

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20200918001

http://www.yykxjz.cn/

薛飞, 黄凯, 宿志健, 黄秀芸, 庞林星, 莫翠琴. 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  
XUE F, HUANG K, SU Z J, HUANG X Y, PANG L X, MO C Q. 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

# 中华圆田螺氨基酸、脂肪酸营养价值 与重金属安全性评价\*

薛飞 黄凯<sup>①</sup> 宿志健 黄秀芸 庞林星 莫翠琴

(广西大学动物科学技术学院 广西 南宁 530004)

**摘要** 为分析中华圆田螺(*Cipangopaludina cathayensis*)肌肉营养成分及重金属污染状况,检测了中华圆田螺肌肉的常规营养成分、氨基酸、脂肪酸及部分重金属含量,采用氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS)对肌肉氨基酸进行评价,并用单因子污染指数(I)、综合污染指数(P)和目标危险系数(THQ)对肌肉安全性进行评价。结果显示,中华圆田螺粗蛋白、水分、粗脂肪和粗灰分含量分别为13.89%、76.52%、0.57%和5.21%;肌肉中共检出16种氨基酸,总量为106.2 mg/g,包含8种人体必需氨基酸,占比36.8%,必需氨基酸指数(EAAI)为248.2,鲜味氨基酸占比48.2%。共检出19种脂肪酸,其中,8种饱和脂肪酸(SFA),占比43.8%;11种不饱和脂肪酸,占比56.2%,其中,EPA+DHA(eicosapentaenoic acid+docosahexaenoic acid)含量达到了9.77%。肌肉中铅、镉、铬和铜含量分别为0.897、0.0055、0.214和4.62 mg/kg,均符合国家卫生标准。除铅污染指数为0.897外,其余均低于0.15。综合污染指数为0.66,处于较清洁状态。综合来看,中华圆田螺具有高蛋白、低脂肪的营养特性,EPA和DHA含量丰富,无重金属暴露风险,营养价值及养殖开发价值较高。本研究探究了中华圆田螺的营养价值和安全性,可为中华圆田螺资源合理开发利用提供一定参考。

**关键词** 中华圆田螺;营养组成;氨基酸;脂肪酸;重金属;安全评价

**中图分类号** S963 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2022)01-0180-08

中华圆田螺(*Cipangopaludina cathayensis*)属软体动物门(Mollusca)、腹足纲(Gastropoda)、中腹足目(Mesogastropoda)、田螺科(Viviparidae)、圆田螺属(*Cipangopaludina*),为我国特有物种(陈元晓等,2009),其肉质鲜美、营养丰富,深受人们喜爱(吕耀平等,2002),具有生长快、疾病少、繁殖能力强、出肉率高等特点(张玺等,1960)。近年来,田螺市场规模越

来越大,养殖规模也随之扩大,产值达百亿规模,成为广西农业中不可或缺的一部分。目前,田螺养殖主要以“鱼+螺”和“稻+鱼+螺”混养为主(覃金兰,2020)。随着生活水平的提高,人们注重水产品营养价值的同时,越来越关注其安全性(陈胜军等,2015)。目前,我国环境污染较严重,养殖水体或多或少受到污染,会使有毒重金属在田螺体内富集,危害人体健康,因

\* 广西重点研究开发项目(AB18294011)、广西自然科学基金重点项目(2018GXNSFDA281001)和广西创新驱动发展专项基金项目(AA17204094-5)共同资助 [This work was supported by Guangxi Key Research and Development Project (AB18294011), Guangxi Key Natural Science Foundation Project (2018GXNSFDA281001), and Guangxi Special Fund Project for Innovation-Driven Development (AA17204094-5)]. 薛飞, E-mail: 1374987998@qq.com

① 通讯作者:黄凯,教授, E-mail: hkai110@163.com

收稿日期:2020-09-18, 收修改稿日期:2020-10-07

此,对田螺肌肉安全评价尤为重要(汪婷等,2019)。近年来,田螺的市场需求和养殖规模虽不断扩大,但其营养成分分析及安全性评价却未见报道。因此,研究中华圆田螺的营养成分及安全性评估,对丰富中华圆田螺生理学基础知识,揭示其营养特性和食用安全性,对中华圆田螺产业的发展具有重要的意义。

目前,有关螺类(腹足纲)肌肉营养成分的研究主要集中在单个物种或不同规格、不同生境、不同性别间的比较。欧芳等(2019)对雌雄福寿螺(*Pomacea canaliculata*)肌肉营养进行了比较分析。蒋霞敏等(2012)对不同规格管角螺(*Hemifusus tuba* Gmelin)肌肉营养成分进行了分析。罗渡等(2012)对不同生境下福寿螺的营养成分及利用价值进行了比较,分析了鱼塘、沟渠和水田 3 种生境福寿螺的一般营养成分和氨基酸组成。关于田螺重金属膳食风险的研究较少,多以田螺重金属含量为生物指示评价环境生态风险。桂雨婷等(2019)对洞庭湖流域湘江铜锈环棱螺(*Bellamya aeruginosa*)的重金属富集特征及其膳食风险进行了评估。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

