

绿鳍马面鲈肌肉营养成分分析和营养评价

徐大风^{1,2}, 刘琨^{1,2}, 王鹏飞^{3,4}, 常青^{2,5}, 陈四清^{2,5}, 边力^{2,5},
刘长琳^{2,5}, 葛建龙^{2,5}

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071; 3. 农业部外海渔业开发重点实验室, 广东 广州 510300; 4. 中国水产科学研究院 南海水产研究所, 广东 广州 510300; 5. 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, 山东 青岛 266071)

摘要: 作者以黄海野生绿鳍马面鲈(*Thamnaconus septentrionalis*)为研究对象, 按国家标准(GB5009.3-6-2010)进行检测, 对其肌肉的一般营养成分和氨基酸、脂肪酸进行测定分析。结果表明: 水分含量 75.47%, 粗蛋白含量 17.88%(湿样), 灰分含量 6.15%, 粗脂肪含量 0.55%。肌肉中检测出 17 种氨基酸, 其中含有 7 种人体必需氨基酸, 平均含量 35.70%, 与总氨基酸含量平均比值为 41.8%; 鲜味氨基酸 4 种, 平均含量 34.33%, 与总氨基酸含量平均比值为 38.74%。其必需氨基酸组成符合 FAO/WHO 理想模式, 属于优质蛋白质鱼类。肌肉(干样)中粗脂肪含量较低, 含有 7 种饱和脂肪酸和 18 种不饱和脂肪酸。不饱和脂肪酸含量 60.38%, 其中 EPA、DHA 含量分别在 8.71%和 23.78%。根据氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS), 第一限制氨基酸和第二限制氨基酸分别为蛋氨酸+半胱氨酸和缬氨酸, 必需氨基酸 AAS 均大于 1.0, CS 均大于 0.8。必需氨基酸指数(EAAI)为 92.20, 高于大部分经济鱼类。因此, 野生绿鳍马面鲈肌肉各营养成分种类齐全含量较高, 是理想的食用鱼类, 今后值得继续开发。

关键词: 绿鳍马面鲈(*Thamnaconus septentrionalis*); 肌肉; 营养成分; 营养评价

中图分类号: S917.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2018)05-0122-08

DOI: 10.11759/hyxx20171213001

绿鳍马面鲈(*Thamnaconus septentrionalis*)隶属鲈形目(Tetraodontiformes)、单角鲈科(Monacanthidae)、马面鲈属(*Thamnaconus*)^[1]。主要分布于太平洋西北部, 如中国东、黄海及朝鲜、日本沿岸, 是中国北方近海捕捞鱼种^[1], 其为底栖杂食性鱼类, 具有肉质细嫩、味道鲜美等特点, 常用来加工成生鱼片^[2]。因环境污染和栖息环境的破坏, 绿鳍马面鲈的渔获量正逐步降低^[3], 而随着其工厂化养殖技术的成熟, 绿鳍马面鲈的人工养殖道路已经步入正轨^[4]。鱼类肌肉营养成分的测定主要包括氨基酸、脂肪酸、水分和灰分等方面^[5], 而有关绿鳍马面鲈肌肉营养成分早在 1990 年日本学者做过相关研究^[6], 但是中国一直没有相关报道, 而由于检测标准和地理群体的不同, 其营养成分含量的测量结果可能存在差异, 故应该开展相关研究。现以 2016 年 8 月份在黄海捕捞的野生绿鳍马面鲈为实验样本, 以国家测定标准和 FAO/WHO 模式下的 EAAI 评分标准^[7-9], 对绿鳍马面鲈肌肉进行成分测定, 对比早先营养成分数据, 为其鱼肉品质变化提供参考数据。也为该鱼种质资源

的保存、合理开发利用提供基础资料和理论参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验样品于 2016 年 8 月份青岛金沙滩水产开发有限公司在近海捕捞获得, 随机抽取 10 尾体型完整、活力旺盛的成鱼为实验样本(平均体质量: 283.9 g±0.83 g; 平均体长: 28.7 cm±0.59 cm), 将样本剥皮剔骨, 取背部的肌肉为样本, 分装用于检测水分、灰分、氨基酸和

收稿日期: 2017-12-13; 修回日期: 2018-02-10

基金项目: 中国水产科学研究院黄海水产研究所级基本科研业务费项目(20603022017014); 农业部外海渔业开发重点实验室开放基金(LOF 2017-05)

[Foundation: Special Scientific Research Funds for Central Non-Profit Institutes, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, No.20603022017014; Supported by Fund of Key Laboratory of Open-Sea Fishery Development, Ministry of Agriculture, China, No. LOF 2017-05]

作者简介: 徐大风(1993-), 男, 山东青岛人, 硕士研究生, 主要从事海洋生物繁育的研究, 电话: 18678417658, E-mail: xudafengqq@163.com; 陈四清, 通信作者, 研究员, 博士生导师, 电话: 0532-85803375, E-mail: chensq@ysfri.ac.cn

