

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20210514002

http://www.yykxjz.cn/

李晋祯, 郑惠娜, 任鼎鼎, 杨文, 曹文红, 林海生, 秦小明, 章超桦. 2种塔形马蹄螺肌肉营养成分分析与品质评价. 渔业科学进展, 2022, 43(4): 199–207

LI J Z, ZHENG H N, REN D D, YANG W, CAO W H, LIN H S, QIN X M, ZHANG C H. Analysis and quality evaluation of nutrient components in the muscles of *Tectus pyramis*. Progress in Fishery Sciences, 2022, 43(4): 199–207

## 2种塔形马蹄螺肌肉营养成分分析与品质评价\*

李晋祯<sup>1</sup> 郑惠娜<sup>1,2,3,4</sup> 任鼎鼎<sup>1</sup> 杨文<sup>1</sup> 曹文红<sup>1,2,3,4</sup>  
林海生<sup>1,2,3,4</sup> 秦小明<sup>1,2,3,4</sup> 章超桦<sup>1,2,3,4</sup>

(1. 广东海洋大学食品科技学院 广东 湛江 524088; 2. 广东海洋大学深圳研究院 广东 深圳 518108;  
3. 国家贝类加工技术研发分中心(湛江) 广东省水产品加工与安全重点实验室 广东省海洋生物制品工程实验室  
广东 湛江 524088; 4. 海洋食品精深加工关键技术省部共建协同创新中心 大连工业大学 辽宁 大连 116034)

**摘要** 为分析深圳大鹏湾和海南琼海塔形马蹄螺(*Tectus pyramis*)的营养成分与品质,采用国标法检测了2种塔形马蹄螺肌肉的基本营养成分、氨基酸组成、脂肪酸组成及部分矿物元素含量,氨基酸评价采用氨基酸评分、化学评分和必需氨基酸指数方法。结果显示,海南琼海捕捞的塔形马蹄螺肌肉灰分含量显著高于深圳大鹏湾海域,其他基本营养成分无显著差异( $P>0.05$ );深圳大鹏湾和海南琼海塔形马蹄螺肌肉总氨基酸含量分别为(18.45±0.13)和(18.83±0.03) g/100g,必需氨基酸含量均高于27%,支链氨基酸含量超过13%,鲜味氨基酸含量为55%。2种塔形马蹄螺肌肉多不饱和脂肪酸含量均>48%,其中,深圳大鹏湾塔形马蹄螺亚油酸、 $\alpha$ -亚麻酸、二十碳五烯酸(EPA)、二十二碳六烯酸(DHA)含量显著高于海南琼海海域,且DHA+EPA含量高达11.79%。检测的3种矿物元素中,含量最高的均是常量元素钙(Ca),微量元素铁(Fe)次之,最低的是微量元素锌(Zn),且海南琼海塔形马蹄螺肌肉的Ca和Zn含量显著高于深圳大鹏湾海域。研究表明,2种塔形马蹄螺蛋白含量高,多不饱和脂肪酸含量丰富,肌肉营养价值高,具有很大的开发潜力,研究数据为进一步开发利用岛礁海域新型螺类食品提供参考。

**关键词** 塔形马蹄螺; 营养组分; 氨基酸; 脂肪酸; 矿物元素; 品质评价  
**中图分类号** S963 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2022)04-0199-09

塔形马蹄螺(*Tectus pyramis*)是一种珍贵的海洋软体动物,属软体动物门(Mollusca)、腹足纲(Gastropoda)、前鳃亚纲(Prosobranchia)、原始腹足目

(Archaeogastropoda)、马蹄螺科(Trochidae) (Shi *et al.*, 2019),广泛分布于中国深圳大鹏湾、海南琼海、西沙和南沙群岛的珊瑚礁生态系统中(黄景等, 2020),

\* 广东省现代农业产业技术体系创新团队项目(2021 KJ146)、财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系资助项目、深圳市大鹏新区科技创新和产业发展专项资金资助项目(KJYF202101-07)和国家重点研发计划“蓝色粮仓科技创新”重点专项(2020YFD091102)共同资助 [This work was supported by the Guangdong Province Modern Agricultural Industry Technology System Innovation Team Construction Project (2021KJ146), China Agriculture Research System of MOF and MARA, Special Funds for Science Technology Innovation and Industrial Development of Shenzhen Dapeng New District (KJYF202101-07), and the National Key Research and Development Program “Blue Granary Technology Innovation” Key Special Project (2020YFD091102)]. 李晋祯, E-mail: lijzgdou@163.com

① 通信作者: 郑惠娜, 教授, E-mail: zhenghn@gdou.edu.cn

收稿日期: 2021-05-14, 收修改稿日期: 2021-06-07

以藻类为食,主要生活在暖水区潮间带下区至海水深度约 10 m 的浅海岩石或珊瑚礁上(李芳远等, 2008)。塔形马蹄螺肌肉肉质鲜美,营养价值高,其贝壳可作装饰,贝壳粉可作药用或喷漆辅料(陈傅晓等, 2015)。塔形马蹄螺是南方沿海重要的经济贝类,在水产养殖和礁石生态系统中都发挥着重要作用。

近年来,塔形马蹄螺研究主要集中在群体遗传结构及多样性(黄景等, 2020)、生殖系统组织学(李芳远等, 2008)、食性分析(周天成等, 2020)等方面,对其营养成分分析及品质评价尚未见报道。国内仅见海南省海洋与渔业科学院一直进行的塔形马蹄螺人工育苗相关研究,但关于塔形马蹄螺的人工催产、苗种繁殖、生长发育等技术仍待进一步优化及完善(陈傅晓等, 2015)。此外,深圳大鹏湾的海域渔业资源非常丰富,是深圳市目前最重要的海水增殖区之一(庄晓珊等, 2018)。本研究团队在深圳大鹏湾和海南琼海 2 个不同的海域珊瑚礁附近发现塔形马蹄螺资源,为了进一步的合理开发利用,本研究通过对深圳大鹏湾和海南琼海的塔形马蹄螺肌肉进行营养成分分析及品质评价比较,分析 2 种不同海域塔形马蹄螺的营养价值,以期为进一步开发利用岛礁螺类海洋食品提供参考,同时,对塔形马蹄螺水产养殖产业起到积极的促进作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