实验所用中华圆田螺购于广西玉林陆川县养殖基地,于广西大学水产养殖基地进行暂养,暂养期间使用人工配合饲料进行投喂,养殖水泥池:长 4 m、宽 2 m、高 1.2 m,暂养 7 d 后挑选外壳完好、健康、无机械损伤的中华圆田螺进行实验,随机选取 72 只进行营养成分等基础指标的测定。采样田螺的壳宽、壳高及体重见表 1。

表 1 中华圆田螺基础指标  
Tab.1 Basic traits of *C. cathayensis*

基础指标 Basic traits	平均值±标准差 Mean±SD
壳宽 Shell width/mm	31.59±6.52
壳高 Shell height/mm	45.62±10.35
壳口宽 Shell mouth width/mm	25.58±5.15
体质量 Body weight/g	14.16±4.57

### 1.2 实验方法

对随机选取的 72 只中华圆田螺进行去壳,蒸馏水清洗。采集 48 只中华圆田螺的肌肉,用于水分、粗

蛋白、粗脂肪、粗灰分及重金属含量的测定。剩余 24 只中华圆田螺解剖后采集肌肉样品混合,进行氨基酸和脂肪酸的测定。基础营养成分的测定参照 AOAC (2016)的方法进行,其中,水分采用恒温干燥法测定;粗脂肪采用索氏抽提法测定;粗蛋白采用凯氏定氮法测定;粗灰分采用 550℃马福炉灼烧法测定。原子吸收光谱法(GB 5009.13-2017)测定铜含量,石墨炉原子吸收光谱法测定铅(GB 5009.12-2017)、铬(GB 5009.123-2014)和镉(GB 5009.15-2014)含量。参照 GB 5009.124-2016 中的盐酸水解法测定除色氨酸外的 16 种氨基酸;参照 GB/T 18246-2000 中的碱水解法测定色氨酸。脂肪酸参照马双等(2019)和郑建明等(2019)的方法,使用气相色谱仪(岛津 GC-2014C,日本)进行测定。

### 1.3 评价方法

**1.3.1 氨基酸营养价值的评价** 参照周剑等(2020)的方法,氨基酸的价值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进行比较。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)按以下公式求得:

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

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

$$EAAI = \sqrt[n]{\left(\frac{A}{AE} \times 100\right) \left(\frac{B}{BE} \times 100\right) \times \dots \times \left(\frac{M}{ME} \times 100\right)}$$

式中, aa 为所测样品中某种氨基酸含量(mg/g), AA(FAO/WHO)为 FAO/WHO 评分模式中氨基酸含量(mg/g), AA(egg)为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(mg/g), n 为参与计算的必需氨基酸种数, A、B、…、M 为被考察的蛋白质中各种必需氨基酸含量(mg/g), AE、BE、…、ME 为标准蛋白质中相对应的必需氨基酸含量(mg/g)。

**1.3.2 脂肪酸营养价值评价** 参照周建设等(2020)的方法,采用动脉粥样硬化指数(IA)和血栓形成指数(IT)来评估中华圆田螺脂肪酸对摄食人群心血管疾病发生风险的影响,公式如下:

$$IA = \frac{C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0}{\sum MUFA + \sum PUFA}$$

$$IT = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{0.5 \times \sum MUFA + 0.5 \times \sum PUFA(n-6) + 3 \times \sum PUFA(n-3) + \sum PUFA(n-6) / \sum PUFA(n-3)}$$

式中, C12:0 为十二烷酸; C14:0 为十四烷酸; C16:0 为十六烷酸; C18:0 为十八烷酸;  $\Sigma$ MUFA 为总单不饱和脂肪酸;  $\Sigma$ PUFA 为总多不饱和脂肪酸;  $\Sigma$ PUFA(n-3) 为 n-3 系列多不饱和脂肪酸;  $\Sigma$ PUFA(n-6) 为 n-6 系列多不饱和脂肪酸。

**1.3.3 重金属安全性评价** 对于田螺体内重金属含量, 采用单因子污染指数  $I$  与综合污染指数  $P$  进行评判(盛蒂等, 2014; 徐勇等, 2019), 其计算公式如下:

$$I = \frac{C_i}{S_i}$$

式中,  $C_i$  为重金属元素实测含量,  $S_i$  为重金属元素卫生标准。  $I \leq 0.5$ , 田螺处于清洁状态;  $0.5 < I \leq 1.0$ , 田螺开始受到污染;  $I > 1.0$ , 田螺已受到污染;  $I$  值越大, 受到污染程度越大。

$$P = \sqrt{\frac{I_{MAX}^2 + I_{ave}^2}{2}}$$

式中,  $I_{MAX}$  指多种重金属元素污染指数中污染指数最高的元素含量,  $I_{ave}$  指多种重金属元素污染指数平均值。  $P \leq 0.6$ , 清洁状态;  $0.6 < P \leq 1.0$ , 较清洁;  $1.0 < P \leq 2.6$ , 轻度污染状态;  $2.6 < P \leq 5.0$ , 中度污染;  $P > 5.0$ , 重度污染。

采用目标危险系数(THQ)(储昭霞等, 2014)评价消费者通过螺肉摄取重金属的风险。

$$THQ = \frac{C \times FIR \times EF \times ED}{RfD \times W \times TA} \times 10^{-3}$$