脂肪酸, 每组 3 个重复。

1.2 营养成分测定

粗蛋白质和粗脂肪含量分别用凯氏定氮法(GB5009. 5-2010)和索氏抽提法(GB5009. 6-2010)测定, 水分测定采用常压恒温干燥法(GB 5009.3-2010), 灰分测定采用马福炉 550℃高温灼烧法(GB5009. 4-2010)。

1.3 营养价值评定

营养价值评定营养价值的评定与 1973 年 FAO/WHO 建议的每克氨基酸评分标准模式(% , 干质量)^[7]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模式(% , 干质量)^[8]进行比较, 分别以氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)做营养评价^[9]。

按以下公式计算:

$$\begin{aligned} \text{AAS} &= \frac{\text{样品蛋白质中某种必需氨基酸含量}}{\text{FAO 评分模式中该必需氨基酸含量}} \\ \text{CS} &= \frac{\text{样品蛋白质中某种必需氨基酸含量}}{\text{鸡蛋蛋白质中该必需氨基酸含量}} \end{aligned}$$

表 1 绿鳍马面鲈肌肉一般营养成分与其他经济鱼类的比较(湿质量, %)

Tab. 1 Basic components of the muscle of *Thamnaconus septentrionalis* and other fish species (wet weight, %)

种类	水分	粗蛋白	粗脂肪	灰分
绿鳍马面鲈	75.47	17.88	0.55	6.1
暗纹东方鲀(<i>Takifugu fasciatus</i>) ^[11]	75.8	20.0	1.94	2.02
红鳍东方鲀(<i>Takifugu rubripes</i>) ^[12]	79.35	18.10	4.73	6.64
银鲷(<i>Pampus argenteus</i>) ^[13]	73.11	20.16	1.21	4.90
大菱鲆(<i>Scophthalmus maximu</i>) ^[14]	76.55	17.72	1.16	0.57
赤点石斑鱼(<i>Epinephlus akaara</i>) ^[15]	74.1	19.6	1.7	2.7
许氏平鲈(<i>Sebastes schlegeli</i>) ^[16]	79.03	17.29	1.63	1.28
梭鱼(<i>Liza haematocheila</i>) ^[17]	80.90	17.25	0.76	0.83

2.2 氨基酸组成和含量

由表 2 可知, 绿鳍马面鲈肌肉中含有 17 中常见氨基酸, 其中有 7 种人体必需氨基酸, 总氨基酸含量占肌肉干质量的 88.6%, 必需氨基酸含量: 35.70%, 非必需氨基酸含量: 49.65%, 鲜味氨基酸含量: 34.33%, 必需氨基酸占氨基酸总含量($\sum\text{EAA}/\sum\text{AA}$): 41.82%, 鲜味氨基酸占总氨基酸含量($\sum\text{DAA}/\sum\text{AA}$): 38.74%, 必需氨基酸占非必需氨基酸含量($\sum\text{EAA}/\sum\text{NEAA}$): 71.90%。均高于 FAO/WHO 指出的理想模式标准($\sum\text{EAA}/\sum\text{AA}$ 为 40%左右, $\sum\text{EAA}/\sum\text{NEAA}$ 在 60%以上^[18])。

由表 3 可知, 绿鳍马面鲈必需氨基酸 AAS 均大

$$\text{EAAI} =$$

$$n \sqrt{\frac{\text{赖氨酸}_t}{\text{赖氨酸}_s} \times 100 \times \frac{\text{亮氨酸}_t}{\text{亮氨酸}_s} \times 100 \times \dots \times \frac{\text{缬氨酸}_t}{\text{缬氨酸}_s} \times 100}$$

式中, n 为比较的氨基酸数($n=7$); t 为样品蛋白质的氨基酸(mg/g); s 为鸡蛋蛋白质的氨基酸(mg/g)。

1.4 数据处理

实验数据采用 excel 2000 进行定性分析。

2 结果

2.1 绿鳍马面鲈一般营养成分

绿鳍马面鲈肌肉一般营养成分与其他经济鱼类的比较见表 1。由于肌肉的营养价值取决于蛋白质和脂肪含量^[10], 由表 1 可知, 在所比较的经济鱼类中, 绿鳍马面鲈肌肉水分含量与其他经济鱼类相差不多, 粗灰分含量较高, 只比红鳍东方鲀低, 粗蛋白含量 17.88%(湿样), 只比暗纹东方鲀、红鳍东方鲀、银鲷和赤点石斑鱼略低, 高于其他经济鱼类。粗脂肪含量仅为 0.55%, 显著低于其他经济鱼类。可知绿鳍马面鲈属于低脂肪、高蛋白的经济海水鱼。

于 1; CS 均大于 0.8。以 AAS 标准评价, 其中最小的是苏氨酸和缬氨酸, 分别为 1.032 和 1.087, 故绿鳍马面鲈肌肉的第一限制氨基酸和第二限制氨基酸分别是苏氨酸和缬氨酸。以 CS 标准评价, 绿鳍马面鲈肌肉的第一限制氨基酸为蛋氨酸+半胱氨酸, 第二限制氨基酸为缬氨酸。绿鳍马面鲈的氨基酸指数(EAAI)为 92.20。

