



田螺科四种螺的肌肉主要营养成分

罗辉¹, 陈李婷², 敬庭森¹, 孙文波¹, 李哲¹, 周明瑞¹, 覃俊奇³,
杜雪松³, 文露婷³, 潘贤辉³, 周康奇³, 樊荟慧²,
叶华¹, 宾石玉^{2*}, 林勇^{3*}

(1. 西南大学水产学院, 淡水鱼类资源与生殖发育教育部重点实验室, 重庆 402460;

2. 广西师范大学生命科学学院, 广西 桂林 541006;

3. 广西壮族自治区水产科学研究院, 广西水产遗传育种与健康养殖重点实验室, 广西 南宁 530021)

摘要: 为了研究田螺科中华圆田螺、中国圆田螺、铜锈环棱螺和梨形环棱螺这4种螺的肌肉营养成分差异, 评价其营养价值, 本研究采用国标法对其肌肉中常规营养成分和氨基酸组成进行测定分析。结果显示, 4种螺的肌肉中除灰分外, 水分、粗蛋白质和粗脂肪含量均存在显著差异。肌肉中水分以中国圆田螺最高, 为81.28%, 显著高于其他3种螺; 肌肉蛋白质以中华圆田螺最高, 为13.11%, 显著高于中国圆田螺和梨形环棱螺; 肌肉脂肪含量以梨形环棱螺最高, 为1.05%, 显著高于其他3种螺。肌肉氨基酸测定结果显示, 4种螺的肌肉中均含有16种氨基酸, 其中包括人体必需的7种氨基酸和2种半必需氨基酸, 第一限制性氨基酸均为蛋氨酸。此外, 4种螺的鲜味氨基酸含量较高, 均超过40%, 且谷氨酸含量均远高于其他15种氨基酸。4种螺肉的必需氨基酸占总氨基酸的比例均在33%以上, 其中中国圆田螺和梨形环棱螺在35%以上, 与WHO/FAO模式推荐的标准(35.38%)相近, 但4种螺EAAI值较低, 均不到80, 其中梨形环棱螺的EAAI值最高, 达到74.86。研究表明, 4种螺类肌肉营养组成较丰富, 氨基酸比例均衡, 均属于优质蛋白源。尤其是鲜味氨基酸含量丰富, 具有较好的调味品开发和深加工价值。另外本研究阐明了4种螺成体的营养组成, 可为其饲料配制提供参考依据, 亦可为居民日常膳食提供参考。
关键词: 中华圆田螺; 中国圆田螺; 铜锈环棱螺; 梨形环棱螺; 营养成分; 氨基酸; 营养评价
中图分类号: TS 254.1 **文献标志码:** A

田螺科 (Viviparidae) 螺类包括中国圆田螺 (*Cipangopaludina chinensis*)、中华圆田螺 (*C. cathayensis*)、铜锈环棱螺 (*Bellamya aeruginosa*) 和梨形环棱螺 (*B. purificata*) 等, 俗称田螺, 为我国淡水水域常见软体动物。多数田螺科软体动物具有一定经济价值, 其肉和壳可供食用或药用, 也可作为畜禽和水产动物的饲料^[1-3]。我国多地的人们喜

食田螺^[3]。长江流域的炒螺蛳^[4]和以环棱螺等淡水螺为重要原料的广西柳州特色美食螺蛳粉^[5-7]都是极受欢迎的美食。据统计, 2018年螺蛳粉日均销量突破100万袋^[5], 2020年产销量更是突破百亿元大关^[7], 产品远销海外20多个国家和地区^[8]。随着螺蛳粉产销量的快速发展, 对田螺的需求也与日俱增, 然而目前螺蛳粉所需螺类主要依靠野

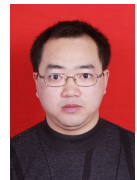
收稿日期: 2021-03-24 修回日期: 2021-09-03

资助项目: 广西创新驱动发展专项(桂科 AA17204095-6, 桂科 AA20302019-6)

第一作者: 罗辉(照片), 从事水产动物营养与生物技术研究, E-mail: luohui2629@126.com

通信作者: 宾石玉, 从事动物营养与生态养殖研究, E-mail: binsy@gxnu.edu.cn;