塔形马蹄螺分别于广东省深圳大鹏湾和海南省琼海 2 个海域的珊瑚礁上采集,采样时间为 2020 年 10 月,采样个体高约 5.7~6.0 cm,宽约 5.0~5.5 cm,样品冰鲜状态下运至广东海洋大学国家贝类加工技术研发分中心(湛江),用蒸馏水清洗去壳后的肌肉,置于-80℃冰鲜贮藏备用。

### 1.2 营养成分的测定

根据食品安全国家标准方法对塔形马蹄螺肌肉基本营养成分进行测定,其中,水分含量根据 GB 5009.3-2016 中直接干燥法进行测定,粗灰分含量根据 GB 5009.4-2016 中的食品中总灰分的测定进行,粗蛋白含量根据 GB 5009.4-2016 中凯氏定氮法进行测定,粗脂肪含量根据 GB 5009.6-2016 中的酸水解法进行测定,总糖含量根据 GB 5009.8-2016 中酸水解-莱因-埃农氏法进行测定。

氨基酸组成及含量参考 GB 5009.124-2016 中的酸水解法,使用氨基酸分析仪(日立 LA8080,日本)

测定肌肉中 16 种氨基酸含量。脂肪酸组成及含量参考 GB 5009.168-2016 中的外标法,使用安捷伦气相色谱仪(Agilent GC 7820A)测定肌肉中 16 种脂肪酸含量。矿物元素参考 GB 5009.268-2016,其中,微量元素 Fe 和 Zn 含量使用安捷伦电感耦合等离子体质谱仪(Agilent 7900 型 ICP-MS)进行测定,常量元素 Ca 含量使用电感耦合等离子体发射光谱仪(Agilent 725 型 ICP-OES)。

### 1.3 塔形马蹄螺肌肉氨基酸品质评价方法

氨基酸的品质评价根据联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)提出的氨基酸计分模式以及中国预防医学科学营养与食品卫生研究所提出的鸡蛋蛋白模式进行(邹朝阳等, 2019)。氨基酸评分(amino acid score, AAS)、化学评分(chemical score, CS)和必需氨基酸指数(EAAI)根据公式(1)、(2)、(3)进行计算。

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

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

EAAI =

$$\sqrt[n]{\left(\frac{aa_1}{AA(egg)_1} \times 100\right) \left(\frac{aa_2}{AA(egg)_2} \times 100\right) \cdots \left(\frac{aa_n}{AA(egg)_n} \times 100\right)} \quad (3)$$

式中, aa 为马蹄螺肌肉每克蛋白质某种氨基酸含量(mg/g), AA(FAO/WHO)为 FAO/WHO 标准模式中对应 aa 的同种氨基酸含量(mg/g), AA(egg)为全鸡蛋蛋白中对应 aa 的同种氨基酸含量(mg/g), n 为参与计算的必需氨基酸总个数, aa<sub>n</sub> 为马蹄螺肌肉每克蛋白质各种必需氨基酸含量(mg/g), AA(egg)<sub>n</sub> 为全鸡蛋蛋白中相对应的必需氨基酸含量(mg/g)。

### 1.4 数据统计

采用 Excel 2019 软件进行数据统计,结果使用平均值±标准差(Mean±SD)表示,两组间的显著性差异分析采用 SPSS 26.0 软件独立样本 t 检验。

## 2 结果

### 2.1 基本营养成分

由表 1 可知,海南琼海采集的塔形马蹄螺肌肉灰分含量显著高于深圳大鹏湾采集的( $P < 0.05$ ),肌肉中粗蛋白含量略高于深圳大鹏湾采集的( $P < 0.05$ ),水分含量和粗脂肪含量与深圳大鹏湾采集的样品相比无显著性差异( $P > 0.05$ ),2 种海湾采集的马蹄螺肌肉

中的总糖含量均低于 0.24%。

## 2.2 氨基酸组成及营养价值评价

在深圳大鹏湾、海南琼海 2 个不同海域采集到的塔形马蹄螺肌肉中, 均能检测出 16 种氨基酸(表 2), 氨基酸总含量分别为(18.45±0.13)和(18.84±0.03) g/100 g, 总必需氨基酸含量分别占总氨基酸含量的 27.53%和 28.63%, 2 种塔形马蹄螺肌肉的亮氨酸含量既是必需氨基酸中含量最高的, 也是支链氨基酸中含量最高的, 且总支链氨基酸分别占总氨基酸含量的均高于 13%, 总鲜味氨基酸含量均占总氨基酸含量的 55%以上。在测定的 16 种氨基酸中, 深圳大鹏湾和海南琼海的塔形马蹄螺肌肉中谷氨酸含量最多, 分别为(3.15±0.03)和(3.28±0.02) g/100 g, 而组氨酸的含量最低。

按照氨基酸评分标准, 将表 2 中的氨基酸含量换算成每克蛋白质中氨基酸含量(mg/g), 如表 3 所示, 深圳大鹏湾和海南琼海塔形马蹄螺肌肉中 EAA 的 AAS、CS 和 EAAI 相接近。根据 AAS 和 CS 可以得知, 2 种塔形马蹄螺肌肉中苏氨酸评分最高, 其中

AAS 均>1, CS 均>0.85, 而 2 种马蹄螺肌肉的第一限制氨基酸都是苯丙氨酸+酪氨酸, 第二限制氨基酸都是蛋氨酸+半胱氨酸, 其他氨基酸得分较为均衡。

