

舟山小黄鱼的营养成分测定与分析

朱羽庄^{1,2,3}, 梅光明^{2,3*}, 严忠雍^{2,3}, 方 益^{2,3}, 黄丽英^{2,3}, 陈 瑜^{2,3}, 何鹏飞^{2,3}

(1. 浙江海洋大学食品与医药学院, 舟山 316021; 2. 浙江省海洋水产研究所水产品加工与质量安全研究室, 舟山 316021; 3. 浙江省海水增殖重点实验室, 舟山 316021)

摘 要: **目的** 评价舟山小黄鱼的营养价值, 为舟山小黄鱼产业的市场开发提供营养数据支持。**方法** 分别采用直接干燥法、灰化法、凯氏定氮法、索氏抽提法、氨基酸自动分析仪和滴定法、气相色谱法、高效液相色谱法、电感耦合等离子体质谱仪测定舟山小黄鱼肌肉中的水分、灰分、粗蛋白、粗脂肪、氨基酸、脂肪酸、核苷酸、矿物质含量。**结果** 水分、灰分、脂肪、粗蛋白、胆固醇含量分别为 75.3 g/100 g、1.78 g/100 g、3.90 g/100 g、18.3 g/100 g、41.7 mg/100 g; 18 种氨基酸总量为 15.71 g/100 g (鲜重), 必需氨基酸总量与氨基酸总量比值和必需氨基酸与非必需氨基酸的比值分别为 43.10%和 75.90%。舟山小黄鱼肌肉中的第一限制性氨基酸是半胱氨酸+甲硫氨酸, 第二限制性氨基酸是异亮氨酸, 缬氨酸、酪氨酸+苯丙氨酸的 AAS 评分接近于 1, 其余必需氨基酸的 AAS 均大于 1; 15 种不饱和脂肪酸含量占总脂肪酸的 41.13%, 其中 8 种多不饱和脂肪酸占 22.83%, 二十碳五烯酸、二十二碳六烯酸分别占总脂肪酸量的 4.93%和 8.38%, 由脂肪酸组成计算出的动脉粥样硬化指数和血栓形成指数分别为 0.75 和 0.46; 核苷酸中含量最丰富的肌苷酸含量达 1975 mg/kg, 对舟山小黄鱼鲜美滋味的贡献最大。富含的 K、Mg、Ca、Zn、Fe、Cu 和 Se 等矿物元素含量分别为 3330、256.5、76.9、6.25、3.03、2.11 和 0.86 mg/kg。**结论** 舟山小黄鱼是一种高营养价值海水鱼类, 具有广泛的市场开发潜力。**关键词:** 舟山小黄鱼; 营养成分; 氨基酸; 脂肪酸

Determination and analysis of the nutritional components of Zhoushan *Larimichthys polyactis*

ZHU Yu-Zhuang^{1,2,3}, MEI Guang-Ming^{2,3*}, YAN Zhong-Yong^{2,3}, FANG Yi^{2,3},
HUANG Li-Ying^{2,3}, CHEN Yu^{2,3}, HE Peng-Fei^{2,3}

(1. School of Food and Medical of Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316021, China; 2. Laboratory of Aquatic Product Processing and Quality Safety, Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316021, China; 3. Key Laboratory of Mariculture and Enhancement of Zhejiang Province, Zhoushan 316021, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the nutritional value of Zhoushan *Larimichthys polyactis*, in order to provide nutritional data support for the market development of Zhoushan *Larimichthys polyactis* industry. **Methods** The content of moisture, ash, crude protein, crude fat, amino acid, fatty acid, nucleotide, mineral was determined by direct drying method, ashing method, kjeldahl method, soxhlet extraction, amino acid automatic analyzer and titration method, gas chromatography, high performance liquid chromatography and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), respectively. **Results** The content of moisture, ash, fat, crude protein and cholesterol was

基金项目: 浙江省科技厅 2019 年院所专项支撑项目

Fund: Supported by Project of the Institute of Science and Technology of Zhejiang Province in 2019

*通讯作者: 梅光明, 高级工程师, 主要研究方向为水产品加工与质量安全。E-mail: meigm123@163.com

*Corresponding author: MEI Guang-Ming, Senior Engineer, Laboratory of Aquatic Product Processing and Quality Safety of Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316100, China. E-mail: meigm123@163.com