林勇, 从事水产健康养殖与遗传育种研究, E-mail: linnn2005@126.com



外捕捞,这与近年来生境破坏、过度捕捞和长江流域禁捕等导致野生螺类资源和捕捞量下降形成严重的供需矛盾。在我国淡水经济螺类人工养殖发展缓慢的现状下,加快其人工养殖以缓解供需矛盾,具有重要的现实意义。

我国鲜食淡水螺类以中国圆田螺和中华圆田螺为主,因此人工养殖的品种主要是中国圆田螺和中华圆田螺。铜锈环棱螺和梨形环棱螺则多作为螺蛳粉加工原料之一^[6],但因其个体小、野生资源丰富和基础研究薄弱等原因而鲜有养殖。螺蛳粉产业的快速发展必然导致对铜锈环棱螺和梨形环棱螺需求量剧增,单纯依靠野外捕捞必然难以满足螺蛳粉产业的发展需求^[7]。作为现有淡水螺类养殖业中的主要养殖对象,中国圆田螺和中华圆田螺是否可以替代铜锈环棱螺和梨形环棱螺而成为螺蛳粉的主要原料,4种螺类在营养品质上存在怎样的差异目前还不清楚。为此,本实验以中国圆田螺、中华圆田螺、铜锈环棱螺和梨形环棱螺为研究对象,分析其肌肉营养成分,比较其营养价值,以期为螺蛳粉产业原料选择提供参考数据,同时也有利于引导淡水经济螺类的养殖,并为螺类人工配合饲料开发、居民膳食选择、螺类食品加工及综合利用等提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用中华圆田螺、中国圆田螺、梨形环棱螺和铜锈环棱螺均购自柳州市谷之韵农业发展有限公司里高镇田螺养殖基地,其中中华圆田螺平均体质量为(25.0±3.0)g,中国圆田螺平均体质量为(25.0±3.0)g,梨形环棱螺平均体质量为(6.0±1.0)g,铜锈环棱螺平均体质量为(6.0±1.0)g。

1.2 样品处理

将实验用螺清洗干净,并放入清水中暂养24h,使其吐出体内的泥沙,之后将其捞出,擦干水分并放在阴凉处晾干1h。每种螺取500g以上,去壳后取其肉质足,用蒸馏水清洗,滤纸吸干水分后匀浆备用,用于测定水分、粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分和氨基酸含量。

1.3 测定方法

水分含量采用常压干燥法测定,具体操作方法参照GB/T 5009.3—2016《食品中水分的测定》^[9]

进行;粗蛋白质含量采用半微量凯氏定氮法测定,具体操作方法参照GB/T 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》^[10]进行;粗脂肪含量采用索氏抽提法测定,具体操作方法参照GB/T 5009.6—2016《食品中脂肪的测定》^[11]进行;灰分含量采用550℃高温灼烧法测定,具体操作方法参照GB/T 5009.4—2016《食品中灰分的测定》^[12]进行;氨基酸含量利用全自动氨基酸分析仪测定,具体方法按照GB/T 5009.124—2016《食品中氨基酸的测定》^[13]进行。

1.4 螺肉营养价值评定方法

根据世界卫生组织/联合国粮农组织(WHO/FAO)1973年推荐的氨基酸评分标准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的氨基酸模式^[14]来计算氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS),并计算必需氨基酸指数(EAAI)。营养价值评定所用计算公式参照罗辉等^[15]。