表 1 2 种塔形马蹄螺肌肉中常规营养成分含量比较(湿基, %)

Tab.1 Comparison of the contents of basic nutrients in the muscle of two species of *T. pyramis* (wet basis, %)

营养成分 Basic nutrients/%	塔形马蹄螺肌肉 Muscle of <i>T. pyramis</i>	
	深圳大鹏湾 Mirs Bay	海南琼海 Qionghai
粗蛋白 Crude protein	19.13±0.21	20.14±0.81
粗脂肪 Crude fat	0.70±0.01	0.72±0.02
粗灰分 Crude ash	1.60±0.02	2.28±0.38*
水分 Moisture	75.94±0.12	75.60±0.35
总糖 Total carbohydrate	<0.24	<0.24

注: 同行数据肩标\*表示差异显著( $P<0.05$ ), 下同。

Note: \*Superscript asterisk in the same line indicate significant differences ( $P<0.05$ ), the same as below.

表 2 2 种塔形马蹄螺肌肉中氨基酸组成及含量比较

Tab.2 Comparison of amino acid composition and content in muscle of two species of *T. pyramis*

营养学分类 Nutritional classification	氨基酸组成 Composition of amino acids	氨基酸含量 Amino acid content/(g/100 g)	
		深圳大鹏湾 Mirs Bay	海南琼海 Qionghai
必需氨基酸 Essential amino acid	苏氨酸 Thr	0.79±0.02	0.81±0.01
	缬氨酸 Val <sup>##</sup>	0.66±0.01	0.69±0.01*
	蛋氨酸 Met	0.36±0.03	0.41±0.01*
	异亮氨酸 Ile <sup>##</sup>	0.58±0.01	0.61±0.01*
	亮氨酸 Leu <sup>##</sup>	1.20±0.02	1.29±0.02*
	苯丙氨酸 Phe	0.54±0.00	0.57±0.01*
	赖氨酸 Lys	0.97±0.03	1.02±0.03
条件必需氨基酸 Conditionally essential amino acid	组氨酸 His	0.26±0.01*	0.22±0.01
	精氨酸 Arg <sup>#</sup>	1.81±0.01	1.83±0.00*
非必需氨基酸 Nonessential amino acid	天冬氨酸 Asp <sup>#</sup>	1.87±0.02	1.94±0.02*
	丝氨酸 Ser	0.98±0.03	0.97±0.00
	谷氨酸 Glu <sup>#</sup>	3.15±0.03	3.28±0.02*
	甘氨酸 Gly <sup>#</sup>	2.34±0.01	2.25±0.09
	丙氨酸 Ala <sup>#</sup>	1.23±0.01	1.24±0.00
	酪氨酸 Tyr	0.55±0.01	0.56±0.01
	脯氨酸 Pro	1.21±0.02	1.17±0.04
总氨基酸 TAA		18.45±0.13	18.83±0.03*
总必需氨基酸 EAA		5.08±0.04	5.39±0.09*
总鲜味氨基酸 DAA		10.39±0.04	10.53±0.06*
总支链氨基酸 BCAA		2.43±0.03	2.59±0.04*

注: #为鲜味氨基酸, ##为支链氨基酸。

Note: # is delicious amino acids, ## is branched-chain amino acids.

表3 2种塔形马蹄螺肌肉中AAS、CS、EAAI比较  
Tab.3 Comparison of AAS, CS, and EAAI in muscle of two species of *T. pyramis*

类型 Types	评分指标 Scoring index	必需氨基酸 Essential amino acid						
		Ile	Leu	Lys	Met+Cys	Phe+Tyr	Thr	Val
联合国粮农组织/世界卫生组织 FAO/WHO	含量 Content /(mg/g)	40.00	70.00	55.00	35.00	60.00	40.00	50.00
全鸡蛋蛋白质 Egg protein	含量 Content /(mg/g)	54.00	86.00	70.00	57.00	93.00	47.00	66.00
深圳大鹏湾塔形马蹄螺 <i>T. pyramis</i> in Mirs Bay	蛋白质中的氨基酸含量 Amino acid content in protein /(mg/g)	30.32	62.73	50.71	18.82	28.23	41.30	34.50
	氨基酸评分 AAS	0.76	0.90	0.92	0.54 <sup>##</sup>	0.33 <sup>#</sup>	1.03	0.69
	化学评分 CS	0.56	0.73	0.72	0.33 <sup>##</sup>	0.30 <sup>#</sup>	0.88	0.52
	必需氨基酸指数 EAAI				54.15			
海南琼海塔形马蹄螺 <i>T. pyramis</i> in Qionghai	蛋白质中的氨基酸含量 Amino acid content in protein /(mg/g)	30.29	64.05	50.65	20.36	28.30	40.22	34.26
	氨基酸评分 AAS	0.76	0.92	0.92	0.58 <sup>##</sup>	0.47 <sup>#</sup>	1.01	0.69
	化学评分 CS	0.56	0.74	0.72	0.36 <sup>##</sup>	0.30 <sup>#</sup>	0.86	0.52
	必需氨基酸指数 EAAI				54.67			

注：<sup>#</sup>为第一限制性氨基酸，<sup>##</sup>为第二限制性氨基酸。

Note: <sup>#</sup> is first limiting amino acid, <sup>##</sup> is second limiting amino acid.