75.3 g/100 g, 1.78 g/100 g, 3.90 g/100 g, 18.3 g/100 g and 41.7 mg/100 g, respectively. The total content of 18 kinds of amino acids was 15.71 g/100 g (fresh weight), and the ratio of essential amino acid/total amino acid (EAA/TAA) and essential amino acid/non-essential amino acid (EAA/NEAA) was 43.10% and 75.90%, respectively. The first limiting amino acid in muscle of Zhoushan *Larimichthys polyactis* was cysteine+methionine, and the second limiting amino acid was isoleucine. The amino acid score (AAS) scores of valine and tyrosine+phenylalanine were close to 1, and AAS of the remaining essential amino acids were all greater than 1. The content of 15 kinds of unsaturated fatty acids accounted for 41.13% of total fatty acids, of which 8 kinds of polyunsaturated fatty acid (PUFA) accounted for 22.83%, eicosapentamethic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) accounted for 4.93% and 8.38% of total fatty acids, respectively, and the atherogenic index (AI) and thrombogenic index (TI) calculated from the composition of fatty acids was 0.75 and 0.46, respectively. The most abundant inosine monophosphate (IMP) content amounted to 1975 mg/kg, which contributed the most to the delicious taste of Zhoushan *Larimichthys polyactis*. The content of rich mineral elements such as K, Mg, Ca, Zn, Fe, Cu and Se were 3330, 256.5, 76.9, 6.25, 3.03, 2.11 and 0.86 mg/kg, respectively. **Conclusion** Zhoushan *Larimichthys polyactis* is a kind of seawater fish with high nutritional value, which has a wide potential development for market.

KEY WORDS: Zhoushan *Larimichthys polyactis*; nutrients; amino acids; fatty acids

1 引言

小黄鱼(*Larimichthys polyactis*), 又名小黄花鱼, 属硬骨鱼纲、鲈形目、石首鱼科、黄鱼属, 其为暖温性近底层鱼类, 在我国黄海、东海北部以及朝鲜半岛西岸海域均有分布, 是重要的海捕经济鱼类。因含有丰富的蛋白质、矿物质等营养物质且味道鲜美, 颇受消费者喜爱。目前关于小黄鱼营养成分分析的文献^[1,2]存在两方面的问题, 一方面测定营养指标不全、数据不充分, 另一方面受生长海域环境不同的影响, 营养成分上有差别。世界“四大渔场”之一的舟山渔场因独特的地理位置、水文条件和海流岛屿环境, 造就了舟山海鲜独特的品质特征。本研究全面测定了舟山小黄鱼肌肉中的脂肪酸、氨基酸、核苷酸等营养成分并从营养学角度进行了分析评价, 以期对舟山小黄鱼资源合理开发与利用提供可靠的基础资料和科学依据。

2 材料与方法

2.1 材料

小黄鱼购于舟山国际水产城码头渔船(作业海域为舟山渔场, 29°30′~31°00′ N, 125°00′~128°00′ E, 捕捞时间为2018年10月11~15日), 共20条, 规格约70 g/条。取背部和侧面肌肉样品400 g, 均质混匀后于-20℃冰箱中保存备用。

2.2 实验方法

2.2.1 常规营养成分测定

水分含量采用GB 5009.3-2016^[3]直接干燥法测定; 灰分含量采用GB 5009.4-2016^[4]食品中总灰分的测定; 粗蛋

白采用GB 5009.5-2016^[5]凯氏定氮法测定; 粗脂肪采用GB 5009.6-2016^[6]索氏抽提法测定。

2.2.2 氨基酸测定

按照GB 5009.124-2016^[7]方法采用氨基酸分析仪测定16种氨基酸含量, 采用分光光度法测定色氨酸含量^[8], 柱前衍生-液相色谱法测定半胱氨酸含量^[9]。

2.2.3 脂肪酸测定

按照GB 5009.168-2016^[10]方法采用气相色谱法测定37种脂肪酸含量。

2.2.4 核苷酸测定

按照GB 5413.40-2016^[11]和SC/T 3048-2014^[12]方法采用高效液相色谱法测定8种核苷酸含量。

2.2.5 胆固醇测定

按照GB 5009.128-2016^[13]方法采用高效液相色谱法测定。

2.2.6 矿物元素测定

按照GB 5009.268-2016^[14]方法采用电感耦合等离子体质谱仪测定钾、钠、钙、锌、铜、硒和铁7种矿物元素。

2.2.7 氨基酸营养价值评价

采用国际通用的蛋白质氨基酸营养价值评价体系对小黄鱼肌肉蛋白质营养价值进行评价, 计算小黄鱼肌肉蛋白质中的氨基酸评分(amino acid score, AAS)和化学评分(chemistry score, CS)^[15], 计算公式如下:

$$AAS = \frac{\text{样品蛋白质中某种必需氨基酸含量}}{\text{FAO(Food and Agriculture Organization)模式中某种必需氨基酸含量}} \quad \text{式(1)}$$

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

2.2.8 脂肪酸营养价值评价

参照文献^[16,17]计算动脉粥样硬化指数(atherogenic index, AI)和血栓形成指数(thrombogenic index, TI), 以评估