1.5 数据分析

实验数据采用Excel软件进行整理,采用SPSS 22.0软件进行显著性分析,取95%置信度($P<0.05$),结果用平均值±标准差表示。

2 结果

2.1 四种螺肉的常规营养成分比较

4种螺肉的营养成分见表1,4种螺肌肉的水分含量差异显著($P<0.05$),其中中国圆田螺肌肉的水分含量最高,为81.28%,显著高于其他3种螺肉($P<0.05$)。其次为中华圆田螺,其肌肉水分显著低于中国圆田螺($P<0.05$),但显著高于梨形环棱螺和铜锈环棱螺($P<0.05$),后二者肌肉水分含量差异不显著($P>0.05$)。同样,4种螺肉蛋白质含量差异显著($P<0.05$),中华圆田螺肉的粗蛋白含量最高,达到13.11%,分别比中国圆田螺、铜锈环棱螺和梨形环棱螺高28.03%($P<0.05$)、12.44%($P>0.05$)和27.65%($P<0.05$)。中华圆田螺和中国圆田螺肌肉的粗脂肪含量相近,差异不显著($P>0.05$),但均显著低于梨形环棱螺和铜锈环棱螺($P<0.05$)。梨形环棱螺肌肉脂肪含量最高,显著高于铜锈环棱螺($P<0.05$)。4种螺肉的粗灰分含量差异不显著($P>0.05$)。由此可见4种螺肉在基本营养成分组成上差异较大,其中中华圆田螺肌肉蛋白质含量较高,脂肪含量较低。

表 1 四种螺肉基本营养成分的比较

Tab. 1 Comparison of nutritive components of four snail muscles

营养成分/% nutritive components	中国圆田螺 <i>C. chinensis</i>	中华圆田螺 <i>C. cathayensis</i>	铜锈环棱螺 <i>B. aeruginosa</i>	梨形环棱螺 <i>B. purificata</i>
水分 moisture	81.28±0.58 ^a	78.48±1.07 ^b	71.98±0.55 ^c	72.16±0.43 ^c
粗蛋白 crude protein	10.24±1.46 ^a	13.11±1.23 ^b	11.66±0.11 ^{ab}	10.27±0.82 ^a
粗脂肪 crude lipid	0.38±0.03 ^a	0.39±0.02 ^a	0.52±0.08 ^b	1.05±0.14 ^c
粗灰分 crude ash	4.35±0.31 ^a	4.54±0.71 ^a	4.33±0.33 ^a	4.60±0.33 ^a

注: 表中同行数据后不同上标字母表示差异显著($P<0.05$), 下同

Notes: data with different superscript lowercase letters within the same row are significantly different ($P<0.05$), the same below

2.2 四种螺肉的氨基酸含量比较

4 种螺肉中均检测出 16 种氨基酸(色氨酸未检测, 胱氨酸未检出), 包括人体必需的 7 种氨基酸, 2 种半必需氨基酸和 7 种非必需氨基酸, 且 4 种螺肉中均含有 4 种鲜味氨基酸(表 2)。4 种螺肉中均为谷氨酸(1.42~1.65 g)和天门冬氨酸(0.94~

1.17 g) 含量最高, 其次为丙氨酸(0.77~0.93 g)、亮氨酸(0.68~0.90 g)和精氨酸(0.64~0.84 g), 蛋氨酸(0.13~0.19 g)和组氨酸(0.17~0.19 g)含量最低。梨形环棱螺肉的氨基酸总量最高, 达 10.08 g, 其次为铜锈环棱螺和中华圆田螺, 中国圆田螺氨基酸总量最低。必需氨基酸含量也以梨形环棱螺肉

表 2 四种螺肉 16 种氨基酸含量比较

Tab. 2 Comparison of contents of 16 amino acids in four snail muscles

g/100 g

氨基酸种类 kinds of amino acid	中国圆田螺 <i>C. chinensis</i>	中华圆田螺 <i>C. cathayensis</i>	铜锈环棱螺 <i>B. aeruginosa</i>	梨形环棱螺 <i>B. purificata</i>
天门冬氨酸 Asp [⊙]	0.94	1.04	1.10	1.17
蛋氨酸 Met [※]	0.13	0.16	0.19	0.19
苏氨酸 Thr [※]	0.38	0.41	0.45	0.48
丝氨酸 Ser	0.42	0.46	0.52	0.53
缬氨酸 Val ^{※★}	0.38	0.38	0.42	0.44
苯丙氨酸 Phe ^{※☆}	0.28	0.31	0.32	0.32
亮氨酸 Leu ^{※★}	0.68	0.86	0.82	0.90
酪氨酸 Tyr [☆]	0.22	0.33	0.31	0.34
赖氨酸 Lys [※]	0.65	0.67	0.67	0.79
脯氨酸 Pro	0.17	0.20	0.46	0.39
精氨酸 Arg ^{&}	0.64	0.76	0.84	0.81
组氨酸 His ^{&}	0.17	0.17	0.19	0.19
甘氨酸 Gly [⊙]	0.45	0.54	0.83	0.53
丙氨酸 Ala [⊙]	0.77	0.93	0.82	0.91
异亮氨酸 Ile ^{※★}	0.31	0.40	0.40	0.44
谷氨酸 Glu [⊙]	1.42	1.56	1.57	1.65
氨基酸总量 TAA	8.01	9.18	9.91	10.08
必需氨基酸 EAA	2.81	3.19	3.27	3.56
非必需氨基酸 NEAA	4.39	5.06	5.61	5.52
必需氨基酸/氨基酸总量×100% EAA/TAA×100%	35.08	34.75	33.00	35.32
非必需氨基酸/氨基酸总量×100% NEAA/TAA×100%	54.81	55.12	56.61	54.76
鲜味氨基酸 DAA	3.58	4.07	4.32	4.26
鲜味氨基酸/氨基酸总量×100% DAA/TAA×100%	44.69	44.34	43.59	42.26
支芳值(支链氨基酸/芳香族氨基酸) F (BCAA/AAA)	2.74	2.56	2.60	2.70