式中,  $C$  为田螺重金属含量(mg/kg),  $FIR$  为每人每天对田螺的消费量(71 g)(罗洁霞, 2018),  $ED$  为暴露时间(70 年),  $EF$  为暴露频率(365 d/a),  $RfD$  为口服参考剂量,  $W$  为成人平均体重(58.1 kg),  $TA$  为非致癌性暴露平均时间(365 d/年 $\times$ 暴露年限, 约 70 年)。  $THQ \leq 1.0$ , 认为对暴露人群无风险;  $THQ > 1.0$ , 认为对暴露人群有风险。  $THQ$  值越大, 越不安全。总危险系数  $TTHQ = \Sigma THQ$  单一重金属。

## 1.4 数据处理

数据采用 SPSS 23 进行分析, 统计数据用平均值 $\pm$ 标准差(Mean $\pm$ SD)表示, 使用 SPSS 23 进行  $F$  检验( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 中华圆田螺基础营养成分

经测定, 中华圆田螺鲜样肌肉中水分含量为 76.52%, 粗蛋白含量为 13.89%, 粗脂肪含量为 0.57%, 粗灰分含量为 5.21%(表 2)。

### 2.2 中华圆田螺肌肉氨基酸组成

如表 3 所示, 在中华圆田螺的螺肉中共检测出

16 种氨基酸, 氨基酸总量为 106.2 mg/g。其中, 8 种为人体必需氨基酸, 占总氨基酸的 36.8%, 非必需氨基酸占总氨基酸的 63.2%。在非必需氨基酸中, 鲜味氨基酸占总氨基酸的 48.2%。在检测到的 16 种氨基酸中, 谷氨酸的含量最高, 它是田螺的主要风味物质构成, 其含量占整个氨基酸含量的 18.8%。

表 2 中华圆田螺基础营养成分/%  
Tab.2 Basic nutrients of *C. cathayensis*/%

水分 Moisture	灰分 Ash	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat
76.52 $\pm$ 1.84	5.21 $\pm$ 1.06	13.89 $\pm$ 0.56	0.57 $\pm$ 0.05

表 3 中华圆田螺氨基酸含量  
Tab.3 Contents of amino acids in *C. cathayensis*

氨基酸 Amino acids	含量 Content (g/100 g)
天冬氨酸 Asp*	1.180 $\pm$ 0.055
苏氨酸 Thr	0.520 $\pm$ 0.021
丝氨酸 Ser	0.500 $\pm$ 0.017
谷氨酸 Glu*	1.950 $\pm$ 0.095
脯氨酸 Pro	0.440 $\pm$ 0.015
甘氨酸 Gly*	0.590 $\pm$ 0.038
丙氨酸 Ala*	0.690 $\pm$ 0.035
缬氨酸 Val	0.680 $\pm$ 0.026
蛋氨酸 Met	0.130 $\pm$ 0.017
异亮氨酸 Ile	0.420 $\pm$ 0.023
亮氨酸 Leu	0.990 $\pm$ 0.055
酪氨酸 Tyr*	0.360 $\pm$ 0.017
苯丙氨酸 Phe*	0.350 $\pm$ 0.017
赖氨酸 Lys	0.810 $\pm$ 0.057
组氨酸 His	0.170 $\pm$ 0.006
精氨酸 Arg	1.020 $\pm$ 0.046
必需氨基酸含量 EAA	3.91 $\pm$ 0.29
非必需氨基酸含量 NEAA	6.72 $\pm$ 0.53
鲜味氨基酸含量 DAA	5.11 $\pm$ 0.61
总氨基酸含量 TAA	10.62 $\pm$ 0.45

注: \*为鲜味氨基酸

Note: \* indicated delicious amino acid

### 2.3 中华圆田螺氨基酸营养价值评价

据表 4 可知, 中华圆田螺 AAS 的评价结果中, 赖氨酸、亮氨酸、苏氨酸均 $>2$ , 而蛋氨酸+胱氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸均 $<1$ ; 在 CS 的评价结果中除蛋氨酸+胱氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸 $<1$  外, 其余必需氨基酸均 $>1$ 。中华圆田螺肌肉中赖氨酸含量是 FAO/WHO 评分模式的 2.38 倍, 是鸡蛋蛋白的 1.84 倍。中华圆田螺必需氨基酸指数 EAAI 为 248.2。

表 4 中华圆田螺氨基酸营养的评价

Tab.4 Nutrition evaluation of amino acids in *C. cathayensis*

必需氨基酸 Essential amino acid	FAO/WHO 评分模式 FAO/WHO scoring pattern/(mg·g <sup>-1</sup> )	鸡蛋蛋白 Egg protein/(mg·g <sup>-1</sup> )	含量 Content/(mg·g <sup>-1</sup> )	AAS	CS
苏氨酸 Thr	250	292	520	2.08	1.78
缬氨酸 Val	310	411	510	1.65	1.24
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	220	386	130	0.59	0.34
异亮氨酸 Ile	250	331	420	1.68	1.27
亮氨酸 Leu	440	534	990	2.25	1.85
赖氨酸 Lys	340	441	810	2.38	1.84
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	380	565	350	0.92	0.62

## 2.4 中华圆田螺肌肉脂肪酸组成及营养评价

如表 5 所示, 中华圆田螺中共检测出 19 种脂肪酸, 其中有 8 种为饱和脂肪酸(SFA), 占总脂肪酸的 43.8%, 其中以花生酸和二十一碳酸为主; 11 种不饱和脂肪酸, 占总脂肪酸的 56.2%, 不饱和脂肪酸中有 6 种多不饱和脂肪酸(PUFA), 占总脂肪酸的 38.05%, 其中, EPA 占比 2.94%, DHA 占比 6.83%。中华圆田螺肌肉的动脉粥样硬化指数(IA)和血栓形成指数(IT)分别为 0.08 和 0.12。

