

闽东海域棘头梅童鱼肌肉营养成分分析与评价

曹平^{1,2}, 宋炜^{1,2}, 陈佳³, 蒋科技², 郭全友², 王鲁民²

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业农村部远洋与极地渔业创新重点实验室, 上海 200090;
2. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306; 3. 福建福鼎海鸥水产食品有限公司,
大黄鱼育种国家重点实验室, 福建宁德 352103)

摘要: 在繁殖季节测定分析了闽东海域 30 尾棘头梅童鱼 (*Collichthys lucidus*) 的肌肉营养成分。结果表明, 棘头梅童鱼肌肉 (鲜重) 中粗蛋白含量为 $(17.21 \pm 0.27)\%$, 粗脂肪含量为 $(0.56 \pm 0.05)\%$, 水分含量为 $(77.70 \pm 0.21)\%$, 粗灰分含量为 $(1.49 \pm 0.59)\%$ 。肌肉中含有 17 种氨基酸, 占肌肉总量的 $(17.01 \pm 0.11)\%$ (鲜重), 其中 7 种人体必需氨基酸 (不包括色氨酸) 总量占肌肉总量的 $(6.09 \pm 0.06)\%$, 占氨基酸总量的 35.82%。必需氨基酸构成比例符合联合国粮农组织/世界卫生组织 (FAO/WHO) 的标准。棘头梅童鱼第一限制性氨基酸为缬氨酸 (Val); 第二限制性氨基酸从氨基酸评分 (AAS) 来看为亮氨酸 (Leu), 从化学评分 (CS) 来看为苯丙氨酸 + 酪氨酸 (Phe + Tyr)。必需氨基酸指数 (EAAI) 为 67.04。4 种鲜味氨基酸总量占肌肉总量的 $(26.24 \pm 0.01)\%$ (干样百分比), 占氨基酸总量的 34.40%。共检测到 27 种主要脂肪酸, 其中二十碳五烯酸 (EPA) 与二十二碳六烯酸 (DHA) 含量较高, 分别为 $(8.23 \pm 0.14)\%$ 和 $(13.22 \pm 0.12)\%$ 。研究表明, 棘头梅童鱼必需氨基酸营养组成合理, 富含鲜味氨基酸, 脂肪酸种类多样, 矿物元素含量比值合理, 微量元素中锌和硒元素含量较丰富, 具有较高的营养价值。

关键词: 棘头梅童鱼; 肌肉; 营养成分; 氨基酸; 营养评价

中图分类号: S 917.4, Q 493 **文献标志码:** A

棘头梅童鱼 (*Collichthys lucidus*), 俗称梅童、梅子鱼、小金鳞等, 隶属鲈形目 (Perciformes), 石首鱼科 (Sciaenidae), 梅童鱼属, 主要分布于西太平洋区, 包括菲律宾、中国、朝鲜半岛西海岸及日本等, 是我国重要的小型底栖经济鱼类^[1]。棘头梅童鱼肉质幼嫩, 肉味鲜美, 且终年可以捕获, 是福建等沿海居民喜食的高档水产品之一, 具有较高的经济价值^[2]。然而, 棘头梅童鱼有限的种群规模和繁衍速度难以满足市场需求, 现已出现过度捕捞和种群衰退的现象^[3]。对棘头梅童鱼营养价值的认识, 是保护和合理利用该物种的重要部分。

鱼体营养成分组成对鱼类肌肉营养价值的

高低有很大影响。马爱军等^[4] 对大菱鲆 (*Scophthalmus maximus*)、王远红等^[5] 对圆斑星鲈 (*Verasper variegatus*)、庄平等^[6] 对舌鰕虎鱼 (*Glossogobius giuris*)、尤宏争等^[7] 对豹纹鳃棘鲈 (*Plectropomus leopardus*)、柳学周等^[8] 对黄条魮 (*Seriola aureovittata*) 的肌肉营养成分与品质评价都作过相关报道。目前, 有关棘头梅童鱼肌肉营养成分方面的研究较少。本文对闽东海域棘头梅童鱼肌肉的一般营养成分、氨基酸、脂肪酸、矿物质和微量元素进行了测定, 分析了棘头梅童鱼的生化组成及氨基酸含量, 并对其营养品质进行了分析与评价, 旨在为棘头梅童鱼的营养价值研究、产业化扩繁及配合饲料的研制提供基础理论

收稿日期: 2020-04-21

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费 (东 2019M02); 现代农业产业技术体系专项 (CARS-47-G25); 浙江省重点研发项目 (2020C02015)

作者简介: 曹平 (1994—), 男, 硕士研究生, 研究方向为海水鱼类营养学。E-mail: 13122331730@163.com

通信作者: 宋炜, 研究员。E-mail: swift83@sina.com

依据。

1 材料和方法

1.1 实验材料

2018年6月从闽东海域采集野生棘头梅童鱼30尾,获得后立即进行初步处理,包括测量体长、体质量,解剖取其背部和侧面肌肉样品并精确称重,然后放入0℃保温盒中,带回实验室进行肌肉营养成分分析。实验用鱼的平均体质量为(37.15 ± 13.25) g,平均体长为(12.45 ± 1.25) cm。

1.2 样品前处理

实验所用样品为冷鲜样,首先把肌肉样品用组织捣碎机搅碎混匀,然后分为两份,一份用于一般营养成分测定,另一份用于氨基酸、脂肪酸、矿物质和微量元素测定。

1.3 营养成分测定方法

按照 GB 5009.3-2010 的常压干燥方法测定水分;按照 GB/T 5009.4-2010 的灰化法测定粗灰分;按照 GB 5009.6-2016 的索氏抽提法测定粗脂肪;按照 GB 5009.5-2016 的凯氏定氮法测定粗蛋白。样品采用酸水解法(色氨酸被水解破坏,未能检测)处理后按照 GB 5009.124-2016 的方法测定氨基酸。按照 GB 5009.168-2016 的方法测定脂肪酸,采用峰面积归一化法进行计算。按照 GB 5009.208-2016 的方法测定矿物质和微量元素。样品重复测定5次。