### 2.3 脂肪酸组成

从表4可以得知，2种塔形马蹄螺肌肉中均检测出16种脂肪酸，脂肪酸的组成中含有5种饱和脂肪酸(SPF)、2种单不饱和脂肪酸(MUFA)和9种多不饱和脂肪酸(PUFA)。在2种塔形马蹄螺肌肉脂肪酸组成中，C16:0既是SPF中含量最高的，也是总脂肪酸含量最高的，C16:0含量为海南琼海塔形马蹄螺>深圳大鹏湾塔形马蹄螺( $P<0.05$ )。C18:1是MUFA中含量最高，C18:1含量为深圳大鹏湾塔形马蹄螺>海南琼海塔形马蹄螺( $P<0.05$ )。C20:4是PUFA中含量最高的，C20:4含量为海南琼海塔形马蹄螺>深圳大鹏湾塔形马蹄螺( $P<0.05$ )。此外，深圳大鹏湾和海南琼海塔形马蹄螺肌肉PUFA分别占总脂肪酸的49.72%和48.25%，EPA分别占PUFA的9.07%和6.32%，DHA分别占PUFA的2.73%和1.53%，EPA+DHA含量为深圳大鹏湾塔形马蹄螺>海南琼海塔形马蹄螺( $P<0.05$ )。

### 2.4 主要矿物元素含量

由图1可知，2种不同海湾捕捞的塔形马蹄螺肌肉所含的3种主要矿物元素中，含量最高的均是常量元素Ca，微量元素Fe次之，最低的是微量元素Zn。其中，深圳大鹏湾塔形马蹄螺肌肉的Ca含量显著高于海南琼海塔形马蹄螺( $P<0.05$ )；深圳大鹏湾塔形马蹄螺肌肉的Zn含量显著低于海南琼海塔形马蹄螺( $P<0.05$ )；深圳大鹏湾塔形马蹄螺肌肉的Zn含量显著高于海南琼海塔形马蹄螺( $P<0.05$ )。

表4 2种塔形马蹄螺肌肉中脂肪酸含量比较

Tab.4 Comparison of fatty acid content in muscle of two species of *T. pyramis*

脂肪酸组成 Fatty acid composition	脂肪酸含量 Fatty acid content /(mg/100 g)	
	深圳大鹏湾 Mirs Bay	海南琼海 Qionghai
豆蔻酸 C14:0	10.40±0.00*	9.84±0.16
十五烷酸 C15:0	6.11±0.01	7.83±0.10*
棕榈酸 C16:0	144.50±0.50	153.50±2.50*
十七烷酸 C17:0	24.20±0.10	25.35±0.35*
硬脂酸 C18:0	56.75±0.15*	53.20±1.10
棕榈一烯酸 C16:1	6.61±0.01	4.84±0.15
油酸 C18:1 n-9	81.65±0.45*	75.45±1.15
亚油酸 C18:2 n-6	23.90±0.20*	18.95±0.35
$\alpha$ -亚麻酸 C18:3 n-3	7.94±0.11*	4.80±0.08
二十碳二烯酸 C20:2	3.50±0.01	3.69±0.10*
二十二碳二烯酸 C22:2	57.55±0.35*	52.65±1.25
花生四烯酸 C20:4 n-6	110.50±1.50	119.00±2.00*
二十二碳四烯酸 C22:4	36.00±0.40	42.40±0.08*
二十碳五烯酸 EPA C20:5 n-3	29.60±0.50*	19.45±0.25
二十二碳五烯酸 DPA C22:5 n-3	47.60±0.77	42.05±0.85*
二十二碳六烯酸 DHA C22:6 n-3	8.90±0.15*	4.70±0.08
饱和脂肪酸 SFA	241.96±0.75	249.72±4.21*
单不饱和脂肪酸 MUFA	88.26±0.44*	80.29±1.30
多不饱和脂肪酸 PUFA	326.49±3.92*	307.69±11.07

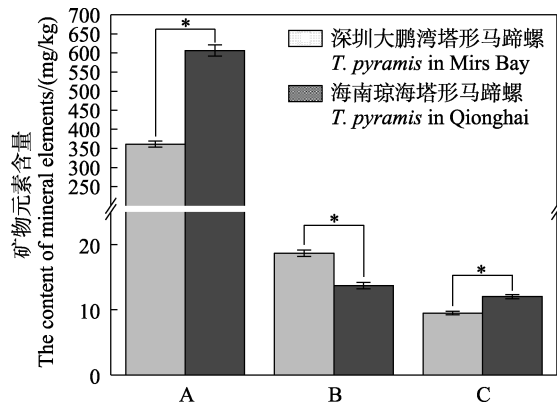


图1 2种塔形马蹄螺肌肉中矿物元素含量比较

Fig.1 Comparison of the contents of mineral elements in the muscle of two species of *T. pyramis*

A: 钙; B: 铁; C: 锌; 同种矿物元素中

\*表示差异显著( $P < 0.05$ )。

A: Calcium; B: Iron; C: Zinc; \* in the same mineral elements indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

### 3 讨论

#### 3.1 基本营养成分分析

肌肉作为塔形马蹄螺的可食用部位,其粗蛋白和粗脂肪含量及种类是螺类品质评价的重要因素。本研究测得2种马蹄螺的肌肉粗蛋白、粗脂肪含量均高于管角螺(*Hemifusus tuba* Gmelin)(周爽男等, 2018)、香螺(*Neptunea arthritica cumingii*)(郝振林等, 2016)、中华园田螺(*Cipangopaludina cathayensis*)(薛飞等, 2021),与海水经济贝类扁玉螺(*Nevertia didyma* Roding)(刘慧慧等, 2013)较为接近。粗蛋白含量均高于岩扇贝(*Crassadoma gigantea*)、虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis*)、海湾扇贝(*Argopecten irradians*)、栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)4大海水经济贝类,而粗脂肪含量均低于四者(曹善茂等, 2016)。鸡蛋是公认的优质蛋白质健康食品,其蛋白质含量为12.84%,因此,鸡蛋是优质营养成分的对照品(葛庆联等, 2013)。本研究中的2种塔形马蹄螺肌肉粗蛋白含量均高于鸡蛋。蛋白质数量丰富、质量良好的食物有畜、禽、鱼、肉、奶类、大豆等,其蛋白质含量一般为10%~20%(孙远明等, 2010),深圳大鹏湾和海南琼海马蹄螺肌肉粗蛋白含量分别占总营养组成的19.13%和20.14%,属良好的蛋白质来源。此外,2种塔形马蹄螺具有海洋经济贝类高蛋白、低脂肪的营养特点,且营养丰富,是人类摄取海洋水产蛋白的优质来源。