表 5 中华圆田螺脂肪酸含量

Tab.5 Contents of fatty acids in *C. cathayensis*

脂肪酸种类 Types of fatty acids	含量 Content /%
十五碳酸 C15:0	1.86±0.02
十六碳酸 C16:0	4.70±0.01
十八碳酸 C18:0	1.94±0.01
二十碳酸 C20:0	14.99±0.01
二十一碳酸 C21:0	14.95±0.03
二十二碳酸 C22:0	2.38±0.01
二十三碳酸 C23:0	1.46±0.03
二十四碳酸 C24:0	1.52±0.06
十四碳一稀酸 C14:1	3.37±0.01
十七碳一烯酸 C17:1	6.07±0.03
十八碳一烯酸 C18:1	1.83±0.01
二十二碳一稀酸 C22:1	1.26±0.01
二十四碳一稀酸 C24:1	5.62±0.02
十八碳二稀酸 C18:2(n-6)	14.82±0.06
十八碳三烯酸 C18:3(n-6)	2.57±0.01
二十碳三烯酸 C20:3(n-6)	2.46±0.01
二十二碳二烯酸 C22:2(n-6)	8.43±0.02
二十碳五稀酸 C20:5(n-3)	2.94±0.01
二十二碳六烯酸 C22:6(n-3)	6.83±0.01
饱和脂肪酸 SFA	43.80±0.02
单不饱和脂肪酸 MUFA	18.15±0.01
多不饱和脂肪酸 PUFA	38.05±0.01
不饱和脂肪酸 MUFA+PUFA	56.20±0.02

## 2.5 中华圆田螺重金属安全性评价

田螺重金属铅含量为(0.897±0.022) mg/kg, 镉含量为(0.005 5±0.001 6) mg/kg, 铜含量为(4.62±0.30) mg/kg, 铬含量为(0.214±0.095) mg/kg, 铅、镉、铜和铬含量均低于国家卫生标准(GB 2762-2017)。

中华圆田螺的铅污染指数( $I_1$ )为 0.897, 镉污染指数( $I_2$ )为 0.005 5, 铬污染指数( $I_3$ )为 0.107, 铜污染指数( $I_4$ )为 0.018, 综合污染指数  $P$  为 0.66, 说明中华圆田螺肌肉处于较清洁状态。

单一重金属中, THQ 的排序为铅(0.274)<镉(0.007)<铬(0.002)<铜(0.001), 总危险系数 TTHQ 为 0.284, 说明铅产生的风险最高, 铜产生的风险最低。

## 3 讨论

### 3.1 中华圆田螺基础营养成分分析

水产品的营养价值主要取决于脂肪酸和蛋白质的种类及含量(蒋文枰等, 2020), 中华圆田螺粗蛋白含量为 13.89%, 高于中国圆田螺(*Cipangopaludina chinensis* Gray)(12.4%)、粒花冠小月螺(*Lunella coronata granulata* Gmelin)(10.04%)和锈凹螺(*Chlorostoma rusticum* Gmelin)(13.45%), 但低于方格短沟蜷(*Semisulcospira cancellata* Benson)(15.2%)、环棱螺(*Bellamyia*)(14.6%)、节蝶螺(*Turbo articulatus* Reeve)(16.71%)和朝鲜粒花冠螺(*Lunella coronata coreensis* Récluz)(18.06%)(陈李婷等, 2019)。中华圆田螺粗脂肪含量在 0.5%左右, 低于中国圆田螺(0.8%)、环棱螺(0.69%)、节蝶螺(1.43%)和锈凹螺(0.86%)(甘雄等, 2014)。中华圆田螺含水量为 76.52%, 与其他贝类相比较, 如三角帆蚌(*Hyriopsis cumingi*)(82.77%)(杨文鸽, 1997)、中国圆田螺(78.2%)、方格短沟蜷(79.1%)、环棱螺(77.8%)(陈李婷等, 2019)。中华圆田螺粗灰分为 5.21%, 要高于一般的贝类, 如节蝶螺(2.05%)、粒花冠小月螺(2.87%)、朝鲜粒花冠螺(2.48%)和锈凹螺

(2.96%)(甘雄等, 2014)。综上所述, 中华圆田螺具有高蛋白、低脂肪的营养组成特点, 是人体蛋白的优质来源。

### 3.2 中华圆田螺氨基酸组成及营养价值评价

蛋白质在膳食营养中发挥着重要的作用, 是人体第一营养素(蒋文枰等, 2020)。蛋白质的营养价值不仅取决于含量, 更取决于质量, 即氨基酸组成及含量(马爱军等, 2003)。氨基酸是组成蛋白质的基本单位, 可分为必需氨基酸和非必需氨基酸, 根据呈味特性又可分为鲜味氨基酸和非鲜味氨基酸(王平, 2007)。在田螺肌肉中共测出 16 种氨基酸, 其中, 8 种为人体必需氨基酸, 占总氨基酸的 36.82%, 必需氨基酸指数 EAAI 为 248.2, 远高于方斑东风螺(*Babylonia areolata*) (46.70)、波部东风螺(*Babylonia formosae habei*) (43.87)(许贻斌等, 2008)、虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*) (85.52)、亚东鲑(*Salmo trutta fario*) (86.56) (尤宏争等, 2020)和禾花鲤(*Procypris merus*) (70.55) (汪婷等, 2019)。苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸和赖氨酸等必需氨基酸含量均大于标准鸡蛋蛋白中对应含量, 营养价值丰富。因此, 可说明田螺氨基酸种类全面, 必需氨基酸含量丰富, 可作为人体蛋白优质补充。

