白水平的作用,在一定程度上有利于降低冠状心脏病的发生率^[28],而黄带拟鲮肌肉中油酸含量较高,经常食用对人体具有较好的保健作用。

EPA和DHA是机体重要的必需多不饱和脂肪酸,在鱼类低温条件下保持膜的流动性和渗透性过程中发挥重要作用,也是人体生长发育所必需的多不饱和脂肪酸,在促进婴幼儿脑细胞发育和成长^[8,36]方面尤其重要。本研究中,黄带拟鲮肌肉中EPA和DHA的总含量略高于三文鱼^[22]、黄条鲮^[9]、条纹锯鲈^[10]、罗非鱼^[34]等,可为人们的膳食提供丰富的EPA和DHA。EPA和DHA,尤其是DHA不作为鱼体饥饿条件下的供能营养成分,因此,经过一定的饥饿处理可一定程度提高其含量^[37]。n-3和n-6系列是多不饱和脂肪酸中的重要组成部分,必须从膳食中摄取,其含量被认为是健康膳食的一个重要营养指标。但是,高含量的n-6系列多不饱和脂肪酸会引发癌症、炎症等多种疾病,而高含量的n-3系列多不饱和脂肪酸对这些疾病有一定的抑制作用^[38]。本研究中黄带拟鲮肌肉中的n-3系列多不饱和脂肪酸含量是n-6系列的1.95倍,能够弥补人体日常饮食中n-3系列摄入不足的问题,有效降低n-6系列多不饱和脂肪酸含量过高造成的代谢压力,进一步说明经常食用黄带拟鲮具有保健功效。

3.4 矿物元素组成分析

矿物质元素包括常量元素和微量元素,对于机体的新陈代谢、渗透压平衡状态的维持等生理活动至关重要。Na和K是维持神经、细胞膜通透性及细胞正常生理功能的重要元素,人体内K可通过离子交换促进Na的排出,使血管扩张并降低血管阻力,从而降低血压;P是人体组织结构的重要成分,对维持体液渗透压、酸碱平衡同样具有重要作用^[10,25]。黄带拟鲮肌肉中常量元素K的含量最高,其次是P,可见经常食用黄带拟鲮有利于人体血压、渗透压等的调节。有研究指出,Ca/P关系到Ca的吸收问题,食品中Ca/P超过1:3时为高磷膳食,会明显降低肠对Ca的吸收^[22]。黄带拟鲮肌肉中Ca/P为1.13:1,一定程度上有利于Ca的吸收。Mg参与机体多种生理活动,是细胞新陈代谢中多种酶系统的重要活化剂。黄带拟鲮肌肉中还含有丰富的Mg、Fe和Zn,能够促进机体的健康生长。铬(Cr)在自然界中通常以三价和六价的形态存在,三价Cr是机体所必需的微量元素,作为葡萄糖耐受因子的活性成分与胰岛素发挥协同功能,参与蛋白质、脂类、核酸等的代谢,一些保健产品和配方奶粉中添加一定量的Cr以辅助调节机体的生理功能^[39-40]。黄带拟鲮中含有少量的Cr,可在一定范围内为人体补充Cr元素。

本研究表明,黄带拟鲮是一种高蛋白且氨基酸、脂肪

酸和矿物元素含量丰富、比例均衡的优质海水经济鱼类, 食用价值高。

参考文献:

- [1] BEARHAM D, ROBERT M, CHAPLIN J A, et al. Molecular evidence of three species in the *Pseudocaranx dentex* complex (Carangidae) in Australian waters[J]. Mar Freshw Res, 2020, 71(4): 518-531.
- [2] SMITH-VANIZ W F, JELKS H L. Australian trevallies of the genus *Pseudocaranx* (Teleostei: Carangidae), with description of a new species from western Australia[J]. Memoirs Museum Victoria, 2006, 63(1): 97-106.
- [3] KUWADA H, MASUDA R, KOBAYASHI T, et al. Releasing technique in striped jack marine ranching: pre-release acclimation and presence of decoys to improve recapture rates[M]//LEBER K M, KITADA S, BLANKENSHIP H L, et al. Stock enhancement and sea ranching: developments, pitfalls and opportunities. 2nd ed. New York: Wiley Blackwell, 2004: 106-116.
- [4] VASSALLO-AGIUS R, WATANABE T, IMAIZUMI H, et al. Effects of dry pellets containing astaxanthin and squid meal on the spawning performance of striped jack *Pseudocaranx dentex* [J]. Fish Sci, 2001, 67(4): 667-674.
- [5] AFONSO P, FONTES J, MORATO T, et al. Reproduction and spawning habitat of white trevally, *Pseudocaranx dentex*, in the azores, central north Atlantic[J]. Sci Mar, 2008, 72(2): 373-381.
- [6] AFONSO P, FONTES J, HOLLAND K N, et al. Multi-scale patterns of habitat use in a highly mobile reef fish, the white trevally *Pseudocaranx dentex*, and their implications for marine reserve design[J]. Mar Ecol Prog Ser, 2009, 381: 273-286.
- [7] 张升利, 孙向军, 张欣, 等. 长吻鲈含肉率及肌肉营养成分分析[J]. 大连海洋大学学报, 2013, 28(1): 83-88.
- [8] 尤宏争, 孙志景, 张勤, 等. 豹纹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.
- [9] 柳学周, 徐永江, 李荣, 等. 黄条鲈 (*Seriola aureovittata*) 肌肉营养成分分析与评价[J]. 渔业科学进展, 2017, 38(1): 128-135.
- [10] 赵亭亭, 陈超, 邵彦翔. 雌雄条纹锯鲈肌肉营养成分的比较与评价[J]. 渔业科学进展, 2019, 40(3): 151-159.
- [11] 吴燕燕, 李冰, 朱小静, 等. 养殖海水和淡水鲈鱼的营养组成比较分析[J]. 食品工业科技, 2016, 37(20): 348-359.
- [12] 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.
- [13] 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[J]. 南方水产, 2008, 4(5): 61-64.
- [14] 郭永军, 邢克智, 徐大为, 等. 棕点石斑鱼的肌肉营养成分分析[J]. 水产科学, 2009, 28(11): 635-638.
- [15] 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.
- [16] 钟金香, 李俊伟, 颜晓勇, 等. 短期饥饿对斑点叉尾鲷形态、肌肉品质构成及营养组成的影响[J]. 南方水产科学, 2018, 14(2): 90-95.
- [17] 刘世禄, 王波, 张锡烈, 等. 美国红鱼的营养成分分析与评价[J]. 海洋水产研究, 2002, 23(2): 26-39.
- [18] 叶彬清, 陶宁萍, 王锡昌. 秋刀鱼肌肉营养成分分析及评价[J]. 营养学报, 2014, 36(4): 406-408.
- [19] 黄倩倩, 林黑着, 周传朋, 等. 卵形鲳鲹幼鱼对维生素 B₂ 的需要量[J]. 南方水产科学, 2019, 15(1): 69-76.
- [20] 童玲, 金毅, 徐坤华, 等. 3 种鲹鱼背部肌肉的营养成分分析及评价[J]. 南方水产科学, 2014, 10(5): 51-59.
- [21] 孙中武, 尹洪滨. 六种冷水鱼肌肉营养组成分析与评价[J]. 营养学报, 2004, 26(5): 386-389.
- [22] 江建军, 邓林, 李华. 人工养殖三文鱼营养成分的分析[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 40-46.
- [23] 武彦文, 欧阳杰. 氨基酸和肽在食品中的呈味作用[J]. 中国调味品, 2001(1): 21-24.
- [24] 胡园, 周朝生, 胡利华, 等. 海水淡水养殖日本鳗鲡肌肉和鱼皮营养分析比较[J]. 水生生物学报, 2015, 39(4): 730-739.
- [25] 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): 393-398.
- [26] DANBOLT N C. Glutamate uptake[J]. Prog Neurobiol, 2001, 65(1): 105.
- [27] 韩英, 李洪卿, 薛淑群, 等. 黑龙江水系 6 个地理群体银鲫染色体倍性和肌肉营养分析[J]. 东北农业大学学报, 2020, 51(7): 69-76.
- [28] 徐善良, 王丹丽, 徐继林, 等. 东海银鲈 (*Pampus argenteus*)、灰鲈 (*P. cinereus*) 和中国鲈 (*P. sinensis*) 肌肉主要营养成分分析与评价[J]. 海洋与湖沼, 2012, 43(4): 775-782.
- [29] 曹静, 张凤桦, 宋军, 等. 养殖和野生长吻鲈肌肉营养成分比较分析[J]. 食品科学, 2015, 36(2): 126-131.
- [30] 林利民, 陈武. 5 种海水养殖鱼类肌肉脂肪酸组成分析及营养评价[J]. 福建农业学报, 2005, 20(增刊): 67-69.
- [31] 王伟, 张伟敏. 单不饱和脂肪酸的功能特性[J]. 中国食物与营养, 2005(4): 44-46.
- [32] 王萍, 张银波, 江木兰. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. 中国油脂, 2008, 33(12): 42-46.
- [33] 周礼敬, 沈东霞, 詹会祥. 鱼类肌肉营养成分与人体健康研究[J]. 畜牧与饲料科学, 2013, 34(5): 69-71.
- [34] 韩迎雪, 林婉玲, 杨少玲, 等. 5 种鲈形目淡水鱼肌肉脂肪酸及磷脂组成的研究[J]. 南方水产科学, 2019, 15(1): 85-92.
- [35] 沈颖莹, 吴燕燕, 李来好, 等. 发酵鳊鱼营养成分和安全性评价[J]. 南方水产科学, 2020, 16(3): 103-112.
- [36] RAPOPORT S I, RAO J S, IGARASHI M. Brain metabolism of nutritionally essential polyunsaturated fatty acids depends on both the diet and the liver[J]. Prostag Leukotr Ess, 2007, 77(5): 251-261.
- [37] 刘阳阳, 刘峰, 楼宝, 等. 饥饿对不同性别大黄鱼肌肉营养成分的营养研究[J]. 浙江海洋大学学报(自然科学版), 2017, 36(6): 265-275.
- [38] 黄攀, 王文秋, 宫臣, 等. 大型鲟鱼不同部位肌肉的营养成分分析[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(18): 162-168.
- [39] 樊祥, 程甲, 张润何, 等. 高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱法测定食品中的六价铬含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(21): 5704-5708.
- [40] 于家丰, 张天姝, 郭丽丽, 等. 饲料中铬检测方法的改进研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(3): 705-709.