2.3 脂肪酸组成含量分析

由表 4 可知, 绿鳍马面鲈肌肉中共检测出 25 种脂肪酸, 其中包括 7 种饱和脂肪酸, 6 种单不饱和脂肪酸、12 种多不饱和脂肪酸; 其中饱和脂肪酸含量

和单不饱和脂肪酸含量分别为 32.17%和 17.88%，多不饱和脂肪酸含量 42.5%，其中 EPA、DHA 含量分别在 8.71%和 23.78%。

表 2 绿鳍马面鲈氨基酸组成及含量(干物质基础, %)
Tab. 2 Amino acid composition and their contents in the muscle of *T. septentrionalis* (DM basis, %)

氨基酸	含量
苏氨酸 [*] (Thr)	3.66±0.12
缬氨酸 [*] (Val)	4.78±0.23
蛋氨酸 [*] (Met)	3.65±0.16
异亮氨酸 [*] (Ile)	4.20±0.09
亮氨酸 [*] (Leu)	7.72±0.08
赖氨酸 [*] (Lys)	7.78±0.27
苯丙氨酸 [*] (Phe)	3.82±0.19
天冬氨酸 [*] (Asp)	9.30±0.31
谷氨酸 [*] (Glu)	14.62±0.16
甘氨酸 [*] (Gly)	4.62±0.18
丙氨酸 [*] (Ala)	5.79±0.15
半胱氨酸 [°] (Cys)	0.48±0.51
组氨酸 [°] (His)	2.38±0.13
丝氨酸 [▲] (Ser)	3.81±0.24
精氨酸 [▲] (Arg)	5.68±0.33
酪氨酸 [▲] (Tyr)	2.96±0.02
脯氨酸 [°] (Pro)	3.26±0.06
鲜味氨基酸总量(ΣDAA)	34.33
必需氨基酸总量(ΣEAA)	35.70
非必需氨基酸总量(ΣNEAA)	49.65
半必需氨基酸总量(ΣHEAA)	12.45
氨基酸总量(ΣAA)	88.60

注: ^{*} 必需氨基酸; [▲] 半必需氨基酸; [°] 非必需氨基酸; ^{*} 鲜味氨基酸。

3 讨论

3.1 绿鳍马面鲈一般营养成分分析

鱼类肌肉品质主要取决于肌肉中粗灰分、粗脂

肪、粗蛋白质的含量和比例等指标。由表 1 可知, 绿鳍马面鲈肌肉的一般营养成分中, 肌肉水分(75.47%)与其他经济鱼类相差不大, 与日本学者^[6]测定的绿鳍马面鲈肌肉水分: 76.8%±0.5%基本吻合; 粗蛋白含量(17.88%)属于正常经济鱼类粗蛋白含量范围内; 粗灰分含量(6.10%)与红鳍东方鲀(6.64%)相近, 与其他经济鱼类相比(0.57%~4.90%)偏高; 另外其粗脂肪含量较低, 在湿质量中只占有 0.55%, 这与日本骏河湾绿鳍马面鲈的粗脂肪测定含量(0.25%±0.17%)^[6]相近。同时由表 1 可知, 绿鳍马面鲈粗脂肪含量低于表中的所有经济鱼类, 由此可见绿鳍马面鲈具有一定的低脂肪优势, 是人们膳食选择中的优良品。

3.2 绿鳍马面鲈肌肉氨基酸营养成分评价

通过检测分析, 由表 2 可知, 绿鳍马面鲈肌肉(干样)中氨基酸总量: 88.60%, 高于目前所知的大部分经济鱼类。在测定的 7 种必需氨基酸中, 赖氨酸含量最高, 为 7.78%, 赖氨酸参与体蛋白质合成, 被称为“生长性氨基酸”^[19], 同时赖氨酸也是人乳中第一限制性氨基酸^[14]。对于素食主义者来说, 它可以弥补谷物食品中赖氨酸的不足, 从而提高人体对蛋白质的利用率^[20], 也可以作为优良的催乳食品。一种具有良好营养价值的食物不仅要包含种类齐全的必需氨基酸, 必需氨基酸之间的比例同样要适宜, 要与人体需要相符合, 这样最有利于必需氨基酸的吸收, 其营养价值也最高^[21]。而根据 FAO/WHO 的食物氨基酸理想模式, 质量较好的蛋白质组成中 EAA/TAA>40%左右, EAA/NEAA>60%^[18], 本研究中, 绿鳍马面鲈肌肉中 EAA/TAA=40.29%, EAA/NEAA=71.90%, 均符合以上指标, 故其属于优质蛋白源。绿鳍马面鲈肌肉中鲜味氨基酸总量占氨基酸总量的 34.33%, 味道比较鲜美, 氨基酸对肉质鲜味的影响较为复杂, 鲜味氨基酸谷氨酸被认为对风味起最重要作用, 也是脑组织中参与重要代谢的氨基酸^[22],