赖氨酸(Lys)是人体及膳食中谷物的第一限制性氨基酸, 长期以谷物为主食, 会造成赖氨酸(Lys)缺乏, 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)。而田螺的赖氨酸(Lys)含量丰富, AAS 评分达到 2.38, CS 评分达到 1.84, 含量为鸡蛋蛋白模型的 2 倍, 可弥补人体赖氨酸(Lys)不足, 提高人体蛋白质利用率。

鱼肉鲜美度与鲜味氨基酸含量关系密切, 鲜味氨基酸占氨基酸比重越高, 则鱼肉越鲜美(汪婷等, 2019)。在中华圆田螺肌肉中共测出 6 种鲜味氨基酸, 含量最高的是谷氨酸(Glu, 1.95 g/100 g), 其次为天冬氨酸(Asp, 1.18 g/100 g), 鲜味氨基酸/总氨基酸为 48.12%, 高于铜锈环棱螺(40.37%)、栉孔扇贝(*Azumapecten farreri*) (41.44%) (李晓英等, 2010), 但低于节蝶螺(49.01%)和锈凹螺(51.1%) (甘雄等, 2014), 说明中华圆田螺鲜味氨基酸总量较高, 食用价值较高。

从 AAS 和 CS 评分来看, 蛋氨酸、胱氨酸、苯丙氨酸和酪氨酸为人体对中华圆田螺肌肉营养吸收的主要限制性氨基酸, 在生产加工中华圆田螺产品时可适当添加这几种氨基酸以完善产品的营养价值。

### 3.3 中华圆田螺脂肪酸组成及营养价值评价

脂肪酸是生物的重要组成部分, 其中, 不饱和脂肪酸对人体生物膜代谢具有重要的作用, 其经过某些

化学反应后可以散发出香味, 也就是风味脂肪酸, 这也是中华圆田螺鲜味的来源之一(王钰杰, 2019)。中华圆田螺肌肉中脂肪酸种类丰富, 含有 8 种饱和脂肪酸(SFA), 占总脂肪酸的 43.9%, 高于方斑东风螺(35.4%)和波部东风螺(35.3%) (许贻斌等, 2008); 11 种不饱和脂肪酸, 占总脂肪酸的 56.1%, 高于微黄镰玉螺(*Lunatia gilva*) (55.1%) (张鹏等, 2013), 但低于锈凹螺(56.6%) (朱爱意等, 2008)。中华圆田螺肌肉不饱和脂肪酸中有 49%的高不饱和脂肪酸(PUFA), 其中, EPA 占总脂肪酸的 2.94%, DHA 占总脂肪酸 6.83%, DHA+EPA 含量 9.77%与微黄镰玉螺(9.52%) (张鹏等, 2013)相近, 低于波部东风螺(10.5%) (许贻斌等, 2008)和黄鳍鲷(*Acanthopagrus latus*) (21.17%) (王霞等, 2019), 但远高于淡水鱼类鲫鱼(*Carassius auratus auratus*) (4.17%)、草鱼(*Ctenopharyngodon idella*) (1.56%)、罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*) (3.21%) 和乌鳢(*Channa argus*) (3.82%) (盛晓凤等, 2016), 这是因为海洋生物的不饱和脂肪酸尤其是 DHA 和 EPA 含量较淡水生物高, 同一物种海水养殖条件下不饱和脂肪酸含量也显著高于淡水养殖(许建和等, 2010)。不饱和脂肪酸具有调节血脂代谢、降低血液粘稠度的作用, 在促进神经和生殖发育以及防治心脑血管疾病、炎症和代谢紊乱等方面具有重要生理功能, 是人和动物生长发育的必需脂肪酸(和子杰等, 2020)。其中, EPA 和 DHA 有促进视网膜生长修复、延缓脑衰老、增强记忆力和降血压等功效(饶秋华等, 2011)。中华圆田螺 EPA+DHA 含量虽然低于海水生物, 但显著高于多数淡水水产品种, 是内陆居民补充 EPA 和 DHA 的一个良好选择。中华圆田螺的  $\Sigma_{PUFA}/\Sigma_{SFA}$  为 0.87, 高于 FAO/WHO 建议的最低值 0.4, 说明其脂肪酸组成符合人类膳食的理想模式。中华圆田螺肌肉的动脉粥样硬化指数(IA)和血栓形成指数(IT)分别为 0.08 和 0.12, 低于墨脱四须鲃(*Barbodes hexagonlepis* McClelland1839) (0.352 和 0.230) (王念民等, 2019)和黑斑原(*Glyptosternum maculatum*) (0.40 和 1.18) (周建设等, 2020), 患粥样动脉硬化和血栓的风险较小。但中华圆田螺粗脂肪仅有 0.57%, 脂肪酸总量较低, 因此, 适合患有动脉硬化等心血管疾病的病人食用, 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。