小黄鱼肌肉中脂肪酸对人类心血管疾病发生的影响。计算公式如下:

$$AI = \frac{12:0 + 4 \times 14:0 + 16:0}{\left[\sum MUFA + \sum PUFA (n-6) + \sum PUFA (n-3) \right]}$$
式(3)

$$TI = \frac{14:0 + 16:0 + 18:0}{\left[\frac{0.5 \times \sum MUFA + (n-3) / (n-6) PUFA + 0.5}{\times \sum PUFA (n-6) + 3 \times \sum PUFA (n-3)} \right]}$$
式(4)

2.3 数据处理

实验结果均平行测定 3 次, 结果用 Excel 2007 和 SPSS 19.0 软件处理, 以平均值±标准偏差来表示。

3 结果与分析

3.1 常规营养成分分析

舟山小黄鱼肌肉的常规营养成分测定情况如表 1 所示。其中, 脂肪含量低于梅童鱼(6.34 g/100 g)^[18]和天然大黄鱼(4.12 g/100 g, 鲜重)^[19]; 粗蛋白含量略低于哈市仿对虾(18.91 g/100 g)^[20], 高于日本对虾(18.14 g/100 g)及中华管鞭虾(16.08 g/100 g)^[20]、天然大黄鱼(13.28 g/100 g, 鲜重)^[19]、三疣梭子蟹(17.25 g/100 g)^[21]和大眼金枪鱼(16.20 g/100 g)^[22]; 胆固醇含量低于虎斑乌贼、火枪鱿、日本枪鱿、阿根廷滑柔鱼和短蛸 5 种头足类(0.132~0.340 g/100 g)^[23]。说明小黄鱼是一种高蛋白、低脂肪的鱼类, 可以作为很好的蛋白质补充来源。

表 1 小黄鱼肌肉组织中常规营养成分含量的组成
Table 1 Comparison of general nutrients composition in muscle of *Larimichthys polyactis*

名称	含量/(g/100 g) (鲜重)
水分	75.3±0.300
灰分	1.78±0.0625
脂肪	3.90±0.275
粗蛋白	18.3±0.410
胆固醇	0.0417±0.00830

3.2 氨基酸组成分析

舟山小黄鱼肌肉组织中共检测到 18 种氨基酸(见表 2), 包括人体必需的 8 种氨基酸, 总量为 15.71 g/100 g(鲜样)。从氨基酸的组成来看, 谷氨酸的含量最高, 占 16.6%, 其次是亮氨酸(10.9%)、天冬氨酸(10.2%)和赖氨酸(9.33%), 含量最低的是半胱氨酸, 仅为 0.61%。必需氨基酸与总氨基酸的比值 (essential amino acid/total amino acid, EAA/TAA)为 43.10%, 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值 (essential amino acid/non-essential amino acid, EAA/NEAA)为 75.90%。根据 FAO/WHO(Food and Agriculture

Organization/World Health Organization)的理想模式, 氨基酸组成中 EAA/TAA 为 40%、EAA/NEAA 在 60%以上的属于优质蛋白^[2]。舟山小黄鱼氨基酸组成符合上述指标要求, 为优质蛋白。

对小黄鱼肌肉呈味起重要作用的天冬氨酸、谷氨酸、苯丙氨酸、丙氨酸、甘氨酸和酪氨酸等 6 种呈味氨基酸占总氨基酸含量的 44.2%, 其中呈甘味氨基酸的丙氨酸和甘氨酸的含量分别为 5.23%和 5.28%, 呈鲜味氨基酸的谷氨酸和天冬氨酸的含量分别为 16.6%和 10.2%, 尤其是谷氨酸的含量, 在海水鱼类中处于中上等水平, 高于三疣梭子蟹(14.7%)^[21]、东海小公鱼(16.1%)^[17]、褐鲳鲉(15.9%)^[24]、日本对虾(16.2%)和中华管鞭虾(15.9%)^[20]、梅童鱼(15.2%)^[18]、秘鲁鲉鱼(15.3%)^[25]和金鲷鱼(11.7%)^[26], 略低于哈氏仿对虾(16.7%)^[20]、野生大黄鱼(16.8%)^[19]和美国红鱼(19.7%)^[27]。可见小黄鱼是一种肉质较鲜美的海洋鱼类。

表 2 舟山小黄鱼肌肉组织中氨基酸含量的组成
Table 2 Comparison of amino acid composition in muscle of *Larimichthys polyactis*