表 3 绿鳍马面鲈必需氨基酸组成评价

Tab. 3 Evaluation of essential amino acid composition in the muscle of *T. septentrionalis*

必需氨基酸	绿鳍马面鲈	FAO/WHO 评分模式	鸡蛋蛋白	氨基酸评分	化学评分
苏氨酸 Thr	258	250	292	1.032	0.883
缬氨酸 Val	337	310	411	1.087	0.819
异亮氨酸 Ile	296	250	331	1.184	0.894
亮氨酸 Leu	544	440	543	1.236	1.018
赖氨酸 Lys	555	340	411	1.632	1.35
蛋氨酸+半胱氨酸	291	220	386	1.322	0.754
苯丙氨酸+酪氨酸	478	380	565	1.257	0.846

表 4 绿鳍马面鲈肌肉脂肪酸组成(干物质基础, %)
Tab. 4 The fatty acid composition in the muscle of *T. septentrionalis* (DM basis, %)

脂肪酸	含量
C14: 0▶	0.92±0.21
C15: 0▶	0.27±0.14
C16: 0▶	21.35±0.23
C17: 0▶	0.72±0.36
C18: 0▶	8.64±0.74
C20: 0▶	0.17±0.12
C22: 0▶	0.10±0.16
C16: 1■	3.39±0.22
C17: 1■	0.32±0.13
C18: 1ω7■	2.48±0.35
C18: 1ω9■	11.37±0.37
C20: 1■	0.14±0.41
C22: 1■	0.18±0.06
C18: 2ω4♦	0.13±0.01
C18: 2ω6♦	2.15±0.16
C20: 2♦	0.19±0.23
C18: 3ω3♦	0.32±0.14
C18: 3ω6♦	0.04±0.02
C18: 4ω3♦	0.34±0.06
C20: 3ω3♦	0.07±0.01
C20: 4ω3♦	0.29±0.11
C20: 4ω6♦	5.44±0.18
C20: 5ω3(EPA)♦	8.71±0.81
C22: 5ω3♦	1.78±0.17
C22: 6ω3(DHA)♦	23.78±0.94
饱和脂肪酸 SFA	32.17
单不饱和脂肪酸 MUFA	17.88
多不饱和脂肪酸 PUFA	42.50
UFA/SFA	1.87

注: ▶. 饱和脂肪酸; ■. 单不饱和脂肪酸; ♦. 多不饱和脂肪酸。

其次是甘氨酸^[23], 在绿鳍马面鲈肌肉氨基酸成分分析中, 谷氨酸和甘氨酸含量分别为 14.62%和 4.62% (干质量), 比红鳍东方鲈(谷氨酸: 12.30%; 甘氨酸: 4.37%)^[12]含量高, 故绿鳍马面鲈的口感比较好。必需氨基酸指数 EAAI 是评价食物蛋白质营养的常用指标之一, 它是鸡蛋蛋白质必需氨基酸为评价标^[24]。EAAI 评价标准: EAAI>90 为优质蛋白源; 85<EAAI≤90 为良好蛋白源; 85≥EAAI≥75 为可用蛋白源; EAAI<75 为不适蛋白源^[9], 本研究测定的必需氨基酸指数(EAAI)为 92.20, 同时由表 3 可知绿鳍马面鲈肌肉的氨基酸评分(AAS)均大于 1.0, 化学评分(CS)

均大于 0.8, 而红鳍东方鲈 AAS 大于 1.0, CS 均大于 0.5^[12], 以上结果表明绿鳍马面鲈肌肉必需氨基酸种类组成平衡含量丰富, 是营养价值很高的动物蛋白源。但日本骏河湾绿鳍马面鲈并没有关于氨基酸方面的数据。

3.3 脂肪酸组成及其含量

脂肪酸是细胞的重要组成部分, 其中单不饱和脂肪酸具有降血糖和调节胆固醇的功能^[25], 而多不饱和脂肪酸具有抑制血小板凝集、降血压、抗肿瘤和免疫调节作用, 能显著降低动脉粥样硬化和脑血栓等心血管疾病的发病率, 并能提升的肌肉多汁性^[26]。由表 3 可知, 绿鳍马面鲈肌肉粗脂肪含量较低, 但在粗脂肪中含有较高含量的单不饱和脂肪酸(17.88%)和多不饱和脂肪酸(42.50%)。多不饱和脂肪酸含量高于养殖虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)(32.50%)^[27]、细鳞鲑(*Brachymystax lenok*)(35.31%)^[28]、七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)(32.45%)^[29]和棕点石斑鱼(*Epinephelus fuscoguttatus*)(36.19%)^[30]。绿鳍马面鲈肌肉中的脂肪酸含量为: 多不饱和脂肪酸(42.50%)>饱和脂肪酸(32.17%)>单不饱和脂肪酸(17.88%)。由于鱼类的脂肪酸含量取决于不饱和度^[21], 绿鳍马面鲈肌肉的脂肪酸不饱和度为 1.87, 高于大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)(1.49)^[31]、圆斑星鲈(*Verasper variegates*)(1.68)^[32]、点带石斑鱼(*Epinephelus malabaricus*)(1.54)^[24]、牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)(1.11)^[33]、半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis* Günther)(1.17)^[34]和中国花鲈(*Lateolabrax maculatus*)(1.20)^[35]。说明其脂肪质量较好, 相对表中其他经济鱼类具有营养优势。