注: ※.必需氨基酸, &.半必需氨基酸, ⊙.鲜味氨基酸, ★.支链氨基酸, ☆.芳香族氨基酸

Notes: ※. essential amino acid, &. semi-essential amino acid, ⊙. flavor amino acids, ★. branched chain amino acid, ☆. aromatic amino acid

最高,中国圆田螺肉最低。非必需氨基酸则以铜锈环棱螺肉含量最高,中国圆田螺肉最低。4种螺肉中鲜味氨基酸的含量为3.58~4.32 g,占总氨基酸总量的比例均超过40%,其中中国圆田螺鲜味氨基酸占总氨基酸的比例最高,但铜锈环棱螺鲜味氨基酸的绝对含量最高。另外,4种螺肉中支链氨基酸和芳香族氨基酸的比值,即支芳值均较高,为2.56~2.74。

2.3 四种螺肉的营养价值评价

4种螺肉必需氨基酸营养价值评估结果显示,中国圆田螺赖氨酸含量,铜锈环棱螺亮氨酸和赖氨酸含量高于WHO/FAO标准,2种螺肉其余氨基酸含量均低于WHO/FAO标准(表3)。中华圆田螺各必需氨基酸含量均低于WHO/FAO标准。但梨形环棱螺除蛋氨酸和缬氨酸含量外,其余必

需氨基酸含量均高于WHO/FAO标准。根据CS分值可知,中国圆田螺、中华圆田螺和铜锈环棱螺肌肉必需氨基酸含量均不及鸡蛋蛋白,但梨形环棱螺肌肉必需氨基酸中苏氨酸、亮氨酸和赖氨酸含量较鸡蛋蛋白相当或更高,表明梨形环棱螺肉可作为人体优质苏氨酸、亮氨酸和赖氨酸源。根据AAS和CS评分可以看出,4种螺肉的第一限制性氨基酸均为蛋氨酸,第二限制性氨基酸除中国圆田螺外,其余3种螺肉均为缬氨酸。其中以CS评分为标准,中国圆田螺第二限制性氨基酸是苯丙氨酸+酪氨酸,与以AAS评分为标准获得的第二限制性氨基酸为缬氨酸略有差异。4种螺肉的EAAI值均不到80,仅梨形环棱螺的EAAI值达到74.86,表明梨形环棱螺肉的氨基酸营养价值较其他3种螺肉更优。

表3 四种螺肉必需氨基酸营养评价

Tab. 3 Evaluation of essential amino acid nutrition of four snail muscles

物种 species	项目 items	蛋氨酸 Met	苏氨酸 Thr	缬氨酸 Val	苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	亮氨酸 Leu	赖氨酸 Lys	异亮氨酸 Ile	必需氨基酸指数 EAAI
中国圆田螺 <i>C. chinensis</i>	AAS	0.36	0.93	0.75	0.80	0.94	1.17	0.76	57.53
	CS	0.22	0.79	0.56	0.54	0.78	0.90	0.57	
中华圆田螺 <i>C. cathayensis</i>	AAS	0.35	0.78	0.58	0.80	0.93	0.94	0.76	52.21
	CS	0.21	0.67	0.44	0.54	0.77	0.72	0.58	
铜锈环棱螺 <i>B. aeruginosa</i>	AAS	0.46	0.96	0.73	0.89	1.00	1.06	0.86	61.29
	CS	0.28	0.83	0.55	0.60	0.82	0.81	0.65	
梨形环棱螺 <i>B. purificata</i>	AAS	0.53	1.17	0.86	1.06	1.24	1.41	1.07	74.86
	CS	0.31	1.00	0.65	0.71	1.03	1.09	0.81	
WHO/FAO		250	220	310	340	250	380	440	
鸡蛋蛋白 egg protein		292	368	411	441	331	565	534	