氨基酸	含量/(g/100 g) (鲜重)	占总氨基酸的质量分数/%
色氨酸 Trp*	0.2275±0.0045	1.45
天冬氨酸 Asp**	1.606±0.0081	10.2
苏氨酸 Thr*	0.7722±0.0490	4.91
丝氨酸 Ser	0.7035±0.0085	4.48
谷氨酸 Glu**	2.613±0.0920	16.6
甘氨酸 Gly**	0.8295±0.0235	5.28
丙氨酸 Ala**	0.8223±0.0230	5.23
半胱氨酸 Cys	0.09551±0.0065	0.61
缬氨酸 Val*	0.8653±0.0070	5.51
甲硫氨酸 Met*	0.4745±0.0265	3.02
异亮氨酸 Ile*	0.6685±0.0415	4.26
亮氨酸 Leu*	1.707±0.0140	10.9
酪氨酸 Tyr**	0.4795±0.0015	3.05
苯丙氨酸 Phe**	0.5971±0.0012	3.80
赖氨酸 Lys*	1.466±0.0055	9.33
组氨酸 His	0.3355±0.01550	2.13
精氨酸 Arg	0.7350±0.0570	4.68
脯氨酸 Pro	0.7160±0.0360	4.56
必需氨基酸(EAA)	6.778±0.1522	43.1
非必需氨基酸(NEAA)	8.936±0.2640	56.9
氨基酸总量(TAA)	15.71±0.4516	100

注: *表示必需氨基酸; **表示呈味氨基酸

氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS)是营养学中对食物蛋白质进行营养评价的重要指标^[15]。根据表 3 中的 AAS 数据可得, 舟山小黄鱼的第一限制性氨基酸是半胱氨酸+甲硫氨酸, 第二限制性氨基酸是异亮氨酸, 缬氨酸、酪氨酸+苯丙氨酸的 AAS 评分接近于 1, 其余必需氨基酸的 AAS 均大于 1。由 CS 数值可知, 舟山小黄鱼肌肉中的苏氨酸 264 mg/gN 接近鸡蛋蛋白的 292 mg/gN, 赖氨酸和亮氨酸(501 mg/gN, 583 mg/gN)组成优于鸡蛋蛋白(441 mg/gN, 534 mg/gN), 其余几种氨基酸组成低于鸡蛋蛋白。同时以 AAS 和 CS 作为评价标准, 赖氨酸和亮氨酸均大于 1, 说明食用小黄鱼可以弥补以谷物为主食引起的赖氨酸、亮氨酸的不足^[28,29], 且蛋白组成较为优质。

3.3 脂肪酸组成分析

舟山小黄鱼肌肉脂肪酸种类丰富且含量较高, 共检测出 23 种脂肪酸(见表 4), 脂肪酸(fatty acids, FA)总含量为 4.06 g/100 g (鲜重), 其中饱和脂肪酸有 8 种, 不饱和脂肪酸 15 种。含量最高的脂肪酸分别为棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)、棕榈烯酸甲酯(C16:1)、油酸甲酯(C18:1n9c)、*r*-亚麻酸(C18:3n6)、二十二碳六烯酸(C22:6n3, DHA)和二十碳五烯酸(C20:5n3, EPA), 占总脂肪酸含量的 87.8%。饱和脂肪酸总量(saturated fatty acids, SFA)为 2.39 g/100 g (鲜重), 占总脂肪酸含量的 58.87%。不饱和脂肪酸总量占总脂肪酸含量的 41.13%, 其中 7 种单不饱和脂肪酸(mono-unsaturated fatty acids, MUFA)占总脂肪酸含量的 18.30%, 8 种多不饱和脂肪酸(poly-unsaturated fatty acids, PUFA)占总脂肪酸含量的 22.83%。EPA 和 DHA 是人体必需脂肪酸, 这两种多不饱和脂肪酸可以降低胆固醇和甘油三酯, 能有效预防老年痴呆及心血管疾病等^[16,30]。舟山小黄鱼 EPA、DHA 含量分别占总脂肪酸量的 4.93%和

8.38%(二者总量占比高达 13.31%), 高于养殖三文鱼^[31]、鲢鱼、竹荚鱼、沙钻鱼和鲈鱼^[32]。

采用 AI 和 TI 指数来评价舟山小黄鱼的脂肪酸组成可能产生的心脑血管疾病风险。AI、TI 值越大, 危险性越高。由舟山小黄鱼脂肪酸组成测定数据, 得出舟山小黄鱼 AI、TI 值分别为 0.75 和 0.46。羊肉 AI 为 1.0 左右, 牛肉 0.7 左右, 猪肉 0.6 左右; TI 羊肉 1.5 左右, 牛肉 1.0 左右, 猪肉 1.3 左右, 爱斯基摩人饮食 AI 为 0.39, TI 为 0.28^[17]。舟山小黄鱼 AI 值低于东海中华小公鱼(1.34±0.02)、TI 值与东海中华小公鱼(0.44±0.03)^[17]相当, 与野生舟山大黄鱼(AI 和 TI 值分别为 0.729、0.401)相似^[33]。故舟山小黄鱼的脂肪酸组成具有较强的保健作用。