脂肪酸中, EPA 和 DHA 研究表明, EPA 和 DHA 在促进神经系统视觉系统的发育、防治心血管疾病、抗癌和抗炎等方面具有积极作用和明显疗效, 被称为人和动物生长发育的必需脂肪酸。而本研究中测定的绿鳍马面鲈肌肉脂肪酸中的 EPA, DHA 含量较为突出, 分别为 8.71%、23.78%。与野生红鳍东方鲈(EPA=8.56%±0.68%; DHA=24.22%±0.45%)^[12]基本相同。高于鳊鱼(*Engraulis japonicus*)(EPA=1.88±0.02%; DHA=12.83%±0.06%)^[36]、江鲢(*Lota lota*)(EPA=8.65%±0.78%; DHA=20.32%±0.81%)^[37]、秋刀鱼(*Cololabis saira*)(EPA=5.17%±0.12%; DHA=11.27%±0.12%)^[38]和银鲳(EPA=4.75%±1.25%; DHA=15.95%±0.65%)^[13]等海水经济鱼类。这也进一步证明了绿鳍马面鲈是一种营养丰富的经济鱼类。

3.4 与日本骏河湾绿鳍马面鲈营养成分差异对比

由表 5 可知,在日本骏河湾绿鳍马面鲈肌肉营养成分的测定中,没有提及粗蛋白和粗灰分等一般营养成分,也没有系统阐述全部氨基酸种类与含量^[6],日本学者只汇总了 10 种脂肪酸的含量。与本研究相比较,日本骏河湾绿鳍马面鲈测定的肌肉脂肪酸含量存在少量差异,例如 C14: 0, C16: 1, C17: 0, C20: 4 和 C22: 6 各自存在偏高和偏低的差异,推测出现该结果差异的原因有以下几方面: (1)日本学者在测定肌肉成分时受当时技术限制或测定方法和标准的不同导致结果差异; (2)测定时间较早(日本测定时间为 1995 年)导致与现在的绿鳍马面鲈肌肉营养成分存在差异,这一现象在 1999 年和 2016 年暗纹东方鲀的肌肉氨基酸含量中也有出现^[39-40],各个氨基酸均存在偏高和偏低的误差; (3)取样地点不同,存在种群分化问题,关于这一点,林新耀等^[41]曾指出东海绿鳍马面鲈可分为东海生殖群体和日本生殖群体。其具体原因有待进一步探究。

表 5 黄海海域与日本骏河湾绿鳍马面鲈在 8 月份的脂肪酸含量比较(干物质基础, %)

Tab. 5 Comparison of fatty acid content between *T. septentrionalis* in the Yellow Sea and Suruga Bay in August (DM basis, %)

脂肪酸	日本骏河湾	黄海
C14: 0▶	3.0	0.92
C16: 0▶	21.3	21.35
C16: 1■	11.0	3.39
C17: 0▶	2.6	0.72
C18: 0▶	7.1	8.64
C18: 1■	16.4	13.85
C18: 2★	1.1	2.28
C20: 4★	1.7	5.73
C20: 5★	9.5	8.71
C22: 6★	14.1	23.78

注: ▶. 饱和脂肪酸; ■. 单不饱和脂肪酸; ★. 多不饱和脂肪酸。

4 小结

绿鳍马面鲈肌肉具有高蛋白质(88.6%), 优质蛋白(EAAI=92.20)富含多种必需氨基酸和鲜味氨基酸, 营养丰富, 味道鲜美, 是补充人体营养物质的理想食品来源, 同时具有低脂肪(0.5%)和优质脂肪含量高(DHA23.78%)的特点。因此, 绿鳍马面鲈属于营养

价值和经济价值较高的鱼类, 具有广阔的养殖前景和市场开发潜力, 同时该鱼种目前已经实现了工厂化养殖和人工繁育等, 其市场价格适中, 所以绿鳍马面鲈可作为海鲜市场的大众消费品。

参考文献:

- [1] 丁民权. 东海绿鳍马面鲈群体及其分布[J]. 水产学报, 1994, 18(1): 45-56.
Ding Minquan. On the stocks of filefish *Navodon septentrionalis* and their distributions in the east china sea[J]. Journal of fisheries of China, 1994, 18(1): 45-56.
- [2] 关键, 陈志信, 张家男, 等. 绿鳍马面鲈(*Thamnaconus modestus*)仔、稚鱼生长发育特征研[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(4): 561-566.
Guan Jian, Chen Zhixin, Zhang Jianan, et al. Post-embryonic development of filefish *Thamnaconus modestus*[J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 2011, 42(4): 561-566.
- [3] 郑元甲, 陈卫忠, 刘松, 等. 1992 年绿鳍马面鲈 *Thamnaconus septentrionalis*(Günther) 渔情概况及渔获量波动原因的探讨[J]. 现代渔业信息, 1993, 8(1): 10-12.
Zheng Yuanjia, Chen Weizhong, Liu Song, et al. Overview of the fishing situation and the reasons for fluctuations in catch of *Thamnaconus septentrionalis* (Günther) in 1992[J]. Modern Fisheries Information, 1993, 8(1): 10-12.
- [4] 刘琨, 张乐乐, 张庆文, 等. 绿鳍马面鲈工厂化养殖研究[J]. 渔业现代化, 2017, 44(3): 35-40.
Liu Kun, Zhang Lele, Zhang Qingwen, et al. Study on *Thamnaconus septentrionalis* under industrial aquaculture condition[J]. Fishery Modernization, 2017, 44(3): 35-40.
- [5] Petiagio M J, Ayala M D, Lopez-Albors O, et al. Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Dicentrarchus labrax* L[J]. Aquaculture, 2005, 47(2): 175-188.
- [6] 郑元甲. 日本骏河湾绿鳍马面鲈鱼体成分组成及其季节变化[J]. 海洋渔业, 1995, 1: 40-42.
Zheng Yuanjia. Composition and seasonal changes of *Thamnaconus septentrionalis* in the Surugreek Bay[J]. Marine Fisheries, 1995, 1: 40-42.
- [7] FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. Energy and protein requirements[R]. FAO Nutrition Reports Series, 1973, 52: 40-73.
- [8] 王光亚. 食物成分表(全国代表值)[M]. 北京: 北京人民卫生出版社, 1991: 30-31.
Wang Guangya. Food composition table (National representative value)[M]. Beijing: Beijing People's Medical Publishing House, 1993: 30-31.

- [9] 冯东勋. 必需氨基酸指数(EAAI)在饲料中的应用[J]. 饲料工业, 1997, 18(3): 21-22.
Feng Dongxun. Essential amino acid index (EAAI) in feed application. Feed Industry, 1997, 18(3): 21-22.
- [10] 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 Hongzheng, Sun Zhijing, Zhang Qin, et al. Nutritional components analysis and nutritive value evaluation in *Plectropomus leopardus* muscles[J]. Acta Hydrobiologica Sinica 2014, 38(6): 1168-1172.
- [11] 张年国, 潘桂平, 周文玉, 等. 菊黄东方鲀、暗纹东方鲀及其杂交 F1 代肌肉营养成分的比较分析[J]. 动物学杂志, 2016, 51(4): 633-641.
Zhang Nianguo, Pan Guiping, Zhou Wenyu, et al. Comparative analysis on the muscle nutrient composition of tawny puffer (*Takifugu flavidus*), obscure puffer (*T. obscurus*) and their hybrid F1 generation [J]. Chinese Journal of Zoology, 2016, 51(4): 633-641.
- [12] 于久翔, 高小强, 韩岑, 等. 野生和养殖红鳍东方鲀营养品质的比较分析[J]. 动物营养学报, 2016, 28(9): 2987-2997.
Yu Jiuxiang, Gao Xiaoqiang, Han Cen, et al. Comparative analysis on nutritional quality between wild and cultured *takifugu rubripes*[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2016, 28(9): 2987-2997.
- [13] 徐善良, 王丹丽, 徐继林, 等. 东海银鲷 (*Pampus argenteus*)、灰鲷(*P.cinereus*)和中国鲷(*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.
Xu Shanliang, Wang Danli, Xu Jilin, et al. Analysis and evaluation of nutritional components in muscle of *Pampus argenteus*, *P. cinereus* and *P. Sinensis* from the East China Sea[J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 2012, 43(4): 775-782.
- [14] 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 Aijun, Chen Siqing, Lei Jilin, 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.
- [15] 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[J]. 福建农业学报, 2010, 25(5): 548-553.
Lin Jianbin, Chen Duhuang, Zhu Qingguo, et al. Nutritional quality and composition in flesh of three species of groupers[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2010, 25(5): 548-553.
- [16] 宋理平, 王春生, 冒树泉, 等. 许氏鲆肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 长江大学学报(自科版), 2013, 11: 46-51.
Song Liping, Wang Chunsheng, Mao Shuquan, et al. Nutritional components analysis and nutritive value evaluation of muscles of *Sebastes schlegelii*[J]. Journal of Yangtze University (Natural Science Edition), 2013, 11: 46-51.
- [17] 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 Jianxin, Bing Xuwen, Zhang Chengfeng, et al. Evaluation of nutritional components and quality of *Liza haematocheila* muscle[J]. Progress In Fishery Sciences, 2010, 31(2): 60-66.
- [18] 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): 211-215.
Bing Xuwen, Cai Baoyu, Wang Liping. Evaluation of nutritive quality and nutritional components in *Spinibarbus sinensis* muscle[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2005, 12(2): 211-215.
- [19] 周俊, 宋代军. 赖氨酸营养研究进展[J]. 饲料研究, 2006, 27(8): 48-50.
Zhou Jun, Song Daijun. Research progress in lysine nutrition[J]. Feed Industry, 2006, 27(8): 48-50.
- [20] 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, 1: 80-84.
Yan Ansheng, Xiong Chuanxi, Qian Jianwang, et al. A study on the rate of flesh content of *Siniperca chuatsi* and nutritional quality of the flesh[J]. Journal Huazhong (Central China) Agricultural University, 1995, 1: 80-84.
- [21] 柳学周, 徐永江, 李荣, 等. 黄条鲷(*Seriola aureovittata*)肌肉营养组成分析与评价[J]. 渔业科学进展, 2017, 38(1): 128-135.
Liu Xuezhou, Xu Yongjiang, Li Rong, 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.
- [22] 张昌颖, 李亮, 李昌甫, 等. 生物化学[M]. 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 1988: 305, 561.
Zhang Changying, Li Liang, Li Changfu, et al. Biochemistry[M]. Beijing: Beijing People's Medical Publishing House, 1988: 305, 561.
- [23] Park J, Watanabe T, Endoh K, et al. Taste-active components in a Vietnamese fish sauce[J]. Fisheries Science, 2010, 68(4): 913-920.
- [24] 徐大为, 邢克智, 张树森, 等. 点带石斑鱼的肌肉营养成分分析[J]. 水生态学杂志, 2008, 28(3): 60-62.
Xu Dawei, Xing Kezhi, Zhang Shusen, et al. Analysis of muscular nutrients in *Epinephelus malabaricus*[J]. Reservoir Fisheries, 2008, 28(3): 60-62.
- [25] 王炜, 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.
Wang Wei, Zhang Weimin. Monounsaturated fatty acid functional properties[J]. Food and Nutrition In China, 2005, 4: 44-46.