1.4 仪器设备

K-XR1400-20 型高温马弗炉,河南酷斯特仪器科技有限公司;CSY-R 型水分测定仪,深圳市芬析仪器制造有限公司;BA-SXT-06 型索氏提取器,长沙巴跃仪器有限公司;KDN-4C 型半自动凯氏定氮仪,辽宁赛亚斯科技有限公司;Agilent 1260 Infinity 液相色谱仪,美国安捷伦科技有限公司;ThermoFisher Trace 1310 ISQ 气相色谱质谱联用仪,美国赛默飞世尔科技公司;ICP-OES optima 8000 电感耦合等离子光谱仪,美国珀金埃尔默股份有限公司;WX-8000 微波消解仪,上海屹尧微波化学技术有限公司。

1.5 营养品质评价方法

将必需氨基酸含量换算成每克氮中含氨基酸的毫克数后,根据联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO) 1973 年建议的氨基酸评分标准模式(dry, %)和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式(dry, %)分别按以下公式计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)^[9]:

$$AAS = \frac{aa}{AA(FAO/WHO)} \quad (1)$$

$$CS = \frac{aa}{AA(Egg)} \quad (2)$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100A}{AE} \times \frac{100B}{BE} \times \frac{100C}{CE} \times \dots \times \frac{100H}{HE}} \quad (3)$$

式(1)~式(3)中,aa为试验样品氨基酸含量(%),AA(FAO/WHO)为FAO/WHO评分标准模式中同种氨基酸含量(%),AA(Egg)为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(%),n为比较的必需氨基酸个数,A、B、C、…、H为鱼肌肉蛋白质的必需氨基酸含量(dry, %),AE、BE、CE、…、HE为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量(dry, %)。

1.5 数据处理

采用 Excel 2010 处理实验数据,描述性统计值使用平均值 ± 标准差(mean ± SD)表示。

2 结果与分析

2.1 一般营养成分

棘头梅童鱼和其他几种经济鱼类的肌肉一般营养成分含量见表1。结果显示,棘头梅童鱼肌肉中水分含量为(77.70 ± 0.21)%,低于斑驳尖塘鳢(*Oxyeleotris marmorata*),高于其他几种经济鱼类;粗灰分含量为(1.49 ± 0.59)%,低于点篮子鱼(*Siganus guttatus*)和中华倒刺鲃(*Spinibarbus sinensis*);粗蛋白含量为(17.21 ± 0.27)%,低于其他几种经济鱼类;粗脂肪酸含量为(0.56 ± 0.05)%,高于斑驳尖塘鳢,与大菱鲆相近,低于其他几种经济鱼类。

表1 棘头梅童鱼和其他几种经济鱼类的肌肉一般营养成分比较(鲜重,平均值±标准差, n=5, %)

Tab.1 Comparison of muscle nutrient composition between *C. lucidus* and some other fishes (fresh weight, mean ± SD, n = 5, %)

种类 Species	水分 Moisture	粗灰分 Crude ash	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	77.70 ± 0.21	1.49 ± 0.59	17.21 ± 0.27	0.56 ± 0.05
斑驳尖塘鳢 <i>Oxyeleotris marmorata</i> ^[10]	78.12 ± 0.11	1.07 ± 0.01	17.83 ± 0.09	0.25 ± 0.02
小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyacti</i> ^[11]	76.80 ± 0.98	1.10 ± 0.11	17.90 ± 0.29	3.10 ± 0.51
点篮子鱼 <i>Siganus guttatus</i> ^[12]	74.27 ± 0.68	1.60 ± 0.05	21.20 ± 0.40	2.79 ± 0.15
大黄鱼 <i>Pseudosciaena crocea</i> ^[13]	74.62	1.25	17.56	5.98
大菱鲆 <i>Scophthalmus maximus</i> ^[4]	76.55	1.16	17.72	0.57
中华倒刺鲃 <i>Spinibarbus sinensis</i> ^[14]	77.00	1.62	19.22	1.96

2.2 氨基酸组成与品质评价

2.2.1 氨基酸组成与含量

棘头梅童鱼肌肉中共检测出17种常见氨基酸,总量为肌肉的(17.01 ± 0.11)% (鲜重)。包括人体所需要的7种必需氨基酸,占肌肉总量的(6.09 ± 0.06)%,占氨基酸总量的35.82%;2种半必需氨基酸,占肌肉总量的(1.79 ± 0.03)%,占氨基酸总量的10.50%;8种非必需氨基酸,占肌肉总量的(9.13 ± 0.03)%,占氨基酸总量的53.68%。17种氨基酸中谷氨酸(Glu)含量最高,占肌肉总量的(2.40 ± 0.01)%,其次为天冬氨酸(Asp)(1.74 ± 0.01)%、赖氨酸(Lys)(1.62 ± 0.02)%、脯氨酸(Pro)(1.54 ± 0.01)%、亮氨酸(Leu)(1.17 ± 0.01)%、精氨酸(Arg)(1.14 ± 0.01)%。甲硫氨酸(Met)含量最低,占肌肉总量的(0.47 ± 0.01)% (表2)。棘头梅童鱼肌肉中必需氨基酸与氨基酸总量的比值(W_{EAA}/W_{TAA})为35.82%,必需氨基酸与非必需氨基酸的比值(W_{EAA}/W_{NEAA})为66.73%。