3.4 核苷酸组成分析

核苷酸摄入在人体新陈代谢中发挥重要作用, 同时肌苷酸(inosinemonphosphate, IMP)、腺苷酸(adenosine monophosphate, AMP)和鸟苷酸(guanosine monophosphate, GMP)等核苷酸也对鱼肉的滋味具有重要贡献。IMP 是鲜味极强的风味增强剂, 与谷氨酸共存时有显著的风味协同作用; AMP 有抑制苦味的特性, 与 IMP 结合后能提高鲜味强度, 使食品产生理想的咸味与甜味^[34,35]。呈味物质对滋味的贡献取决于该物质在样品中的含量与其本身味道阈值的比值(taste activity value, TAV), 当 TAV>1 时, 认为该物质对样品的滋味有重要贡献, 而当 TAV<1 时, 认为该物质对样品滋味贡献不大^[36]。由表 5 可知, 舟山小黄鱼肌肉中肌苷酸、次黄嘌呤核苷和腺苷二磷酸含量最高, 三者总量(2623.5 mg/kg)占核苷酸总量(2755.9 mg/kg)的 95.2%, 其中 IMP 的含量高于虹鳟鱼^[37]。IMP、AMP 和 GMP 的味道阈值分别为 25、50 和 12.5 mg/100 g^[36], 3 种核苷酸中只有 IMP 的 TAV>1, 其对舟山小黄鱼的鲜美滋味的贡献最大。

表 3 舟山小黄鱼肌肉中必需氨基酸组成评价
Table 3 Evaluation on essential amino acids composition in muscle of *Larimichthys polyactis*

必需氨基酸	含量/(mg/g N)	FAO 模式 ^[13]	鸡蛋蛋白 ^[13]	AAS	CS
苏氨酸	264	250	292	1.06	0.90
色氨酸	78	60	106	1.30	0.74
赖氨酸	501	340	441	1.47	1.14
缬氨酸	295	310	411	0.95	0.72
异亮氨酸	228	250	331	0.91**	0.69**
亮氨酸	583	440	534	1.32	1.09
酪氨酸+苯丙氨酸	368	380	565	0.97	0.65
半胱氨酸+甲硫氨酸	195	220	386	0.89*	0.51*

注: *表示第一限制性氨基酸; **表示第二限制性氨基酸

表 4 舟山小黄鱼肌肉组织中脂肪酸含量的比较
Table 4 Comparison of fatty acid composition in muscle of *Larimichthys polyactis*

脂肪酸	含量/(g/100 g)(鲜重)	脂肪酸	含量/(g/100 g)(鲜重)
肉豆蔻酸 C14:0	0.0925±0.0045	二十二碳二烯酸甲酯 C22:2	0.0132±0.0021
十五碳酸 C15:0	0.0155±0.0005	a-亚麻酸 C18:3n3	0.00875±0.0004
棕榈酸 C16:0	0.880±0.0701	r-亚麻酸 C18:3n6	0.235±0.0250
十七碳酸 C17:0	0.0215±0.0005	二十碳三烯酸甲酯 C20:3n6	0.0195±0.0015
硬脂酸 C18:0	1.26±0.0450	二十碳三烯酸甲酯 C20:3n3	0.0493±0.0030
花生酸 C20:0	0.0362±0.0052	花生四烯酸 C20:4n6	0.0615±0.0055
二十一碳酸 C21:0	0.00681±0.0006	EPA C20:5n3	0.201±0.0125
二十三碳酸 C23:0	0.0720±0.0061	DHA C22:6n3	0.343±0.0178
十五碳烯酸甲酯 C15:1	0.0255±0.0035	ΣFA	4.06
棕榈烯酸甲酯 C16:1	0.275±0.0054	ΣSFA	2.39
银杏酸 C17:1	0.0175±0.0015	ΣMUFA	0.743
油酸甲酯 C18:1n9c	0.373±0.0312	ΣPUFA	0.927
二十碳烯酸甲酯 C20:1	0.0244±0.0061	动脉粥样硬化指数 AI	0.75
二十碳烯酸甲酯 C22:1n9	0.00755±0.0006	血栓形成指数 TI	0.46
神经酸甲酯 C24:1	0.0230±0.0010		

注: ΣFA: total fatty acids (FA), 脂肪酸总量; ΣSFA: total saturated fatty acids (SFA), 饱和脂肪酸总量; ΣMUFA: total mono-unsaturated fatty acids (MUFA), 单不饱和脂肪酸总量; ΣPUFA: total poly-unsaturated fatty acids (PUFA), 多不饱和脂肪酸总量。