- [26] 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): 211-215.
Bing Xuwen, Cai Baoyu, Wang Liping. Evaluation of nutritive quality and nutritional components in *Spinibarbus sinensis* Muscle[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2005, 12(2): 211-215.
- [27] Fallah A A, Siavash S S, Nematollahi A. Comparative assessment of proximate composition, physicochemical parameters, fatty acid profile and mineral content in farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2011, 46(4): 767-773.
- [28] 刘洋, 徐革锋, 牟振波, 等. 黑龙江水系细鳞鱼肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 营养学报, 2010, 32(1): 99-100.
Liu Yang, Xu Gefeng, Mou Zhenbo, et al. Evaluation of nutritive quality and nutritional components of the muscle of *Brachymystax lenok*[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2010, 32(1): 99-100.
- [29] 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.
Cheng Bo, Chen Chao, Wang Yingeng, et al. Nutritional components analysis and nutritive value evaluation in *Epinephelus septemfasciatus* muscles[J]. Progress in Fishery Sciences, 2009, 30(5): 51-57.
- [30] 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.
Guo Yongjun, Xing Kezhi, Xu Dawei, et al. Evaluation of nutritive quality and components in muscle of brown-marbled grouper *Epinephelus fuscoguttatus*[J]. Fisheries Science, 2009, 28(11): 635-638.
- [31] 宋理平, 王春生, 曾宪富, 等. 大菱鲆肌肉基本成分分析与营养价值评价[J]. 长江大学学报(自科版), 2013, 33(23): 45-49.
Song Liping, Wang Chunsheng, Zeng Xianfu, et al. Basic components analysis and nutritive value evaluation of *Scophthalmus maximus* muscle[J]. Journal of Yangtze University(Natural Science Edition), 2013, 33(23): 45-49.
- [32] 王远红, 陈四清, 吕志华, 等. 圆斑星鲈的营养成分分析[J]. 营养学报, 2006, 28(3): 271-272.
Wang Yuanhong, Chen Siqing, Lv Zhihua, et al. Analysis of the nutritional components of *Verasper variegates* T.[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2006, 28(3): 271-272.
- [33] 赵侠, 关长涛, 董登攀, 等. 不同生长环境褐牙鲈的外观性状与肌肉营养成分的比较分析[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版)自然科学版, 2014, 44(8): 41-47.
Zhao Xia, Guan Changtao, Dong Dengpan, et al. Comparison of appearances and nutritive components of muscles among cage farmed, industrially cultured and wild *Paralichthys olivaceus*[J]. Periodical of Ocean University of China, 2014, 44(8): 41-47.
- [34] 马爱军, 刘新富, 翟毓秀, 等. 野生及人工养殖半滑舌鲷肌肉营养成分分析研究[J]. 渔业科学进展, 2006, 27(2): 49-54.
Ma Aijun, Liu Xinfu, Zhai Yuxiu, et al. Biochemical composition in muscle of wild and cultivated tongue sole (*Cynoglossus semilaevis* Günther)[J]. Marine Fisheries Research, 2006, 27(2): 49-54.
- [35] 王远红, 吕志华, 高天翔, 等. 中国花鲈与日本花鲈营养成分的研究[J]. 渔业科学进展, 2003, 24(2): 35-39.
Wang Yuanhong, Lv Zhihua, Gao Tianxiang, et al. Research on nutritional components of Lateolabrax sp and *L. japonicus*[J]. Marine Fisheries Research, 2003, 24(2): 35-39.
- [36] 刘海珍, 罗琳, 蔡德陵, 等. 不同生长阶段鳊鱼肌肉营养成分分析与评价[J]. 核农学报, 2015, 29(11): 2150-2157.
Liu Haizhen, Luo Lin, Cai Deling, et al. Analysis and valuation of nutrient components in the muscle of *Engraulis japonicus* at different growth stages[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2015, 29(11): 2150-2157.
- [37] 徐革锋, 王裕玉, 白庆利, 等. 江鳕肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 动物营养学报, 2013, 25(12): 3027-3032.
Xu Gefeng, Wang Yuyu, Bai Qingli, et al. Analysis of nutrient components and evaluation of nutritive quality in muscle of *Lota lota* (Linnaeus)[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2013, 25(12): 3027-3032.
- [38] 叶彬清, 陶宁萍, 王锡昌, 等. 秋刀鱼肌肉营养成分分析及评价[J]. 营养学报, 2014, 36(4): 406-408.
Ye Binqing, Tao Ningping, Wang Xichang, et al. Analysis and evaluation of nutritional composition of *Cololabis saira* Muscle[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2014, 36(4): 406-408.
- [39] 卢敏德, 张纪顺. 对我国 4 种东方鲀营养价值的评价[J]. 中国水产科学, 1999, 6(4): 90-94.
Lu Minde, Zhang Jishun. Nutrition evaluation of 4 Chinese species of Fugu[J]. Journal Of Fishery Sciences Of China, 1999, 6(4): 90-94.
- [40] 张年国, 潘桂平, 周文玉, 等. 菊黄东方鲀、暗纹东方鲀及其杂交 F1 代肌肉营养成分的比较分析[J]. 动物学杂志, 2016, 51(4): 633-641.
Zhang Nianguo, Pan Guiping, Zhou Wenyu, et al. Comparative analysis on the muscle nutrient composition of tawny puffer (*Takifugu flavidus*), obscure puffer (*T. obscurus*) and their hybrid f1 generation[J]. Chinese Journal of Zoology, 2016, 51(4): 633-641.
- [41] 林新濯, 甘金宝, 郑元甲, 等. 绿鳍马面鲀洄游分布的研究[J]. 海洋渔业, 1984(3): 99-108.
Lin Xinzhuo, Gan Jinbao, Zheng Yuanjia, et al. Study on the distribution of *Thamnaconus septentrionalis* migration[J]. Marine Fisheries, 1984(3): 99-108.