2.2.2 必需氨基酸组成评价

将表2中的数据换算成每克氮中含氨基酸

的毫克数后,与FAO/WHO建议的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式进行比较,计算棘头梅童鱼的AAS、CS和EAAI,结果见表3。根据表3中的AAS和CS来看,棘头梅童鱼肌肉中赖氨酸含量最高,其次为甲硫氨酸+胱氨酸(Met + Cys)。以AAS为标准时,第一限制性氨基酸和第二限制性氨基酸分别为缬氨酸(Val)和亮氨酸(Leu);以CS为标准时,第一限制性氨基酸和第二限制性氨基酸分别为缬氨酸和苯丙氨酸+酪氨酸(Phe + Tyr)。由此看出,棘头梅童鱼的主要限制性氨基酸为缬氨酸、亮氨酸和苯丙氨酸+酪氨酸。棘头梅童鱼必需氨基酸指数(EAAI)为67.04。

2.2.3 鲜味氨基酸组成

棘头梅童鱼与其他几种经济鱼类肌肉中鲜味氨基酸的含量和比较见表4,棘头梅童鱼肌肉中谷氨酸含量为(10.78 ± 0.03)% (干重),低于小黄鱼(*Pseudosciaena polyacti*)^[11]和斑驳尖塘鳢^[10];天冬氨酸含量为(7.81 ± 0.03)%,高于其他几种经济鱼类;鲜味氨基酸总量为(26.24 ± 0.01)%,高于其他几种经济鱼类。

表2 棘头梅童鱼肌肉的氨基酸组成及含量(平均值±标准差, n=5, %)

Tab.2 Amino acid composition and contents in the muscle of *C. lucidus* (mean ± SD, n = 5, %)

氨基酸 Amino acids	占湿样百分比 Percentage of wet weight	占干样百分比 Percentage of dry weight
天冬氨酸 Asp	1.74 ± 0.01	7.81 ± 0.03
谷氨酸 Glu	2.40 ± 0.01	10.78 ± 0.03
胱氨酸 Cys	0.56 ± 0.01	2.52 ± 0.05
丝氨酸 Ser	0.64 ± 0.01	2.88 ± 0.02
甘氨酸 Gly	0.83 ± 0.01	3.74 ± 0.02
组氨酸 His [#]	0.65 ± 0.02	2.92 ± 0.11
精氨酸 Arg [#]	1.14 ± 0.01	5.10 ± 0.03
酪氨酸 Tyr	0.54 ± 0.01	2.40 ± 0.02
丙氨酸 Ala	0.87 ± 0.01	3.91 ± 0.03
脯氨酸 Pro	1.54 ± 0.01	6.92 ± 0.06
苏氨酸 Thr [*]	0.70 ± 0.04	3.12 ± 0.20
缬氨酸 Val [*]	0.78 ± 0.03	3.51 ± 0.12
甲硫氨酸 Met [*]	0.47 ± 0.01	2.09 ± 0.01
异亮氨酸 Ile [*]	0.75 ± 0.01	3.37 ± 0.02
亮氨酸 Leu [*]	1.17 ± 0.01	5.25 ± 0.03
苯丙氨酸 Phe [*]	0.61 ± 0.01	2.73 ± 0.02
赖氨酸 Lys [*]	1.62 ± 0.02	7.26 ± 0.10
氨基酸总量 Total amino acids	17.01 ± 0.11	76.30 ± 0.44
必需氨基酸 Essential amino acids	6.09 ± 0.06	27.33 ± 0.29
半必需氨基酸 Half-essential amino acids	1.79 ± 0.03	8.02 ± 0.15
非必需氨基酸 Nonessential amino acids	9.13 ± 0.03	40.95 ± 0.12
$W_{EAA}/W_{TAA}/\%$	35.82	35.82
$W_{EAA}/W_{NEAA}/\%$	66.73	66.73

注: W_{TAA} 为氨基酸总量; W_{EAA} 为必需氨基酸; W_{NEAA} 为非必需氨基酸; * 为人体必需氨基酸; # 为人体半必需氨基酸

Note: W_{TAA} is total amino acids; W_{EAA} is essential amino acids; W_{NEAA} is total nonessential amino acids; * means essential amino acids for human; # means half-essential amino acids for human

表3 棘头梅童鱼肌肉必需氨基酸组成评价

Tab.3 Evaluation of essential amino acids composition in muscle of *C. lucidus* ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)

必需氨基酸 EAA	棘头梅童鱼 <i>C. lucidus</i>	FAO/WHO 评分模式 FAO/WHO evaluation mode	鸡蛋蛋白 Egg protein	AAS	CS
苏氨酸 Thr	195	250	292	0.780	0.668
缬氨酸 Val	220	310	411	0.710	0.535
异亮氨酸 Ile	211	250	331	0.844	0.637
亮氨酸 Leu	328	440	534	0.745	0.614
赖氨酸 Lys	453	340	441	1.332	1.027
甲硫氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	288	220	386	1.273	0.746

注: 棘头梅童鱼必需氨基酸指数为 67.04

Note: The essential amino acids index (EAAI) of *C. lucidus* is 67.04

2.3 脂肪酸组成

棘头梅童鱼肌肉中共检测到主要脂肪酸 27 种(表 5),其中饱和脂肪酸(SFA)有 12 种,占脂肪酸总量的(56.48 ± 0.10)%。饱和脂肪酸中硬脂酸(C18:0)含量最高,占脂肪酸总量的(32.77 ± 0.42)%。不饱和脂肪酸(UFA)有 15 种,占脂肪酸总量的(43.52 ± 0.11)%。其中,单不饱和脂肪酸(MUFA)有 7 种,占脂肪酸总量的

(13.22 ± 0.12)%;多不饱和脂肪酸(PUFA)有 8 种,占脂肪酸总量的(30.31 ± 0.18)%。从表 5 中还可以看出,棘头梅童鱼肌肉中多不饱和脂肪酸含量明显高于单不饱和脂肪酸。总体来说,呈 SFA > PUFA > MUFA 的关系。棘头梅童鱼肌肉中二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸总量占脂肪酸总量的(20.56 ± 0.24)%。