#### 3.2 氨基酸组成及营养价值评价

氨基酸组成及含量是决定优质蛋白质的重要因

素之一,氨基酸可分为必需氨基酸、条件必需氨基酸和非必需氨基酸。在深圳大鹏湾和海南琼海捕捞的塔形马蹄螺肌肉中,Leu和Lys必需氨基酸含量接近FAO/WHO标准模式推荐的含量,且Thr必需氨基酸含量大于FAO/WHO标准模式推荐的含量。支链氨基酸是指在 $\alpha$ -碳原子上含有分支脂肪烃链的中性氨基酸,包括Leu、Ile和Val的一类必需氨基酸(Loftfield *et al.*, 1956),具有合成机体蛋白质、诱导细胞凋亡(Silva *et al.*, 2017)、预防肝损伤(Eguchi *et al.*, 2021)、抑制巨噬细胞吞噬活性(Bonvini *et al.*, 2021)等生理功能。深圳大鹏湾与海南琼海塔形马蹄螺肌肉的总支链氨基酸只占总氨基酸含量的13.17%和13.75%,但占总必需氨基酸含量的47.83%和48.02%,说明2种马蹄螺氨基酸的营养价值丰富,必需氨基酸含量丰富,是人类补充优质氨基酸的重要来源。

Leu作为支链氨基酸中唯一的生酮氨基酸,对海洋动物的营养支持及生理作用至关重要(张圆等, 2020),作为一种功能性氨基酸,其在机体内参与蛋白质合成、能量代谢和葡萄糖平衡等多种生理活动(Lynch *et al.*, 2014),与海洋动物的生长密切相关。Lys是谷物中第一限制氨基酸,长期以谷物为主食的膳食者会造成赖氨酸缺乏,不利于人体对蛋白质的利用率,进而导致食欲衰退、代谢紊乱、多种酶活性降低等(高娅俊等, 2015)。而2种塔形马蹄螺肌肉的Leu、Lys含量丰富,AAS评分均超过0.90,CS评分均超过0.70,可促进人体的生理活动,提高人体对蛋白质利用率。

水产动物所具有的鲜味氨基酸可使其呈现出独特的风味。在深圳塔形马蹄螺和海南塔形马蹄螺肌肉检测出的5种鲜味氨基酸,分别占总氨基酸含量的56.29%和55.90%,2种马蹄螺的鲜味氨基酸含量比较接近,但均高于中华园田螺(48.12%)(薛飞等, 2021)、西施舌(*Coelomactra antiquata*)(44.77%)(孟学平等, 2007)、栉孔扇贝((41.44%)(李晓英等, 2010)和莱氏拟乌贼(*Sepioteuthis lessoniana*)(25.02%)(王峥等, 2020)。由此可知,2种塔形马蹄螺的鲜味氨基酸总量较高,味道鲜美,食用价值较高。

经过氨基酸的品质评价,得知2种塔形马蹄螺对人体营养吸收的主要限制氨基酸为Phe、Tyr、Met和Cys,在塔形马蹄螺食品加工工业中,可以针对性添加这些限制氨基酸,以完善该水产食品的营养价值。

#### 3.3 脂肪酸组成及营养价值评价

由于饱和脂肪酸的摄入,肥胖已成为发达国家以

及越来越多的发展中国家的一种普遍现象,肥胖是多种疾病的危险因素,如糖尿病、心血管病、脂肪性肝炎、某些癌症以及精神健康疾病等(Sergi *et al.*, 2020)。深圳大鹏湾和海南琼海塔形马蹄螺肌肉含有 5 种饱和脂肪酸(SFA),分别占总脂肪酸 36.84%和 39.16%,均低于中华园田螺的饱和脂肪酸含量(43.80%)(薛飞等, 2021),与大目金枪鱼(*Thunnus obesus*)(35.33%)(周胜杰等, 2021)相接近,但高于黑尾近红鲷(*Ancherythroculter nigrocauda*)(23.06%)和翘嘴鲌(*Erythroculter ilishaeformis*)(24.38%)(王贵英等, 2021)。尽管塔形马蹄螺肌肉饱和脂肪酸高于一些鱼类,但其粗脂肪含量均低于 0.75%,脂肪酸总量较低,可以在减少脂肪酸尤其是饱和脂肪酸摄入的同时补充蛋白质。

亚油酸和  $\alpha$ -亚麻酸是人体必需脂肪酸,其可以合成花生四烯酸、EPA、DHA,但由于在合成过程中存在竞争抑制作用,合成量远小于机体生理需要(孙远明等, 2010),因此,需要从食物中获得足够的必需脂肪酸。此外,在膳食中缺乏 PUFA 会导致自闭症、注意力缺陷或多动症等神经发育障碍的发生(Martins *et al.*, 2020),而富含 DHA 和 EPA 的 PUFA 具有防治心血管疾病、预防糖尿病、抗癌症等多种生理活性(Manson *et al.*, 2019; Mozaffari *et al.*, 2020)。深圳大鹏湾和海南琼海塔形马蹄螺肌肉 PUFA 分别占总脂肪酸的 49.72%和 48.25%,其中, DHA+EPA 占总脂肪酸含量 11.79%和 7.85%,较黄鳍鲷(*Acanthopagrus latus*)(21.17%)低(王霞等, 2019),但远高于鲫鱼(*Carassius auratus*)(4.17%)、罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)(3.21%)等淡水草鱼(盛晓风等, 2016),这是因为海洋动物的脂质在低温下具有流动性,富含 PUFA 和非三酰甘油,与陆生动物的脂质差异较大(章超桦等, 2018),PUFA 中的 DHA 和 EPA 含量高于淡水动物,甚至相同物种在海水环境中养殖,其 PUFA 含量也显著高于淡水环境养殖(许建和等, 2010)。由此可见,2 种塔形马蹄螺的 PUFA 是优质膳食的脂肪酸,是人们补充 EPA、DHA 的理想选择。