3 讨论

3.1 四种螺肉的常规营养成分

蛋白质、脂肪和水分是肉的主要成分,也是体现肉类营养价值的重要指标^[16],在评价肉类营养品质中起着关键作用^[17],现有的许多报道均对肌肉的常规营养成分进行了研究^[18-19]。本研究4种螺肉的蛋白质含量为10.24%~13.11%,脂肪含量为0.38%~1.05%,属于高蛋白低脂肪肉类。4种螺的肌肉蛋白质含量与一些贝类相当或更高,但脂肪含量一般较其他贝类相当或更低,如翡翠贻贝(*Perna viridis*) (11.2%, 2.61%,前者为蛋白质含量,后者为脂肪含量)^[20]、三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*) (9.42%, 0.69%)^[21]、中国淡水蚌(*Novacu-*

lina chinensis) (9.30%, 1.00%)^[22]、河蚌(*Corbicula fluminea*) (7.00%, 1.40%)^[23]、螺蛳(*Margarya melanioides*) (8.91%, 1.20%)^[24]和绘环棱螺(*Bellamya limnophila*) (9.87%, 1.76%)^[24]等。4种螺肌肉蛋白质和脂肪含量明显低于一些淡水鱼类和贝类,如养殖的草鱼(*Ctenopharyngodon idella*) (18.18%, 6.08%)^[25]、州河鲤(*Cyprinus carpio* var. *zhouhe*) (22.4%, 6.62%)^[26]、鲫(*Carassius auratus*) (18.67%, 2.52%)^[25]、波纹巴非蛤(*Paphia undulate*) (16.10%, 1.89%)^[27]、河蚌(*Anodonta woodiana*) (15.90%, 4.07%)^[27]和马氏珠母贝(*Pinctada martensii*) (14.30%, 1.25%)^[28]等。本研究表明,4种螺肉属于高蛋白低脂肪肉类,心血管疾病和肥胖人群可以适当食用。

贝类肌肉包括整个软体部分的主要营养成分, 与品种、生活环境、饵料成分以及生长阶段密切相关。本研究中 4 种螺类肌肉常规营养成分存在显著差异, 与之前其他几种螺类肌肉营养成分比较分析的报道一致^[24, 27, 29-32], 不同的螺类肌肉营养成分存在明显差异。本研究中中国圆田螺蛋白质含量为 10.24%, 脂肪含量为 0.38%, 低于本课题组前期研究 (12.40%, 0.80%)^[6], 中华圆田螺蛋白质含量为 13.11%, 与李晓英等^[4]的研究结果 (13.89%) 相近, 高于李阅兵等^[27]的研究结果 (12.10%), 但本研究中中华圆田螺脂肪含量 (0.39%) 低于李晓英等^[4]和李阅兵等^[27]的研究结果 (0.57%)。本研究中铜锈环棱螺蛋白质含量为 11.66%, 梨形环棱螺蛋白质含量为 10.27%, 低于梁琍等^[29]和李晓英等^[4]的研究结果。铜锈环棱螺脂肪含量与之前的研究结果相近, 但梨形环棱螺脂肪水平 (1.05%) 高于梁琍等^[29]和李晓英等^[4]的研究结果。产生这一差异的原因可能与螺的种类、所处地理位置、生长环境和饵料来源不同有关。