表 5 小黄鱼肌肉组织中核苷酸含量的组成
Table 5 Comparison of nucleotide composition in muscle of *Larimichthys polyactis*

名称	含量/(mg/kg)(鲜重)
腺苷三磷酸 (adenosine triphosphate, ATP)	12.92±0.813
腺苷二磷酸 (adenosine diphosphate, ADP)	254.5±7.502
鸟苷酸(GMP)	35.55±1.450
肌苷酸(IMP)	1975±266.4
次黄嘌呤	76.17±4.128
腺苷酸(AMP)	7.765±0.185
次黄嘌呤核苷	394.3±16.25
胞嘧啶核苷酸	未检出

3.5 矿物元素分析

舟山小黄鱼的肌肉组织中富含 Mg、K、Ca、Fe、Zn、Cu 和 Se 等多种人体所需的矿物质元素(见表 6)。其中 K 的含量最高, K 元素可以维持人体细胞渗透压和体液平衡, 并且有助于预防中风, 维持心肌功能^[38]。Fe 含量高于江苏吕泗、浙江象山和福建宁德三个产地的小黄鱼(分别为 2.40、2.10 和 2.70 mg/kg), Cu 含量高于山东青岛、江苏吕

泗、浙江象山和福建宁德 4 个产地的小黄鱼(分别为 1.24、1.87、1.03 和 0.98 mg/kg), Se 的含量高于山东青岛和浙江象山(分别为 0.76 和 0.54 mg/kg), 略低于江苏吕泗和福建宁德(均为 0.92 mg/kg)^[2]。可见, 经常食用舟山小黄鱼有利于补充人体所需的 Fe、Cu 和 Se 等多种矿物质元素。

表 6 小黄鱼肌肉中矿物元素的组成
Table 6 Comparison of mineral contents in the muscles of *Larimichthys polyactis*

名称	含量/(mg/kg) (鲜重)
镁 Mg	256.5±10.53
钾 K	3330±180.73
钙 Ca	76.92±1.64
铁 Fe	3.035±0.25
铜 Cu	2.116±0.44
锌 Zn	6.250±0.82
硒 Se	0.8612±0.17

4 结 论

舟山小黄鱼肌肉组成中蛋白质、氨基酸含量丰富, 氨基酸组成和比例合理, 属于优质蛋白摄入来源; 含有丰富

的DHA和EPA等不饱和脂肪酸;IMP作为呈味核苷酸含量丰富,对小黄鱼的鲜美滋味贡献最大;同时富含了人体必需的Mg、K、Ca、Mn、Fe、Cu、Zn和Se等矿物质元素。舟山小黄鱼是一种营养价值颇高的海水鱼类,具有广泛的市场开发潜力。