表 4 棘头梅童鱼的肌肉中鲜味氨基酸组成与其他经济鱼类比较(干重, %)

Tab.4 Comparison of delicious amino acids contents in muscle of *C. lucidus* and some other economic fishes(dry weight, %)

鲜味氨基酸 DAA	棘头梅童鱼 <i>C. lucidus</i>	小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyacti</i> ^[11]	斑驳尖塘鳢 <i>Oxyeleotris marmorata</i> ^[10]	点蓝子鱼 <i>Siganus guttatus</i> ^[12]	中华倒刺鲃 <i>Spinibarbus sinensis</i> ^[14]	大黄鱼 <i>Pseudosciaena crocea</i> ^[13]	大菱鲆 <i>Scophthalmus maximus</i> ^[4]
天冬氨酸 Asp	7.81 ± 0.03	6.66 ± 0.11	7.66 ± 0.23	6.45 ± 0.17	6.39	7.05	6.01
谷氨酸 Glu	10.78 ± 0.03	12.41 ± 0.12	12.84 ± 0.45	10.22 ± 0.15	9.39	10.84	7.68
甘氨酸 Gly	3.74 ± 0.02	2.74 ± 0.07	3.38 ± 0.39	3.97 ± 0.17	3.87	3.15	3.17
丙氨酸 Ala	3.91 ± 0.03	3.85 ± 0.09	2.24 ± 0.06	4.77 ± 0.04	4.57	4.06	3.74
鲜味氨基酸总量 W _{DAA}	26.24 ± 0.01	25.66 ± 0.39	26.12 ± 0.84	25.41 ± 0.45	24.22	25.10	20.60

表 5 棘头梅童鱼肌肉脂肪酸组成及含量(平均值 ± 标准差, n = 5, %)

Tab.5 Fatty acids contents in muscle of *C. lucidus* (mean ± SD, n = 5, %)

脂肪酸 Fatty acids	质量分数 Content	脂肪酸 Fatty acids	质量分数 Content
月桂酸 C12:0	0.57 ± 0.02	油酸 C18:1n9c	0.75 ± 0.02
十三烷酸 C13:0	0.08 ± 0.01	花生一烯酸 C20:1	1.39 ± 0.03
肉蔻酸 C14:0	8.41 ± 0.20	二十四碳一烯酸 C24:1	0.16 ± 0.01
十五烷酸 C15:0	1.63 ± 0.03	亚油酸 C18:2n6c	0.11 ± 0.01
棕榈酸 C16:0	9.14 ± 0.29	α-亚麻酸 C18:3n3	5.05 ± 0.07
十七烷酸 C17:0	2.29 ± 0.05	花生二烯酸 C20:2	0.83 ± 0.01
硬脂酸 C18:0	32.77 ± 0.42	顺-11, 14, 17-二十碳三烯酸 C20:3n3	0.13 ± 0.01
花生酸 C20:0	0.93 ± 0.02	顺-8, 11, 14-二十碳三烯酸 C20:3n6	0.22 ± 0.01
二十一烷酸 C21:0	0.11 ± 0.01	花生四烯酸 C20:4n6	3.38 ± 0.22
山嵛酸 C22:0	0.34 ± 0.01	EPA C20:5n3	8.23 ± 0.14
二十三烷酸 C23:0	0.05 ± 0.01	DHA C22:6n3	12.34 ± 0.21
木蜡酸 C24:0	0.12 ± 0.01	ΣSFA	56.48 ± 0.10
肉蔻油酸 C14:1	0.05 ± 0.01	ΣMUFA	13.22 ± 0.12
棕榈油酸 C16:1	10.10 ± 0.08	ΣPUFA	30.31 ± 0.18
十七碳一烯酸 C17:1	0.41 ± 0.02	ΣUFA	43.52 ± 0.11
反油酸 C18:1n9t	0.34 ± 0.03	EPA + DHA	20.56 ± 0.24

注: ΣSFA 为饱和脂肪酸; ΣMUFA 为单不饱和脂肪酸; ΣPUFA 为多不饱和脂肪酸; ΣUFA 为不饱和脂肪酸; EPA + DHA 为二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸总量

Note: ΣSFA is saturated fatty acids; ΣMUFA is mono-unsaturated fatty acids; ΣPUFA is poly unsaturated fatty acids; ΣUFA is unsaturated fatty acids; EPA + DHA is the total amount of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid

2.4 矿物质和微量元素含量

本研究共检测了棘头梅童鱼肌肉中7种矿物元素,检测结果见表6。由表6可知,除铬(Cr)和铅(Pb)未检出外,其他5种元素均有检出。在常量元素中磷元素(P)含量最高,为 $(2\ 187.28 \pm 40.29)$ mg · kg⁻¹,其次为镁元素(Mg)和钙元素(Ca),含量分别为 (376.52 ± 3.80) mg · kg⁻¹和 (225.30 ± 2.18) mg · kg⁻¹;微量元素中锌元素(Zn)含量为 (2.30 ± 0.06) mg · kg⁻¹,硒元素(Se)含量为 (0.40 ± 0.01) mg · kg⁻¹。肌肉钙磷(Ca:P)比为1:9.71。

表6 棘头梅童鱼肌肉中矿物质和微量元素的含量
(鲜重,平均值±标准差, n=5)

Tab.6 Mineral trace element contents
in muscle of *C. lucidus* (fresh weight,
mean ± SD, n = 5)

元素 Minerals	含量/(mg · kg ⁻¹) Content
镁 Mg*	376.52 ± 3.80
钙 Ca*	225.30 ± 2.18
磷 P*	2 187.28 ± 40.29
锌 Zn#	2.30 ± 0.06
硒 Se#	0.40 ± 0.01
铬 Cr#	未检出(<0.2)
铅 Pb#	未检出(<0.2)
钙磷比 Ca:P	1:9.71