### 3.4 中华圆田螺重金属含量分析

中华圆田螺肌肉干样中重金属铅含量为 0.897 mg/kg, 铬为 0.214 mg/kg, 镉为 0.0055 mg/kg, 铜为 4.62 mg/kg, 其含量均符合国家卫生标准(GB 2762-2017)。中华圆田螺肌肉中除铅污染指数  $I$  为 0.897 外,

其余 3 种重金属污染指数均小于 0.15, 综合污染指数  $P$  为 0.66, 说明中华圆田螺肌肉虽然开始受到污染, 但仍处于较清洁状态。由目标危险系数 THQ 可知, 铅产生的风险最高, 铜产生的风险最低, THQ 与 TTHQ 均小于 0.3, 表明中华圆田螺肌肉对人体健康负影响较小, 对暴露人群无风险, 食用安全。

#### 4 结论

中华圆田螺肌肉中粗蛋白含量较高, 粗脂肪含量较低, 但 EPA 和 DHA 占比较高, 氨基酸全面且均衡, 其中鲜味氨基酸含量十分丰富, 味道鲜美, 营养与食用价值较高, 且无重金属蓄积风险, 养殖开发前景广阔。

#### 参 考 文 献

- AOAC International. Official methods of analysis of AOAC International 20th Ed. Gaithersburg, MD, USA, Official Method, 2016
- CHEN L T, DU X S, WEN Y H, *et al.* Analysis of meat content and nutrient composition analysis of three snails in Guangxi area. *Meat Industry*, 2019(10): 20–22 [陈李婷, 杜雪松, 文衍红, 等. 广西地区 3 种螺的含肉率及营养成分分析. *肉类工业*, 2019(10): 20–22]
- CHEN S G, LI L H, YANG X Q, *et al.* Progress in the risk sources and assessment of aquatic products in China. *Food Science*, 2015, 36(17): 300–304 [陈胜军, 李来好, 杨贤庆, 等. 我国水产品安全风险来源与风险评估研究进展. *食品科学*, 2015, 36(17): 300–304]
- CHEN Y X, CHEN Y J, ZHANG W. Nutrient ingredient analysis and economical value of four species of freshwater snails in Yunnan Province. *Sichuan Journal of Anatomy*, 2009, 17(2): 28–30 [陈元晓, 陈英杰, 张闻. 云南省 4 种淡水贝类的营养成分和经济价值. *四川解剖学杂志*, 2009, 17(2): 28–30]
- CHU Z X, WANG X M, TU J F, *et al.* Distribution characteristics and health risks of heavy metals (Cd, Cu, Zn, and Pb) in crucian carp in Huainan Cave-in. *Environmental Chemistry*, 2014, 33(9): 1433–1438 [储昭霞, 王兴明, 涂俊芳, 等. 重金属(Cd、Cu、Zn 和 Pb)在淮南塌陷塘鲫鱼体内的分布特征及健康风险. *环境化学*, 2014, 33(9): 1433–1438]
- GAN X, YU Y X, ZHONG Q P, *et al.* Analysis and evaluation of the Northern Gulf Coast four kinds of conch nutrients. *Guangzhou Chemical Industry*, 2014, 42(21): 121–123 [甘雄, 庾艳霞, 钟秋平, 等. 北部湾沿海 4 种海螺的营养成分分析与品质评价. *广州化工*, 2014, 42(21): 121–123]
- 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]
- GUI Y T, WANG J, YU J B, *et al.* Accumulation characteristics of heavy metals and dietary risk assessment of *Bellamya aeruginosa* in the Xiangjiang River, Lake Dongting Basin. *Lake Science*, 2019, 31(3): 724–733 [桂雨婷, 王健, 余建波, 等. 洞庭湖流域湘江铜锈环棱螺(*Bellamya aeruginosa*)的重金属富集特征及其膳食风险评估. *湖泊科学*, 2019, 31(3): 724–733]
- HE Z J, XIE D Z, NIE G X. Comprehensive strategies for increasing n-3 highly unsaturated fatty acids content in farmed fish. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(11): 5089–5104 [和子杰, 谢帝芝, 聂国兴. 提升养殖鱼类 n-3 高不饱和脂肪酸含量的综合策略. *动物营养学报*, 2020, 32(11): 5089–5104]
- JIANG W P, JIA Y Y, LIU S L, *et al.* Comparative analysis of nutritional components in the muscle of hybrid  $F_1$ ,  $F_2$  of (*Culter alburnus*)(♀) × (*Megalobrama amblycephala*)(♂) and its parents. *Journal of Zhejiang Agriculture*, 2020, 32(7): 1166–1175 [蒋文枰, 贾永义, 刘士力, 等. 鲮鱼  $F_1$ 、 $F_2$  及其亲本肌肉营养成分的比较分析. *浙江农业学报*, 2020, 32(7): 1166–1175]
- JIANG X M, JIANG X M, DU X X, *et al.* Nutritional analysis of muscle composition of different sizes of *Hemifusus tuba* (Gmelin). *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(10): 2059–2066 [蒋霞敏, 姜小敏, 杜学星, 等. 不同规格管角螺肌肉营养成分分析. *动物营养学报*, 2012, 24(10): 2059–2066]
- 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]
- LÜ Y P, YAO Z L, YE X F. Research on the artificial culture of Chinese *Cipangopaludina cathayensis* in rice fields. *Fisheries Science*, 2002, 21(4): 23–24 [吕耀平, 姚子亮, 叶小芳. 中华圆田螺稻田人工养殖试验. *水产科学*, 2002, 21(4): 23–24]
- LUO D, MU X D, SONG H M, *et al.* Nutritional components and utilization values of golden apple snails (*Pomacea canaliculata*) in different habitats. *Journal of Ecology*, 2012, 31(8): 2004–2010 [罗渡, 牟希东, 宋红梅, 等. 不同生境福寿螺(*Pomacea canaliculata*)的营养成分及其利用价值. *生态学杂志*, 2012, 31(8): 2004–2010]
- LUO J X. A supply and demand analysis of Chinese residents' dietary protein. Master's Thesis of Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2018 [罗洁霞. 居民膳食蛋白质供需平衡分析. 中国农业科学院硕士研究生学位论文, 2018]
- MA A J, CHEN S Q, LEI J L, *et al.* The preliminary study on biochemical composition and its nutrition value of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Marine Fisheries Research*, 2003, 24(1): 11–14 [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. *海洋水产研究*, 2003, 24(1): 11–14]
- MA S, HAO S X, LI L H, *et al.* Comparative analysis of nutritional components of several roes. *Southern Fisheries Science*, 2019, 15(4): 113–121 [马双, 郝淑贤, 李来好, 等. 几种鱼卵营养成分对比分析. *南方水产科学*, 2019, 15(4): 113–121]
- OU F, WU D, LIU X H, *et al.* Comparative analysis and evaluation of muscle nutrition of male and female snails. *Sichuan Zoological Society*, 2019, 51 [欧芳, 吴迪, 刘小红, 等. 雌雄福寿螺肌肉营养比较分析与评价. *四川省动物*