### 3.4 主要矿物元素含量

矿物元素是构成机体组织的重要物质,基于在体内的含量和人体需要量的不同,可分为人体必需的常量元素和微量元素(孙远明等, 2010)。常量元素 Ca 对人体的健康发育有着重要的作用,参与骨骼矿化、神经元传递、细胞内信号传导等生理功能(Beggs *et al.*, 2017)。微量元素可参与人体新陈代谢及各种生命活动,是人体所必需的营养元素(王继隆等, 2019),也是人体需求量最多的微量元素(刘胜男等, 2021)。2 种

塔形马蹄螺肌肉含量最高的常量元素均为 Ca,微量元素均为 Fe。与深圳大鹏湾塔形马蹄螺相比,海南琼海塔形马蹄螺肌肉中的 Ca 和 Zn 含量较高。研究表明,2 种塔形马蹄螺肌肉中矿物元素含量丰富,能较好的满足人体对矿物元素的需要。

## 4 结论

综上所述,深圳大鹏湾和海南琼海塔形马蹄螺在主要的营养成分、氨基酸组成及含量、脂肪酸组成及含量上虽有所差异,但 2 种塔形马蹄螺粗蛋白含量均较高、粗脂肪含量较低,具有海洋经济贝类的营养组成特点,氨基酸组成全面且均衡,其中 5 种鲜味氨基酸含量均高于 55%,味道鲜美,在较低含量的脂肪中 EPA+DHA 占比高,可食用价值高,具有规模化养殖与产品开发的潜力。

## 参 考 文 献

- BEGGS M R, ALEXANDER R T. Intestinal absorption and renal reabsorption of calcium throughout postnatal development. *Experimental Biology and Medicine*, 2017, 242(8): 840–849
- BONVINI A, ROGERO M M, COQUEIRO A Y, *et al.* Effects of different branched-chain amino acids supplementation protocols on the inflammatory response of LPS-stimulated RAW 264.7 macrophages. *Amino Acids*, 2021, 53(4): 597–607
- CAO S M, WANG H, CHEN W, *et al.* Analysis, evaluation and comparison of nutritive composition in rock scallop *Crassadoma gigantean* with three Chinese scallops. *Journal of Dalian Ocean University*, 2016, 31(5): 544–550 [曹善茂, 王昊, 陈炜, 等. 岩扇贝闭壳肌营养成分的分析及与中国 3 种扇贝的比较. *大连海洋大学学报*, 2016, 31(5): 544–550]
- CHEN F X, PU L Y, ZENG G Q, *et al.* Study on the induced breeding techniques of *Trochus pyramis* Born. *Fishery Modernization*, 2015, 42(6): 11–15 [陈傅晓, 蒲利云, 曾关琼, 等. 塔形马蹄螺人工繁育技术研究. *渔业现代化*, 2015, 42(6): 11–15]
- EGUCHI A, IWASA M, TAMAI Y, *et al.* Branched-chain amino acids protect the liver from cirrhotic injury via suppression of activation of lipopolysaccharide-binding protein, toll-like receptor 4, and signal transducer and activator of transcription 3, as well as *Enterococcus faecalis* translocation. *Nutrition*, 2021, 86: 111194
- GAO Y J, ZHANG X, Deng J M. Research progress in lysine requirement for fish. *Feed Industry*, 2015, 36(24): 35–39 [高娅俊, 张曦, 邓君明. 鱼类赖氨酸营养生理研究进展. *饲料工业*, 2015, 36(24): 35–39]
- GE Q L, GAO Y S, PU J H, *et al.* Comparison of some nutrition