注:*表示常量元素,#表示微量元素

Note: * means major element, # means trace element

3 讨论

3.1 一般营养成分

鱼类肌肉中蛋白质和脂肪含量的多少是评价其营养价值的重要指标^[15],但影响鱼类肌肉营养成分的因素多种多样,不同种及同种不同时期的鱼类肌肉营养成分差异较大。棘头梅童鱼肌肉中粗蛋白含量与大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)^[13]接近;粗脂肪含量与大菱鲆^[4]相近,低于大黄鱼^[13]和小黄鱼^[11]。按鱼体脂肪含量,可将鱼分为少脂(<2%)、低脂(2%~4%)、中脂(4%~8%)和高脂(>8%)4类^[16],棘头梅童鱼明显属于少脂类。综合来看,棘头梅童鱼是一种少脂高蛋白的优质鱼类。

3.2 氨基酸组成及营养评价

鱼类肌肉中蛋白质的营养价值取决于各种

氨基酸的含量和组成比例,尤其是人体必需氨基酸的含量高低和构成比例。从氨基酸总量来看,棘头梅童鱼肌肉中总氨基酸含量为 $(17.01 \pm 0.11)\%$,高于大黄鱼^[13](16.81%)和小黄鱼^[11](15.12%),其中谷氨酸含量最高,谷氨酸不仅是一种鲜味氨基酸,还具有促进大脑发育、改善大脑功能、治疗神经系统疾病等作用^[17]。棘头梅童鱼肌肉中含有丰富的精氨酸,精氨酸不仅是维持婴幼儿生长发育所必需的氨基酸,还可以促进伤口愈合^[14]。FAO/WHO提出,质量较好的蛋白质其必需氨基酸与总氨基酸的比值(W_{EAA}/W_{TAA})为40%左右,必需氨基酸与非必需氨基酸的比值(W_{EAA}/W_{NEAA})为60%以上^[14],棘头梅童鱼肌肉氨基酸组成符合上述指标要求,因此,棘头梅童鱼肌肉中的氨基酸构成比例均衡,属于优质蛋白源。从必需氨基酸组成来看,棘头梅童鱼肌肉中赖氨酸和甲硫氨酸+胱氨酸的AAS均大于1,必需氨基酸的CS均大于0.5(表3),这表明棘头梅童鱼肌肉中必需氨基酸含量丰富,组成比例合理。其中,赖氨酸含量最高,更是超过AAS标准的1.33倍(表3),赖氨酸在人体中具有提高蛋白质利用率和促进人体生长发育的作用^[18],这对于以谷物食品为主的膳食者来说,它可以弥补谷物食品中赖氨酸的不足,提高人体对蛋白质的利用率。棘头梅童鱼肌肉必需氨基酸指数为67.04,低于大黄鱼^[13](88.66),高于小黄鱼^[11](51.38)、黄斑篮子鱼^[19](*Siganus oramin*)^[19](61.07)、斑驳尖塘鳢^[10](61.66)和中华乌塘鳢(*Bostrychus sinensis*)^[10](60.63)。鱼肉的鲜美水平在一定程度上取决于其鲜味氨基酸的含量和组成,谷氨酸和天冬氨酸为呈现鲜味的特征氨基酸,其中谷氨酸的鲜味最强,而甘氨酸和丙氨酸是呈甘味的特征氨基酸^[10]。棘头梅童鱼肌肉中4种鲜味氨基酸(天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸和丙氨酸)总量均高于大黄鱼^[13]、小黄鱼^[11]、大菱鲆^[4]、中华倒刺鲃^[14]、点篮子鱼^[12]和斑驳尖塘鳢^[10]等经济鱼类。这在一定程度上解释了棘头梅童鱼味道鲜美的原因。综合来看,棘头梅童鱼必需氨基酸含量丰富、组成合理,鲜味氨基酸含量较高,是一种营养价值高、味道鲜美的小型经济鱼类。

3.3 脂肪酸组成

鱼类是变温动物,不同种鱼类肌肉中脂肪酸

组成和含量差异较大,且同一种鱼类在不同年龄和环境的情况下,肌肉中脂肪酸含量变化较大。评价脂类营养价值的两个重要指标是不饱和脂肪酸和 EPA + DHA 的含量。本研究中,棘头梅童鱼肌肉中多不饱和脂肪酸占脂肪酸总量的 30.31%,高于大黄鱼^[13](20.48%)、小黄鱼^[11](27.96%)、中华倒刺鲃^[14](11.23%)和斑驳尖塘鳢^[10](28.41%)。近年来的研究发现,多不饱和脂肪酸具有显著地降血脂、抑制血小板凝集、降血压、提高生物膜液态性、抗肿瘤和免疫调节的作用,能显著降低心血管疾病的发病率^[20]。棘头梅童鱼肌肉中 EPA 和 DHA 分别占脂肪酸总量的 8.23% 和 12.34% (表 5),均高于淡水鱼类斑驳尖塘鳢^[10](EPA 2.24%、DHA 4.74%)和中华倒刺鲃^[14](EPA 0.87%、DHA 3.08%)。棘头梅童鱼肌肉中脂肪酸组成,相比小黄鱼^[11](EPA 4.42%、DHA 17.41%),EPA 含量高,DHA 含量较低;相比大黄鱼^[13](EPA 5.23%、DHA 12.50%),EPA 含量高,DHA 含量相近。EPA 和 DHA 主要存在于鱼类脂肪内,现已发现自然界中仅硅藻、红藻和褐藻等可以自身合成 EPA 与 DHA,鱼类通过食物链的富集作用使 EPA 与 DHA 在体内聚集^[19]。随着其药理作用和临床应用的研究发现,EPA 和 DHA 已被称为人体生长发育的必需脂肪酸^[21]。棘头梅童鱼肌肉中 EPA + DHA 总含量为 20.57%,高于大黄鱼^[13](17.73%),接近于小黄鱼^[11](21.83%)。显著高于中华倒刺鲃^[14](3.95%)、斑驳尖塘鳢^[10](4.98%)和 2 龄山女鲢^[22](*Oncorhynchus masou*)(1.09%)等淡水经济鱼类。综合来看,棘头梅童鱼肌肉中多不饱和脂肪酸含量高,EPA + DHA 含量丰富,说明其具有较高的食用价值与保健作用。