参考文献

- [1] 刘慧慧,迟长风,李海峰. 舟山海域小黄鱼主要营养成分分析[J]. 营养学报, 2013, 35(6): 604–606.
- Liu HH, Chi CF, Li HF. Analysis of the nutritional composition of *pseudosciaena polyactis* in Zhousha [J]. J Nutr, 2013, 35(6): 604–606.
- [2] 王立改,楼宝,鲁琼,等. 四个地域小黄鱼肌肉营养成分分析与评价[J]. 营养学报, 2018, 40(2): 203–205.
- Wang LG, Lou B, Lu Q, et al. Nutritional analysis and evaluation of muscle in small yellow croaker *Larimichthys polyactis* from four different localities [J]. J Nutr, 2018, 40(2): 203–205.
- [3] GB 5009.4-2016 食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S].
- GB 5009.4-2016 National food safety standard-Determination of ash in food [S].
- [4] GB 5009.4-2016 食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S].
- GB 5009.4-2016 National food safety standard-Determination of ash in food [S].
- [5] GB 5009.5-2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].
- GB 5009.5-2016 National food safety standard-Determination of protein in foods [S].
- [6] GB 5009.6-2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].
- GB 5009.6-2016 National food safety standard-Determination of fat in food [S].
- [7] GB 5009.124-2016 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定[S].
- GB 5009.124-2016 National food safety standard-Determination of amino acids in foods [S].
- [8] 孙昕. 分光光度法测定豆类及其粗蛋白质中的色氨酸[J]. 生物学杂志, 2000, 17(5): 33–34.
- Sun X. The spectrophotometry method determination tryptophan [J]. J Biol, 2000, 17(5): 33–34.
- [9] 夏苏捷,邵泓,陈钢. 柱前衍生化 HPLC 法测定酱油中(半)胱氨酸的含量[J]. 中国食品卫生杂志, 2008, 20(4): 304–308.
- Xia SJ, Shao H, Chen G. Determination of cystine in soy sauce with pre-column derivation by high performance liquid chromatography [J]. Chin J Food Hyg, 2008, 20(4): 304–308.
- [10] GB 5009.168-2016 食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定[S].
- GB 5009.168-2016 National food safety standards-Determination of fatty acids in foods [S].
- [11] GB 5413.40-2016 食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中核苷酸的测定[S].
- GB 5413.40-2016 National food safety standards-Determination of nucleotides in infant foods and dairy products [S].
- [12] SC/T 3048-2014 鱼类鲜度指标 K 值的测定高效液相色谱法[S].
- SC/T 3048-2014 Determination of K value of fish freshness index high performance liquid chromatography [S].
- [13] GB 5009.128-2016 食品安全国家标准 食品中胆固醇的测定[S].
- GB 5009.128-2016 National food safety standard-Determination of cholesterol in foods [S].
- [14] GB 5009.268-2016 食品安全国家标准 食品中多元素的测定[S].
- GB 5009.268-2016 National food safety standards-Determination of multi-element in food [S].
- [15] 李树国,刘国忠,董玉春,等. 察尔森水库马口鱼营养成分分析及营养评价[J]. 营养学报, 2017, 39(2): 206–208.
- Li SG, Liu GZ, Dong YC, et al. Analysis and evaluation of nutritive composition in muscles of *opsariichthys bidens* [J]. J Nutr, 2017, 39(2): 206–208.
- [16] Ulbricht TL, Southgate DA. Coronary heart disease: Seven dietary factors [J]. Lancet, 1991, 338: 985–992.
- [17] 叶蕾,张文,阎洁,等. 东海中华小公鱼的营养成分分析及营养评价[J]. 营养学报, 2018, 40(5): 512–514.
- Ye L, Zhang W, Yan J, et al. Nutritional analysis and evaluation of *Stolephorus chinensis* in East sea of China [J]. J Nutr, 2018, 40(5): 512–514.
- [18] 陆琼烨,邓尚贵. 梅童鱼头营养成分的研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(6): 1800–1801.
- Lu QY, Deng SG. Analysis on nutrients of head of *Collichthys lucidus* [J]. Anhui Agric Sci, 2014, 42(6): 1800–1801.
- [19] 段青源,钟惠英,斯列钢. 网箱养殖大黄鱼与天然大黄鱼营养成分的比较分析[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2000, 19(2): 125–128.
- Duan QY, Zhong HY, Si LG. Comparative analysis of nutrient components between yellow croaker and natural *Pseudosciaena crocea* [J]. J Zhejiang Ocean Univ (Nat Sci Ed), 2000, 19(2): 125–128.
- [20] 王潇,张继光,徐坤华,等. 3 种海捕虾肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(8): 209–214.
- Wang X, Zhang JG, Xu KH, et al. Analysis and quality evaluation of nutrition in the muscle of three kinds of marine shrimps [J]. Food Ferment Ind, 2014, 40(8): 209–214.
- [21] 汪倩,吴旭干,楼宝,等. 三疣梭子蟹不同部位肌肉主要营养成分分析[J]. 营养学报, 2013, 35(3): 310–312.
- Wang Q, Wu XG, Lou B, et al. Comparison of nutritional composition of different muscle parts in *Portunus trituberculatus* [J]. J Nutr, 2013, 35(3): 310–312.
- [22] 邹盈,李彦坡,戴志远,等. 三种金枪鱼营养成分分析与评价[J]. 农产品加工, 2018, 10: 220–224.
- Zou Y, Li YP, Dai ZY, et al. Analysis and evaluation on nutritional components of three kinds of tuna [J]. Farm Products Process, 2018, 10: 220–224.
- [23] 邢德,郑小东,朱金玉,等. 5 种头足类不同组织胆固醇和牛磺酸含量的测定和分析[J]. 海洋湖沼通报, 2018, (2): 125–130.
- Xing D, Zheng XD, Zhu JY, et al. Determination and analysis of cholesterol and taurine in 4 kinds of different tissues of 5 cephalopods [J]. Ocean Lake Marsh Bull, 2018, (2): 125–130.
- [24] 朱爱意,谢佳彦,江丽华,等. 褐鳃触肌肉营养组成与评价[J]. 营养学报, 2011, 33(6): 621–623.
- Zhu AY, Xie JY, Jiang LH, et al. The nutritional composition and evaluation in muscle of *S. marmoratus* [J]. J Nutr, 2011, 33(6): 621–623.
- [25] 杨宪时,王丽丽,李学英,等. 秘鲁鱿鱼和日本海鱿鱼营养成分分析与评价[J]. 现代食品科技, 2013, 29(9): 2247–2251.
- Yang XS, Wang LL, Li XY, et al. Analysis and evaluation of nutritional compositions of *Dosidicus gigas* and *Onychoteuthis borealijapo* [J]. Mod