- constituents of eggs from different breeds. *China Poultry*, 2013, 35(11): 28–30, 36 [葛庆联, 高玉时, 蒲俊华, 等. 不同品种鸡蛋部分营养成分比较分析. *中国家禽*, 2013, 35(11): 28–30, 36]
- HAO Z L, WANG Y, YU Y Y, *et al.* Analysis and evaluation of nutritive composition in the muscle of neptunea *Arthritica cumingii* crosse (Gastropoda: Buccinidae). *Journal of Dalian University*, 2016, 37(6): 66–70 [郝振林, 王煜, 于洋洋, 等. 香螺肌肉营养成分分析及评价. *大连大学学报*, 2016, 37(6): 66–70]
- HUANG J, OU Z K, Guang W, *et al.* Genetic structure and diversity analysis of three natural populations of *Tectus pyramis* based on specific locus amplified fragment sequencing. *Journal of Tropical Oceanography*, 2020, 39(5): 1–18 [黄景, 欧泽奎, 刘文广, 等. 基于 SLAF 测序分析 3 个塔形马蹄螺群体的遗传结构和多样性. *热带海洋学报*, 2020, 39(5): 1–18]
- LI F Y, FENG Y Q, WU H L, *et al.* Histological studies on reproductive system of male in *Trochus pyramis* Born. *Journal of Hainan University (Natural Science)*, 2008(2): 153–156 [李芳远, 冯永勤, 吴洪流, 等. 塔形马蹄螺雄性生殖系统的组织学研究. *海南大学学报(自然科学版)*, 2008(2): 153–156]
- LI X Y, LI Y, ZHOU S Q, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional composition in two freshwater fingersnails. *Food Science*, 2010, 31(13): 276–279 [李晓英, 李勇, 周淑青, 等. 两种淡水螺肉的营养成分分析与评价. *食品科学*, 2010, 31(13): 276–279]
- LIU H H, XU M Y, WU C W. Evaluation of nutritional composition in *Nevertia didyma* and *Natica vitellus* from Zhoushan Sea area. *Food Science*, 2013, 34(5): 228–231 [刘慧慧, 徐梅英, 吴常文. 舟山海域扁玉螺和玉螺食用价值评估. *食品科学*, 2013, 34(5): 228–231]
- LIU S N, WANG S Y, CAO R, *et al.* Nutritional composition analysis and quality evaluation of different sizes of *Ammodytes personatus*. *Progress in Fishery Sciences*, 2022, 43(1): 188–194 [刘胜男, 王善宇, 曹荣, 等. 不同规格玉筋鱼的营养分析与评价. *渔业科学进展*, 2022, 43(1): 188–194]
- LOFTFIELD R B, HARRIS A. Participation of free amino acids in protein synthesis. *Journal of Biological Chemistry*, 1956, 219(1): 151–59
- LYNCH C J, ADAMS S H. Branched-chain amino acids in metabolic signalling and insulin resistance. *Nature Reviews Endocrinology*, 2014, 10(12): 723–736
- MANSON J E, COOK N R, LEE I M, *et al.* Marine n-3 fatty acids and prevention of cardiovascular disease and cancer. *The New England Journal of Medicine*, 2019, 380(1): 23–32
- MARTINS B P, BANDARRA N M, FIGUEIREDO-BRAGA M. The role of marine omega-3 in human neurodevelopment, including autism spectrum disorders and attention-deficit/hyperactivity disorder—A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2020, 60(9): 1431–46
- MENG X P, GAO R C, DONG Z G, *et al.* Analysis and evaluation of nutritive composition in edible part of *Coelomactra antiquata*. *Marine Sciences*, 2007, 31(1): 17–22 [孟学平, 高如承, 董志国, 等. 西施舌营养成分分析与评价. *海洋科学*, 2007, 31(1): 17–22]
- MOZAFFARI H, DANESHZAD E, LARIJANI B, *et al.* Dietary intake of fish, n-3 polyunsaturated fatty acids, and risk of inflammatory bowel disease: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *European Journal of Nutrition*, 2020, 59(1): 1–17
- SERGI D, WILLIAMS L M. Potential relationship between dietary long-chain saturated fatty acids and hypothalamic dysfunction in obesity. *Nutrition Reviews*, 2020, 78(4): 261–277
- SHENG X F, SUN X J, DING H Y, *et al.* Analysis and evaluation of the nutritional composition in seven cultured fresh water fishes. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, 37(3): 359–363 [盛晓风, 孙晓杰, 丁海燕, 等. 七种养殖淡水鱼类肌肉营养组成及对比研究. *食品工业科技*, 2016, 37(3): 359–363]
- SHI Y, XU M, HUANG J, *et al.* Transcriptome analysis of mantle tissues reveals potential biomineralization-related genes in *Tectus pyramis* Born. *Comparative Biochemistry And Physiology, Part D, Genomics Proteomics*, 2019, 29: 131–44
- SILVA L S, POSCHET G, NONNENMACHER Y, *et al.* Branched-chain ketoacids secreted by glioblastoma cells via MCT1 modulate macrophage phenotype. *Embo Reports*, 2017, 18(12): 2172–2185
- SUN Y M, HE Z Q. *Food nutrition*. Beijing: China Agriculture University Press, 2010 [孙远明, 何志谦. *食品营养学*. 北京: 中国农业大学出版社, 2010]
- WANG G Y, YU Y L, HE L, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional composition for the juvenile hybrid F<sub>1</sub>. *Freshwater Fisheries*, 2021, 51(2): 72–80 [王贵英, 喻亚丽, 何力, 等. 杂交鲈“先锋1号”肌肉营养成分分析及品质评价. *淡水渔业*, 2021, 51(2): 72–80]
- WANG J L, LIU W, Li P L, *et al.* Evaluation of nutritive quality and nutrient components in the muscles of wild and farmed chum salmon (*Oncorhynchus keta*). *Journal of Guangdong Ocean University*, 2019, 39(2): 126–132 [王继隆, 刘伟, 李培伦, 等. 野生和养殖大麻哈鱼肌肉营养成分与品质评价. *广东海洋大学学报*, 2019, 39(2): 126–132]
- WANG X, LIN W L, LI L H, *et al.* Content and composition of fatty acids in six kinds of perciformes marine fish by gas chromatography—Mass spectrometry. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(21): 250–255 [王霞, 林婉玲, 李来好, 等. 气相色谱—质谱法分析六种鲈形目海水鱼脂肪含量和脂肪酸组成. *食品工业科技*, 2019, 40(21): 250–255]
- WANG Z, LIU C L, ZHAI J M, *et al.* Analysis and evaluation of