3.4 矿物质元素

矿物质元素是维持人体新陈代谢及各项生理活动所必需的物质,不能由人体自身合成,因此在饮食中的含量尤显重要。人体中各项生命活动均需要矿物质元素的参与,如骨骼的形成、造血、酶的活性化等。对鱼类而言,肌肉中有恒定的钙、磷原子比(Ca:P)^[23],棘头梅童鱼肌肉中钙、磷原子比为 1:9.71,高于南美鲱(*Prochilodus scyofa*)(1:10.42)^[24]和斑鳢(*Mystus guttatus*)(1:18.20)^[25],低于小黄鱼(1:2.41)^[11]、养殖大黄鱼(1:1.76)^[26]、中华倒刺鲃(1:1.30)^[14]、

黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)(1:4.72)^[25]和梭鱼(*Liza haematocheila*)(1:1.48)^[27]。棘头梅童鱼肌肉中锌的含量与梭鱼($2.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[27]相近,低于斑驳尖塘鳢($5.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[10]、中华倒刺鲃($5.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[14]、养殖大黄鱼($6.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[26]、胡子鲶(*Clarias fuscus*)($8.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[24]和小黄鱼($9.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[11]。硒的含量低于南美鲱^[24]($3.0491 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)和 黄颡鱼($7.4706 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[25],与小黄鱼($0.52 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[11]和 鳊鱼(*Siniperca chuatsi*)($0.3948 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[28]相当,高于养殖大黄鱼($0.29 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[26]、团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)($0.29 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[29]、鲫(*Carassius auratus*)($0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[25]、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)($0.156 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[30]、鲤(*Cyprinus carpio*)($0.1344 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[24]和草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)($0.038 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[24]。对比发现,棘头梅童鱼肌肉中含有丰富的锌和硒元素,组成比例合理。微量元素在人体内只占 0.1% 左右,却具有重要的生物学作用^[19]。现已证明,硒是一种人体必需的微量元素,它是红细胞谷胱甘肽过氧化物酶的组成成分,主要作用是参与酶的合成,保护细胞膜的结构和功能免受过度氧化损伤^[31];而且硒和维生素 E 相互作用可以起到抗癌的作用等^[31]。锌是人体的必需微量元素之一,在体内主要以酶的形式存在,可参与碳酸酐酶、碱性磷酸酶、DNA 聚合酶等多种酶的合成,帮助生长发育、智力发育,提高免疫力,参与味觉、视觉以及性功能的调节等^[14]。由此可见,棘头梅童鱼可以补充人体中所需要的硒、锌等微量元素,对儿童的生长发育和中老年人的防癌和抗衰老有积极的作用。

4 小结

通过对闽东海域棘头梅童鱼肌肉营养成分的分析与评价可知,棘头梅童鱼肌肉中蛋白质和氨基酸含量较高,且必需氨基酸、鲜味氨基酸含量丰富,组成比例合理;脂肪酸种类丰富,不饱和脂肪酸含量高,尤其富含 EPA + DHA;矿物质元素含量均衡,锌和硒元素含量丰富。因此,棘头梅童鱼是一种营养价值高,味道鲜美的经济鱼类,具有广阔的养殖前景和市场开发潜力。

参考文献:

- [1] 朱元鼎, 罗云林, 伍汉霖. 中国石首鱼类分类系统的研究和新属新种的叙述[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1963:70-73.
ZHU Y D, LUO Y L, WU H L. Study on the classification system of Chinese Sciaenidae and the narration of new families and new species [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1963:70-73.
- [2] 梁述章, 宋 炜, 马青艳, 等. 给予线粒体控制区的中国近海棘头梅童鱼群体遗传结构研究[J]. 海洋渔业, 2020, 41(2):138-148.
LIANG S Z, SONG W, MA Q Y, *et al.* Genetic structure of *Collichthys lucidus* populations from China coastal waters based on mtDNA control region [J]. Marine Fisheries, 2020, 41(2):138-148.
- [3] 刘俊果, 宋 炜, 蒋科技, 等. 棘头梅童鱼胚胎发育和仔鱼形态观察[J]. 海洋渔业, 2018, 40(6):691-702.
LIU J G, SONG W, JIANG K J, *et al.* Observation of embryonic development and larval morphology of *Collichthys Lucidus*[J]. Marine Fisheries, 2018, 40(6):691-702.
- [4] 马爱军, 陈四清, 雷霖霖, 等. 大菱鲆鱼体生化组成及营养价值的初步探讨[J]. 海洋水产研究, 2003, 24(1):11-14.
MA A J, CHEN S Q, LEI Q L, *et al.* The preliminary study on biochemical composition and its nutrition value of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) [J]. Marine Fisheries Research, 2003, 24(1):11-14.
- [5] 王远红, 陈四清, 吕志华, 等. 圆斑星鲽鱼的营养成分分析[J]. 营养学报, 2006, 28(3):271-272.
WANG Y H, CHEN S Q, LV Z H, *et al.* Analysis of the nutritional components of *Verasper variegates* T[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2006, 28(3):271-272.
- [6] 庄 平, 宋 超, 章龙珍. 舌虾虎鱼肌肉营养成分与品质的评价[J]. 水产学报, 2010, 34(4):559-564.
ZHUANG P, SONG C, ZHANG L Z. Evaluation of nutritive quality and nutrient components in the muscle of *Glossogobius giuris* [J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(4):559-564.
- [7] 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.
- [8] 柳学周, 徐永江, 李 荣, 等. 黄条鰺肌肉营养成分分析与评价[J]. 渔业科学进展, 2017, 38(1):128-135.
LIU X Z, XU Y H, LI R, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional composition of the muscle of yellowtail kingfish (*Seriola aureovittata*) [J]. Progress in Fishery Sciences, 2017, 38(1):128-135.
- [9] 宋 超, 章龙珍, 刘鉴毅, 等. 池塘低盐养殖点篮子鱼肌肉营养成分的分析与评价[J]. 海洋渔业, 2012, 34(4):444-450.
SONG C, ZHANG L Z, LIU J Y, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional components in muscle of *Siganus guttatus* reared in low salinity pond [J]. Marine Fisheries, 2012, 34(4):444-450.
- [10] 邴旭文, 张宪中. 斑驳尖塘鳢肌肉营养成分与品质的评价[J]. 中国海洋大学学报, 2006, 36(1):113-117.
BING X W, ZHANG X Z. Evaluation of nutritional components and nutritive quality of the muscle of *Oxyeleotris marmoratus* bleeker [J]. Periodical of Ocean University of China, 2006, 36(1):113-117.
- [11] 刘慧慧, 迟长凤, 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 H H, CHI C F, LI H F. Analysis of the nutritional composition of *Pseudosciaena polyacti* in Zhoushan [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2013, 35(6):604-606.
- [12] 赵 峰, 章龙珍, 宋 超, 等. 点篮子鱼肌肉的营养成分分析与评价[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(3):308-313.
ZHAO F, ZHANG L Z, SONG C, *et al.* Analysis and evaluation of the nutritional components of *Siganus guttatus* muscle [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2009, 18(3):308-313.
- [13] 颜孙安, 姚清华, 林香信, 等. 不同养殖模式大黄鱼肌肉营养成分比较[J]. 福建农业学报, 2015(8):736-744.
YAN S A, YAO Q H, LIN X X, *et al.* Nutrient profile of large yellow croakers (*Pseudosciaena crocea*) grown under different aquacultural settings [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2015

- (8):736-744.
- [14] 邴旭文,蔡宝玉,王利平. 中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质的评价[J]. 中国水产科学, 2005, 12(2):101-105.
BING X W, CAI B Y, WANG L P. Evaluation of nutritive quality and nutritional components in *Spinibarbus sinensis* muscle [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2005, 12(2):101-105.
- [15] 施永海,张根玉,刘永士,等. 野生及养殖哈氏仿对虾肌肉营养成分的分析与比较[J]. 水产学报, 2013, 37(5):768-776.
SHI Y H, ZHANG G Y, LIU Y S, et al. Comparison of muscle nutrient composition between wild and cultured sword prawn (*Parapenaeopsis hardwickii*) [J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(5):768-776.
- [16] HAARD N F. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish [J]. Food Research International, 1992, 25(4):289-307.
- [17] 龚洋洋,黄艳青,陆建学,等. 锈斑蟳肌肉氨基酸和脂肪酸组成分析及营养品质评价[J]. 海洋渔业, 2014, 36(2):177-182.
GONG Y Y, HUANG Y Q, LU J X, et al. Analysis and evaluation of amino acids and fatty acids composition in muscle of *Charybdis feriatus* [J]. Marine Fisheries, 2014, 36(2):177-182.
- [18] 赵峰,宋超,施兆鸿,等. 野生银鲳幼鱼主要营养成分的测定与评价[J]. 营养学报, 2008, 30(4):425-426.
ZHAO F, SONG C, SHI Z H, et al. Analysis and evaluation of the nutritional components of wild young silver pomfret *Pampus argenteus* [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2008, 30(4):425-426.
- [19] 庄平,宋超,章龙珍. 黄斑篮子鱼肌肉营养成分与品质的评价[J]. 水产学报, 2008, 32(1):77-83.
ZHUANG P, SONG C, ZHANG L Z. Evaluation of nutritive quality and nutrient components in the muscle of *Siganus oramin* [J]. Journal of Fisheries of China, 2008, 32(1):77-83.
- [20] 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.
WANG P, ZHANG Y B, JIANG M L. Research advance in polyunsaturated fatty acid [J]. China Oils and Fats, 2008, 33(12):42-46.
- [21] 张强,王永利. 尖海龙与日本海马脂肪的提取和分析[J]. 分析化学, 1996, 24(2):139-143.
ZHANG Q, WANG Y L. Extraction and analysis of Fat of *Syngnathus acus* and *Hippocampus mohnikei* [J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 1996, 24(2):139-143.
- [22] 尹洪滨,孙中武,沈希顺,等. 山女鳟肌肉营养组成分析[J]. 水生生物学报, 2004, 28(5):577-580.
YIN H B, SONG Z W, SHEN X S, et al. Analysis of muscle nutritious composition for *Oncorhynchus masou* [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2004, 28(5):577-580.
- [23] 赵亭亭,张岩,陈超,等. 3种养殖石斑鱼的肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 渔业科学进展, 2018, 39(6):89-96.
ZHAO T T, ZHANG Y, CHEN C, et al. Analysis of nutrient components and evaluation of nutritive quality in flesh of three species of cultured groupers [J]. Progress in Fishery Sciences, 2018, 39(6):89-96.
- [24] 陈琴,黄钧,唐章生,等. 南美鲱鱼的含肉率及肌肉营养评价[J]. 动物学杂志, 2002, 37(1):53-57.
CHEN Q, HUANG J, TANG Z S, et al. The study on the rate of flesh content and nutritional quality of the flesh of *Prochilodus scrofa* [J]. Chinese Journal of Zoology, 2002, 37(1):53-57.
- [25] 陈琴,黄飞鹤. 三种野生江河鱼类肌肉中矿物元素的组成分析[J]. 水产养殖, 2001, (1):22-24.
CHEN Q, HUANG F H. Analysis of minerals components of muscle in three species of wild fishes [J]. Journal of Aquaculture, 2001, (1):22-24.
- [26] 吴靖娜,许永安,刘智禹. 养殖大黄鱼鱼肉营养成分的分析及评价[J]. 营养学报, 2013, 35(6):610-612.
WU J N, XU Y A, LIU Z Y. Analysis and evaluation of nutritional components in meat of bred *Pseudosciaena crocea* [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2013, 35(6):610-612.
- [27] 王建新,邴旭文,张成锋,等. 梭鱼肌肉营养成分与品质的评价[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(2):60-66.
WANG J X, BING X W, ZHANG C F, et al. Evaluation of nutritional components and quality of *Liza haematocheila* muscle [J]. Progress in Fishery Sciences, 2010, 31(2):60-66.
- [28] 严安生,熊传喜,钱健旺,等. 鳊鱼含肉率及鱼肉营养价值研究[J]. 华中农业大学学报, 1995, 14(1):80-84.