- Food Technol, 2013, 29(9): 2247–2251.
- [26] 戴梓茹, 钟秋平, 林美芳, 等. 金鲳鱼营养成分分析与评价[J]. 食品工业科技, 2013, 34(1): 347–350.
- Dai ZR, Zhong QP, Lin MF, *et al.* Nutritional component analysis and quality evaluation of golden pompano [J]. Food Ind Technol, 2013, 34(1): 347–350.
- [27] 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): 25–32.
- Liu SL, Wang B, Zhang XL, *et al.* Analysis and evaluation of nutrition composition of red drum [J]. Mar Fish Res, 2002, 23(2): 25–32.
- [28] 王兰, 冯晓梅, 吕晴, 等. 磷虾肌肉营养成分的分析和评价[J]. 中国海洋大学学报, 2013, 43(7): 51–55.
- Wang L, Feng XM, Lv Q, *et al.* Analysis and evaluation of muscle nutritional components in krill [J]. J Ocean Univ China, 2013, 43(7): 51–55.
- [29] Moren M, Suontama J, Hemre GI, *et al.* Element concentrations in meals from krill and amphipods, Possible alternative protein sources in complete diets for farmed fish [J]. Aquaculture, 2006, 261(1): 0–181.
- [30] Liu XZ, Xu YJ, Li R. Analysis and evaluation of nutritional composition of the muscle of Yellowtail Kingfish *Seriola aureovittata* [J]. Prog Fish Sci, 2017, 38(1): 128–135.
- [31] 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, (6): 40–42.
- Jiang JJ, Deng L, Li H. Nutrition evaluation of artificial breeding salmon [J]. Food Mach, 2011, (6): 40–42.
- [32] 张雪琰, 牟志春, 高建国, 等. 4种海水鱼肉中脂肪酸组成分析及营养评价[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(23): 111–113.
- Zhang XY, Mou ZC, Gao JG, *et al.* Fatty acid composition and nutrition evaluation in muscle of four marine fish [J]. Food Res Dev, 2013, 34(23): 111–113.
- [33] 许丹, 丁国芳, 方益, 等. 7种海产品不同部位营养成分分析与评价[J]. 营养学报, 2018, (4): 27.
- Xu D, Ding GF, Fang Y, *et al.* Nutritional analysis of different parts of seven marine products [J]. J Nutr, 2018, (4): 27.
- [34] 姚志勇, 万金庆, 庞文燕, 等. 真空冷诱导对冰温贮藏罗非鱼片鲜度和滋味的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(2): 198–203.
- Yao ZY, Wan JQ, Pang WY, *et al.* Effect of vacuum cold-induction on freshness and taste of tilapia fillets stored at ice temperature [J]. Mod Food Sci Technol, 2014, 30(2): 198–203.
- [35] 邱伟强, 谢晶, 陈舜胜, 等. 虾类冷藏期间 ATP 关联产物含量的变化及其降解途径的研究[J]. 现代食品科技, 2015, 31(10): 103–108.
- Qiu WQ, Xie J, Chen SS, *et al.* Changes of ATP-related compounds contents and its degradation pathways in shrimps during chilled storage [J]. Mod Food Sci Technol, 2015, 31(10): 103–108.
- [36] Zhang CH, Wu HM, Hong PZ, *et al.* Nutrients and composition of free amino acid inedible part of *Pinctada martensii* [J]. Fish China, 2000, 24: 180–184.
- [37] 吴永俊, 王玉涛, 施文正, 等. 不同产地虹鳟鱼肉风味物质的比较[J]. 上海海洋大学学报, 2017, 26(6): 889–898.
- Wu YJ, Wang YT, Shi WZ, *et al.* Comparison of flavor substances of different parts of rainbow trout in different region [J]. J Shanghai Ocean Univ, 2017, 26(6): 889–898.
- [38] 邓梦雅, 朱丽, 吴东慧, 等. 蔬菜中矿物质含量测定, 营养评价及风险评估[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(9): 97–102.
- Deng MY, Zhu L, Wu DH, *et al.* Mineral content and nutritional value evaluation and risk assessment in vegetables [J]. Food Res Dev, 2018, 39(9): 97–102.

(责任编辑: 苏笑芳)

作者简介



朱羽庄, 硕士, 主要研究方向为食品加工与贮藏工程。
E-mail: 568912326@qq.com



梅光明, 高级工程师, 主要研究方向为水产品加工与质量安全。
E-mail: meigm123@163.com