- muscle nutrition of *Sepioteuthis lessoniana*. Progress in Fishery Sciences, 2020, 41(4): 102–109 [王崢, 刘长琳, 翟介明, 等. 莱氏拟乌贼肌肉营养成分分析及评价. 渔业科学进展, 2020, 41(4): 102–109]
- XU J H, XU J T, LIN Y J, *et al.* Fatty acid composition of the muscle of *Lateolabrax japonicus* (Cuvier) grown in seawater and freshwater. Food Science, 2010, 31(14): 209–211 [许建和, 徐加涛, 林永健, 等. 海水和淡水养殖花鲈肌肉脂肪酸组成和含量分析. 食品科学, 2010, 31(14): 209–211]
- XUE F, HUANG K, SU Z J, *et al.* Analysis and evaluation of amino acids, fatty acids and safety of heavy metals in *Cipangopaludina cathayensis*. Progress in Fishery Sciences, 2022, 43(1): 180–187 [薛飞, 黄凯, 宿志健, 等. 中华圆田螺氨基酸、脂肪酸营养价值与重金属安全性评价. 渔业科学进展, 2022, 43(1): 180–187]
- ZHANG C H, XUE C H. Aquatic food science. Beijing: China Agriculture Publishing House, 2018 [章超桦, 薛长湖. 水产食品学. 北京: 中国农业出版社, 2018]
- ZHANG Y Y, WANG L S. Research progress of leucine nutrition in aquatic animals. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(12): 5516–5523 [张圆圆, 王连生. 水产动物亮氨酸营养研究进展. 动物营养学报, 2020, 32(12): 5516–5523]
- ZHOU S J, YANG R, YU G, *et al.* Muscle composition determination and nutrition evaluation of three tuna species near Meiji Reef. South China Fisheries Science, 2021, 17(2): 51–59 [周胜杰, 杨蕊, 于刚, 等. 美济礁附近海域 3 种金枪鱼肌肉成分检测与营养评价. 南方水产科学, 2021, 17(2): 51–59]
- ZHOU S N, JIANG M W, JIANG X M, *et al.* Effects of dietary betaine on feeding, growth performance, tissue nutritional components and digestive enzyme activities of *Hemifusus tuba* Gmelin. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2018, 30(8): 3319–3328 [周爽男, 江茂旺, 蒋霞敏, 等. 饲料中添加甜菜碱对管角螺摄食、生长性能、组织营养成分和消化酶活性的影响. 动物营养学报, 2018, 30(8): 3319–3328]
- ZHOU T C, HU S M, LIN X Z, *et al.* Study on the feeding habits of *Tectus pyramis* in the coral reef ecosystem based on 18S rDNA barcoding. Marine Sciences, 2020, 44(2): 99–107 [周天成, 胡思敏, 林先智, 等. 基于 18S rDNA 条形码技术的珊瑚礁区塔形马蹄螺(*Tectus pyramis*)食性分析. 海洋科学, 2020, 44(2): 99–107]
- ZHUANG X S, HUAN Q L, PENG Y, *et al.* Spatial and temporal distribution of dissolved oxygen in the coastal waters of eastern Shenzhen. Journal of Tropical Oceanography, 2018, 37(5): 98–105 [庄晓珊, 桓清柳, 彭莹, 等. 深圳东部近岸海域溶解氧的时空分布特征. 热带海洋学报, 2018, 37(5): 98–105]
- ZOU Z Y, ZHAO F, WANG Z, *et al.* Analysis and evaluation of nutrition and texture quality in different parts of turbot (*Scophthalmus maximus*). Progress in Fishery Sciences, 2019, 40(6): 186–195 [邹朝阳, 赵峰, 王志, 等. 大菱鲆不同部位营养与质构品质分析评价. 渔业科学进展, 2019, 40(6): 186–195]

(编辑 陈 辉)



## Analysis and Quality Evaluation of Nutrient Components in the Muscles of *Tectus pyramis*

LI Jinzhen<sup>1</sup>, ZHENG Huina<sup>1,2,3,4</sup>①, REN Dingding<sup>1</sup>, YANG Wen<sup>1</sup>, CAO Wenhong<sup>1,2,3,4</sup>,  
LIN Haisheng<sup>1,2,3,4</sup>, QIN Xiaoming<sup>1,2,3,4</sup>, ZHANG Chaohua<sup>1,2,3,4</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang, Guangdong 524088, China;

2. Shenzhen Institute of Guangdong Ocean University, Shenzhen, Guangdong 518108, China;

3. National Research and Development Branch Center for Shellfish Processing (Zhanjiang), Guangdong Provincial Key Laboratory of Aquatic Products Processing and Safety, Guangdong Province Engineering Laboratory for Marine Biological Products, Zhanjiang, Guangdong 524088, China; 4. Collaborative Innovation Center of Seafood Deep Processing, Dalian Polytechnic University, Dalian, Liaoning 116034, China)

**Abstract** To analyze the nutritional composition and quality of *Tectus pyramis* in Mirs Bay and Qionghai in Hainan, the basic nutritional composition, amino acid composition, fatty acid composition, and some mineral elements in their muscle tissues were determined by the national standard method. Amino acid score, chemical score, and the essential amino acid index were used to evaluate the amino acids. The results showed that the ash content of the muscle of *T. pyramis* caught in Qionghai was significantly higher than that caught from Mirs Bay, but there was no significant difference in other basic nutrients ( $P>0.05$ ). Total amino acid contents in the muscle tissue for individuals caught from Mirs Bay and Qionghai in Hainan were  $(18.45\pm 0.13)$  g/100 g and  $(18.83\pm 0.03)$  g/100 g, respectively; in both groups, the essential amino acid content was more than 27%, branched-chain amino acid content was more than 13%, and delicious amino acid content was 55%. The content of polyunsaturated fatty acids in the muscles was more than 48%. The contents of linoleic acid,  $\alpha$ -linolenic acid, eicosapentaenoic acid (EPA), and docosahexaenoic acid (DHA) in Mirs Bay were significantly higher than those in Qionghai, and the DHA+EPA content was as high as 11.79%. Among the mineral elements detected, the content of calcium and trace element iron was the highest in the two kinds of *T. pyramis*, followed by trace element zinc. The calcium and zinc contents in the muscles of *T. pyramis* in Qionghai were significantly higher than those in Mirs Bay. In conclusion, *T. pyramis* have a high protein content, rich polyunsaturated fatty acids, and high muscle nutritional value, with a great potential for development. These data provide a reference for the further development and utilization of new snail food in island and reef waters.

**Key words** *Tectus pyramis*; Nutrient components; Amino acid; Fatty acid; Mineral elements; Quality evaluation

① Corresponding author: ZHENG Huina, E-mail: zhenghn@gdou.edu.cn