Analysis of nutritional composition in the muscle of *Thamnaconus septentrionalis*

XU Da-feng^{1, 2}, LIU Kun^{1, 2}, WANG Peng-fei^{3, 4}, CHANG Qing^{2, 5}, CHEN Si-qing^{2, 5}, BIAN Li^{2, 5}, LIU Chang-lin^{2, 5}, GE Jian-long^{2, 5}

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China; 3. Key Laboratory of Open-Sea Fishery Development, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510300, China; 4. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China; 5. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China)

Received: Dec. 13, 2017

Key words: *Thamnaconus septentrionalis*; muscle; nutritional composition; nutrition evaluation

Abstract: *Thamnaconus septentrionalis* is a type of marine fish species distributed along the coast. This fish has a high market value because of its excellent taste and nutrition. In this study, we analyzed and compared the nutritional composition of the muscles of wild fish using national standard methods to better evaluate its nutritional value and edibility. The contents of moisture, crude protein, crude fat, and ash in the fresh muscle of *T. septentrionalis* were calculated as 75.47%, 17.88%, 6.15%, and 0.55%, respectively. Seventeen types of amino acids were found in the muscle of *T. septentrionalis*, which included seven types of essential amino acids (the average content: 35.7%), and the proportion of EAA to TAA was 41.8%. Four types of delicious amino acids (the average content: 34.33%) were found in the muscle, and the proportion of DAA to TAA was 38.74%. These results were in good agreement with the ideal protein standard suggested by the Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization (FAO/WHO). The crude fat content was lower in the dry muscle of *T. septentrionalis* than in other fish species, which included 25 types of fatty acids (7 types of saturated fatty acids and 18 types of unsaturated fatty acids). The contents of C20: 5 ω 3 (EPA) and C22: 6 ω 3 (DHA) in the dry muscle were 8.71% and 23.78%, respectively, which guaranteed good taste and high nutritional value. According to the amino acid score (AAS) and the chemical score (CS), the first and the second restriction amino acids of the fish were Met+Cys and Val, respectively, and the essential amino acid index (EAAI) of *T. septentrionalis* was 92.20, which was higher than that of the majority of fish species. Furthermore, the high level of minerals found in the muscle could be of great benefit for human metabolism and health. Thus, *T. septentrionalis* can certainly be considered as a good protein source for humans. Therefore, it should be a promising candidate fish species for large-scale aquaculture in the near future.

(本文编辑: 谭雪静)