3.2 四种螺肉的氨基酸组成与营养价值评定

4 种螺肉中均检测出 16 种氨基酸, 包括人体必需的 7 种氨基酸, 2 种半必需氨基酸和 7 种非必需氨基酸, 其中最高的均为谷氨酸, 其次为天门冬氨酸, 蛋氨酸均最低, 这与梁琍等^[29]对锦江河 3 种淡水螺营养成分分析的结果类似。谷氨酸具有降低血氨浓度的解毒作用, 在肝昏迷疾病治疗中发挥重要作用^[29-30], 说明本研究中 4 种螺肉具有一定的药用潜质。另外, 4 种螺肉必需氨基酸含量较高, 分别占总氨基酸的 35.08%、34.75%、33.00% 和 35.32%, 其构成比例与 FAO/WHO 推荐的优质蛋白质标准 (35.38%) 相近, 说明 4 种螺肉均属于优质蛋白质。中国圆田螺和梨形环棱螺必需氨基酸与总氨基酸的比值相近, 并高于中华圆田螺和铜锈环棱螺, 说明其营养价值更高。

鲜味氨基酸是食物呈现鲜味的重要物质载体, 其组成与含量在食物风味形成中起着举足轻重的作用, 目前研究一致认为, 鱼等水产动物肌肉的鲜美味道是由谷氨酸、天门冬氨酸、丙氨酸和甘氨酸 4 种鲜味氨基酸的含量决定的^[19]。本研究中 4 种螺肉的鲜味氨基酸含量均较高, 分别占总氨基酸的 44.69%、44.34%、43.59% 和 42.26%。其构成比例远高于一般淡水鱼类^[25], 如鲤 (*C. carpio*) (38.95%)、鲫 (38.54%) 和草鱼 (38.82%) 等。也高

于一些海水鱼类^[15, 33], 如大西洋鲑 (*Salmo salar*) (37.12%)、银鲑 (*Oncorhynchus kisutch*) (36.95%)、虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*) (35.98%) 和卵形鲳鲀 (*Trachinotus ovatus*) (37.72%) 等。与一些海产贝类相当^[32], 如东风螺 (*Babylonia areolata*) (44.05%)、近江牡蛎 (*Crassostrea ariakensis*) (42.16%)、管角螺 (*Hemifusus tubagmeli*) (43.52%) 和九孔鲍 (*Haliotis diversicolor*) (40.15%) 等。中国圆田螺和中华圆田螺鲜味氨基酸占总氨基酸的比例相近, 且高于 2 种环棱螺, 但 2 种环棱螺肌肉中鲜味氨基酸的绝对含量却高于 2 种圆田螺, 因此, 本研究中的 4 种螺类肌肉鲜美程度均较高。中国圆田螺等 4 种螺肉中, 高含量的鲜味氨基酸正是食品工业鲜味剂、调味品和饲料工业诱食剂的重要原料, 广西柳州螺蛳粉以环棱螺等为原料熬制汤料, 正是使用了几种螺的特色鲜味物质。从 2 种圆田螺鲜味氨基酸比例高于 2 种环棱螺的结果来看, 圆田螺具有部分替代环棱螺而成为螺蛳粉主要原料之一的潜力。

营养价值评价通常采用氨基酸评分 (AAS)、化学评分 (CS) 和必需氨基酸指数 (EAAI)。其中 AAS 和 CS 越接近 1, 说明营养价值越高越容易被人体吸收, 而评分最低的则为第一限制性氨基酸^[27]。本研究中 4 种螺类蛋氨酸的氨基酸评分和化学评分均最低, 因此第一限制性氨基酸均为蛋氨酸。这与梁琍等^[29]对铜锈环棱螺、梨形环棱螺和三带田螺 (*Viviparus trilineatus*) 的研究结果一致。进一步分析发现, 中华圆田螺各必需氨基酸的评分基本都处于 4 种螺类的最低值, 说明中华圆田螺的营养价值相对较低。鸡蛋蛋白质是目前已知最容易被人体消化吸收的动物蛋白质。4 种螺类的蛋白总体不及鸡蛋蛋白, 这与郑汉丰等^[30]对圆田螺和环棱螺等的研究结果一致。但梨形环棱螺肌肉赖氨酸和亮氨酸略高于鸡蛋蛋白, 因此食用梨形环棱螺可弥补以谷物为主的膳食赖氨酸和亮氨酸的不足。从必需氨基酸指数可以看出, 梨形环棱螺分值最高, 且接近 80, 而其他 3 种螺肉必需氨基酸指数较低, 进一步印证了梨形环棱螺的营养价值相对较高。