- 学会, 2019, 51]
- QIN J L. Technical analysis of snails pond culture. *Livestock Exposed*, 2020, 31(3): 35 [覃金兰. 田螺池塘养殖技术分析. 畜禽业, 2020, 31(3): 35]
- RAO Q H, LUO T Y, SU D S, *et al.* Analysis and evaluation on nutritional components of *Acipenser schrenckii* roe. *Journal of Agriculture*, 2011, 1(7): 28–31 [饶秋华, 罗士炎, 苏德森, 等. 史氏鲟鱼籽营养成分分析及评价. 农学学报, 2011, 1(7): 28–31]
- SHENG D, ZHU L B. Heavy metal content and safety evaluation of fish in Bengbu market. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, 35(22): 49–52, 56 [盛蒂, 朱兰保. 蚌埠市场食用鱼重金属含量及安全性评价. 食品工业科技, 2014, 35(22): 49–52, 56]
- 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]
- WANG N M, LI L, WU S, *et al.* Nutritional composition of the muscle in *Barbodes hexagonlepis*. *Biological Resources*, 2019, 41(4): 363–370 [王念民, 李雷, 吴松, 等. 墨脱四须鲃肌肉营养成分研究. 生物资源, 2019, 41(4): 363–370]
- WANG P. Classification of amino acids. *Inner Mongolia Science, Technology and Economy*, 2007(3): 93–95 [王平. 浅谈氨基酸的分类. 内蒙古科技与经济, 2007(3): 93–95]
- WANG T, HUANG K, SUN L L, *et al.* Nutritional composition analysis and safety evaluation in muscle of *Procypris merus*. *Chinese Journal of Southern Agriculture*, 2019, 50(7): 1579–1586 [汪婷, 黄凯, 孙琳琳, 等. 禾花鲤肌肉营养成分分析与安全性评价. 南方农业学报, 2019, 50(7): 1579–1586]
- 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 Y J. Changes in degradation of fatty acid, and flavor component during the processing of Shanghai fried fish. Master's Thesis of Shanghai Ocean University, 2019 [王钰杰. 上海熏鱼加工过程中脂肪酸降解和风味成分的变化. 上海海洋大学硕士研究生学位论文, 2019]
- 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]
- XU Y B, SHEN M H, WEI Y J, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional composition of *Babylonia areolata* Link and *Babylonia formosae* Habei. *Taiwan Strait*, 2008(1): 26–32 [许贻斌, 沈铭辉, 魏永杰, 等. 两种东风螺的营养成分分析与评估. 台湾海峡, 2008(1): 26–32]
- XU Y, JIANG T, YANG Q, *et al.* Distribution characteristics and pollution assessment of heavy metals in the surface sediments of the central region of the Bohai Sea during the summer. *Progress in Fishery Sciences*, 2019, 40(5): 52–61 [徐勇, 江涛, 杨茜, 等. 夏季渤海中部表层沉积物重金属空间分布及污染评价. 渔业科学进展, 2019, 40(5): 52–61]
- YANG W G. Analysis of nutrient components of mussels. *Journal of Zhejiang Fisheries University*, 1997, 16(3): 201–207 [杨文鸽. 三角帆蚌营养成分的分析. 浙江水产学院学报, 1997, 16(3): 201–207]
- YOU H Z, BAO H Y, GU D X, *et al.* Analysis and comparison of nutrient components in the muscle of trout from Gansu. *Freshwater Fisheries*, 2020, 50(4): 18–25 [尤宏争, 包海岩, 谷德贤, 等. 甘肃地区几种鲑鳟鱼肌肉营养成分比较与评价. 淡水渔业, 2020, 50(4): 18–25]
- ZHANG P, ZHONG W, JI D W, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional composition of *Lunatia gilva*. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2013, 32(5): 398–402, 456 [张鹏, 仲伟, 冀德伟, 等. 微黄镰玉螺营养成分分析与评价. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2013, 32(5): 398–402, 456]
- ZHANG X, LIU Y Y. Morphology, habits and common species of snail in China. *Bulletin of Biology*, 1960(2): 49–57 [张玺, 刘月英. 田螺的形态、习性和我国常见的种类. 生物学通报, 1960(2): 49–57]
- ZHENG J M, ZHAO J J, CHEN S Q, *et al.* Growth and fatty acid composition of juvenile spotted halibut (*Verasper variegatus*) fed diets with fish oil replaced by soybean oil. *Progress in Fishery Sciences*, 2019, 40(4): 39–46 [郑建明, 赵捷杰, 陈四清, 等. 豆油替代鱼油对圆斑星鲈幼鱼生长和肌肉脂肪酸的影响. 渔业科学进展, 2019, 40(4): 39–46]
- ZHOU J S, WANG J L, WANG W L, *et al.* Compositions of fatty acids and minerals in muscle of blackspot sisord catfish *Glyptosternum maculatum*. *Journal of Fisheries Science*, 2020, 33(3): 414–419 [周建设, 王且鲁, 王万良, 等. 黑斑原 肌肉脂肪酸及无机盐组成特征分析. 水产科学, 2020, 39(3): 414–419]
- ZHOU J, ZHAO Z M, HUANG Z P, *et al.* Comparison of nutrient components in muscles and hepatopancreas of pond- and paddy field-cultured *Procambarus clarkii*. *Progress in Fishery Sciences*, 2021, 42(2): 1–10 [周剑, 赵仲孟, 黄志鹏, 等. 池塘和稻田养殖模式下克氏原螯虾肌肉和肝脏营养成分比较. 渔业科学进展, 2021, 42(2): 1–10]
- ZHU AY, XIE J Y, WU C W. Analysis and evaluation of the nutritional composition in *Chlorostoma rusticum*. *Chinese Journal of Food Science*, 2008, 8(6): 165–170 [朱爱意, 谢佳彦, 吴常文. 锈凹螺营养成分分析与评价. 中国食品学报, 2008, 8(6): 165–170]