- YAN A S, XIONG C X, QIAN J W, *et al.* A study on the rate of flesh content of mandarin fish and nutritional quality of the flesh [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 1995, 14(1):80-84.
- [29] 欧阳敏, 喻 晓, 陈道印, 等. 鄱阳湖团头鲂肌肉营养分析[J]. 江西农业学报, 1999, 11(2):6-9.
- OUYANG M, YU X, CHEN D Y, *et al.* Analysis on the nutrient composition in muscle of *Megalobrama amblycephala*[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 1999, 11(2):6-9.
- [30] 金庆华, 李桂玲. 中国鲢鱼营养成分的研究[J]. 食品科学, 1998, 19(8):41-43.
- JIN Q H, LI G L. A study of muscle nutritious composition for *Hypophthalmichthys molitrix* [J]. Food Science, 1998, 19(8):41-43.
- [31] 邱建华, 王秋泉, 黄本立. 硒形态分析研究进展[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(9):692-701.
- QIU J H, WANG Q Q, HUANG B L. New approaches to selenium speciation[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2006, 26(9):692-701.

Analysis and evaluation of nutritional components of *Collichthys lucidus* muscles from Mindong waters

CAO Ping^{1,2}, SONG Wei^{1,2}, CHEN Jia³, JIANG Keji^{1,2}, GUO Quanyou², WANG Luming²

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key

Laboratory of Oceanic and Polar Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 200090, China;

2. College of Fisheries and Life Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. State

Key Laboratory of Large Yellow Croaker Breeding, Fuding Seagull Fishing Food Co. Ltd., Ningde Fujian 352103, China)

Abstract: *Collichthys lucidus* is an important small economic fish species in coastal areas of China. Because of fast growth, large catches and delicious taste, it is loved by people of Fujian and Zhejiang in China. At present, there are only a few studies of *C. lucidus* on nutrition. To improve the basic data of quality and nutritional composition of muscle in this species, this study analyzed and evaluated the nutrient composition of *C. lucidus* muscles from Mindong waters. Nutritional components in muscle of *C. lucidus* were tested and analyzed with routine methods. Samples of 30 wild individuals, with (12.45 ± 1.25) cm in body length and (37.15 ± 13.25) g in body weight, were collected from Mindong waters during the reproductive season. The results showed that contents of moisture, crude ash, crude protein and crude fat of fresh muscles were $(77.70 \pm 0.21)\%$, $(1.49 \pm 0.59)\%$, $(17.21 \pm 0.27)\%$ and $(0.56 \pm 0.05)\%$, respectively. There were 17 common amino acids found in muscles, including 7 essential amino acids (except Trp). In fresh sample, the total content of amino acids was $(17.01 \pm 0.11)\%$, the content of essential amino acids was $(6.09 \pm 0.06)\%$; in dry sample, the total content of amino acids was $(76.30 \pm 0.44)\%$; the content of essential amino acids was $(27.33 \pm 0.29)\%$; the percentage of essential amino acids in total amino acids was 35.82%; the ratio of amino acids to no-essential amino acids (EAA/NEAA) was 66.73%. The constitutional rate of the essential amino acids accorded with the FAO/WHO standard fundamentally. According to nutrition evaluation in amino acids score (AAS) and chemical score (CS), the first limited amino acid was Val, and the second limited amino acids were Leu and Phe + Tyr; the essential amino acids index (EAAI) was 67.04. In dry sample, the content of four kinds delicious amino acids was $(26.24 \pm 0.01)\%$, and the percentage of delicious amino acids in total amino acids was 34.40%. 27 fatty acids were found in muscle of *C. lucidus*. There were 12 types of saturated fatty acids, accounting for $(56.48 \pm 0.10)\%$ of the total fatty acids. The content of C18:0 in saturated fatty acids was the highest, accounting for $(32.77 \pm 0.42)\%$ of the total fatty acids. There were 7 types of monounsaturated fatty acids, accounting for $(13.22 \pm 0.12)\%$ of the total fatty acids, and 8 types of polyunsaturated fatty acids, accounting for $(30.31 \pm 0.18)\%$ of the total fatty acids. The percentages of EPA and DHA in total fatty acids of *C. lucidus* were $(8.23 \pm 0.14)\%$ and $(13.22 \pm 0.12)\%$, respectively. The composition of trace elements in muscles of *C. lucidus* was reasonable. Therefore, *C. lucidus* is delicious fish species with balanced nutrition and relatively high nutritional value, which deserves further exploitation and popularization.

Keywords: *Collichthys lucidus*; muscle; nutrient components; amino acid; nutritive evaluation