## Analysis and Evaluation of Amino Acids, Fatty Acids and Safety of Heavy Metals in *Cipangopaludina cathayensis*

XUE Fei, HUANG Kai<sup>①</sup>, SU Zhijian, HUANG Xiuyun, PANG Linxing, MO Cuiqin  
(College of Animal Science and Technology, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China)

**Abstract** The breeding of snails is indispensable in Guangxi agriculture. The snail powder industry in Liuzhou City, Guangxi, reaches 8 billion yuan per year. With the improvement of living standards, people's demand for aquatic products is increasing, and their nutritional and safety requirements are becoming more stringent. In order to analyze the nutrient content of the muscles of *Cipangopaludina cathayensis* and the pollution of heavy metals, we tested the muscle content of conventional nutrients, amino acids, fatty acids, and some heavy metals in *C. cathayensis* snails from Luchuan County, Yulin, Guangxi. The amino acid score (AAS) and chemical score (CS) were used to evaluate muscle amino acid levels, while the single factor pollution index (*I*), comprehensive pollution index (*P*), and target risk factor (THQ) were used to evaluate safety. The results showed that the crude protein, moisture, crude fat, and crude ash content of *C. cathayensis* were 13.89%, 76.52%, 0.57%, and 5.21%, respectively; 16 amino acids were detected in the muscle; the total amount was 106.2 mg/g, including 8 human essential amino acids, accounting for 36.8% of the mass; the essential amino acid index (EAAI) was 248.2, and delicious amino acids accounted for 48.2%. A total of 19 fatty acids were detected, including 8 saturated fatty acids (SFA), accounting for 43.8%, and 11 unsaturated fatty acids, accounting for 56.2%. The EPA+DHA content reached 9.77%, and the atherosclerosis index (IA) and thrombosis index (IT) were 0.08 and 0.12, respectively. The contents of lead, cadmium, chromium, and copper in the muscle were 0.897, 0.0055, 0.214, and 4.62 mg/kg, respectively, all of which met the national health standards. The pollution index for lead was 0.897, while that for all others were below 0.15. The comprehensive pollution index was 0.66, which is relatively clean. The THQ evaluation results show that copper has the lowest risk, and lead has the highest risk. The total hazard coefficient (TTHQ) of a single heavy metal THQ and compound heavy metal was less than 0.3. In summary, *C. cathayensis* has high protein and low fat content, is rich in EPA and DHA, with no risk of heavy metal exposure, and has high nutritional and aquaculture development value. This study explored the nutritional value and safety of *C. cathayensis* and could therefore, provide some reference for the rational development and utilization of *C. cathayensis* resources in China.

**Key words** *Cipangopaludina cathayensis*; Nutritional composition; Amino acids; Fatty acids; Heavy metals; Safety evaluation

<sup>①</sup> Corresponding author: HUANG Kai, E-mail: hkai110@163.com