4 结论

综上所述, 田螺科 4 种螺肉基本营养成分存在显著差异, 营养特性方面各有所长, 但都含有

较高的蛋白质和较低的脂肪,属于高蛋白低脂肪肉类。4种螺肉必需氨基酸种类齐全、比例较高,与WHO/FAO模式推荐的标准相近,均属于优质蛋白源。但从必需氨基酸指数来看,2种环棱螺均高于2种圆田螺,说明环棱螺的营养价值更高,结合螺蛳粉产业发展需求与长江禁渔等环保需求,有必要进一步开展环棱螺养殖技术研究。4种螺肉鲜味氨基酸含量均达到42%以上,表明4种螺肉均具有浓郁的鲜美风味,具有良好的调味品开发和深加工价值,可考虑深加工成速食螺肉干或肉酱调味品等。2种圆田螺鲜味氨基酸含量高于2种环棱螺,结合基本营养成分和养殖现状,2种圆田螺有部分替代环棱螺而成为螺蛳粉的主要原料之一的潜力。本研究还阐明了4种螺成体的营养组成,可为其饲料配制提供参考依据,亦可为居民日常膳食提供参考。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

参考文献 (References):

- [1] Xiong Q P, Li H L, Zhou L, *et al.* A sulfated polysaccharide from the edible flesh of *Cipangopaludina chinensis* inhibits angiogenesis to enhance atherosclerotic plaque stability[J]. *Journal of Functional Foods*, 2020, 66: 103800.
- [2] Xiong Q P, Hao H R, He L, *et al.* Anti-inflammatory and anti-angiogenic activities of a purified polysaccharide from flesh of *Cipangopaludina chinensis*[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2017, 176: 152-159.
- [3] 刘月英,张文珍,王跃先,等.中国经济动物志-淡水软体动物[M].北京:科学出版社,1979.
- Liu Y Y, Zhang W Z, Wang Y X, *et al.* Freshwater Molluscs of Economic Fauna of China[M]. Beijing: Science Press, 1979 (in Chinese).
- [4] 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[J].食品科学,2010,31(13):276-279.
- Li X Y, Li Y, Zhou S Q, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional composition in two freshwater fingersnails[J]. *Food Science*, 2010, 31(13): 276-279 (in Chinese).
- [5] 宋焯佳,李威锋,文衍红,等.柳州淡水螺产业现状及发展对策[J].*养殖与饲料*,2020(5):136-140.
- Song Y J, Li W F, Wen Y H, *et al.* Current situation and development countermeasures of freshwater snail industry in Liuzhou[J]. *Animals Breeding and Feed*, 2020(5): 136-140 (in Chinese).
- [6] 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[J].*肉类工业*,2019(10):20-22.
- Chen L T, Du X S, Wen Y H, *et al.* Analysis of meat content and nutrient composition of three kinds of snails in Guangxi area[J]. *Meat Industry*, 2019(10): 20-22 (in Chinese).
- [7] 安然.种养结合示范带动柳州探索螺蛳粉产业扶贫新路径[J].*中国食品*,2021(2):20-21.
- An R. Demonstration of combination of planting and raising driven by Liuzhou to explore a new way of helping poverty with snail rice industry[J]. *China Food*, 2021(2): 20-21 (in Chinese).
- [8] 黎寒池.袋装柳州螺蛳粉产销突破百亿元[J].农产品市场,2021(1):7.
- Li H C. The production and sales of bags of Liuzhou Luosifen exceeded 10 billion yuan[J]. *Agricultural Products Market Weekly*, 2021(1): 7 (in Chinese).
- [9] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.3—2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].北京:中国标准出版社,2017.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. GB 5009.3-2016 National food safety standard determination of moisture in food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017 (in Chinese).
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. GB 5009.5-2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].北京:中国标准出版社,2017.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, China Food and Drug Administration. GB 5009.5-2016 National food safety standard determination of protein in food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017 (in Chinese).
- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. GB 5009.6-2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].北京:中国标准出版社,2017.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, China Food and Drug Administration. GB 5009.6-2016 National food safety standard determination of lipid in food[S]. Beijing:

- Standards Press of China, 2017 (in Chinese).
- [12] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.4-2016 食品安全国家标准 食品中灰分的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. GB 5009.4-2016 National food safety standard determination of ash in food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017 (in Chinese).
- [13] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.124-2016 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, China Food and Drug Administration. GB 5009.124-2016 National food safety standard determination of amino acids in food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017 (in Chinese).
- [14] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 食物成分表 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1980.
Institute for Nutrition and Food Hygiene of Chinese Academy of Preventive Medicine. Food composition table[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 1980 (in Chinese).
- [15] 罗辉, 周明瑞, 敬庭森, 等. 雌、雄卵形鲳鲙肌肉品质评价[J]. *南方水产科学*, 2020, 16(6): 115-123.
Luo H, Zhou M R, Jing T S, *et al.* Evaluation of muscle quality of male and female *Trachinotus ovatus*[J]. *South China Fisheries Science*, 2020, 16(6): 115-123 (in Chinese).
- [16] 刘魁武, 成芳, 应义斌. 猪肉品质检测的研究进展[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(S1): 239-242.
Liu K W, Cheng F, Ying Y B. Research progress in pork quality determination[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2008, 24(S1): 239-242 (in Chinese).
- [17] Tang X, Xu G C, Dai H, *et al.* Differences in muscle cellularity and flesh quality between wild and farmed *Coilia nasus* (Engraulidae)[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2012, 92(7): 1504-1510.
- [18] 周礼敬, 沈东霞, 詹会祥. 鱼类肌肉营养成分与人体健康研究[J]. *畜牧与饲料科学*, 2013, 34(5): 69-71.
Zhou L J, Shen D X, Zhan H X. Studies on the nutritional components of fish muscles and human health[J]. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2013, 34(5): 69-71 (in Chinese).
- [19] 刘丽, 余红心, 肖维, 等. 鱼肉品质的研究进展[J]. *内陆水产*, 2008, 33(8): 9-12.
Liu L, Yu H X, Xiao W, *et al.* Research progress on fish quality[J]. *Inland Fisheries*, 2008, 33(8): 9-12 (in Chinese).
- [20] 陈华絮. 雷州市沿海几种贝类营养成分的分析[J]. *中国食物与营养*, 2006(7): 49-51.
Chen H X. Several Leizhou coastal shellfish nutrition analysis[J]. *Food and Nutrition in China*, 2006(7): 49-51 (in Chinese).
- [21] 杨文鹤. 三角帆蚌 *Hyriopsis cumingii* 营养成分的分析[J]. *浙江水产学院学报*, 1997, 16(3): 201-207.
Yang W G. An analysis of the nutrient compositions of the *Hyriopsis cumingii*[J]. *Journal of Zhejiang College of Fisheries*, 1997, 16(3): 201-207 (in Chinese).
- [22] 饶小珍, 陈寅山, 许友勤. 中国淡水蛭的营养成份分析[J]. *福建畜牧兽医*, 2000, 22(4): 4.
Rao X Z, Chen Y S, Xu Y Q. An analysis of the nutritive compositions in *Novaculina chinensis*[J]. *Fujian Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2000, 22(4): 4 (in Chinese).
- [23] 何绪刚, 张训蒲, 徐勇, 等. 绢丝丽蚌软体部分营养成分分析及其评价[J]. *华中农业大学学报*, 2006, 25(5): 555-558.
He X G, Zhang X P, Xu Y, *et al.* The analysis and evaluation of the nutritive composition in the edible part of *Lamprotula fibrosa*[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2006, 25(5): 555-558 (in Chinese).
- [24] 陈元晓, 陈英杰, 张闻, 等. 云南省4种淡水贝类的营养成分和经济价值[J]. *四川解剖学杂志*, 2009, 17(2): 28-30.
Chen Y X, Chen Y J, Zhang W, *et al.* Nutrient ingredient analysis and economical value of four species of freshwater snails in Yunnan Province[J]. *Sichuan Journal of Anatomy*, 2009, 17(2): 28-30 (in Chinese).
- [25] 王玉林, 林婉玲, 李来好, 等. 4目13种淡水鱼肌肉基本营养成分分析[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(11): 277-283.
Wang Y L, Lin W L, Li L H, *et al.* Basic nutrient composition analysis of freshwater fish muscles based on four orders and thirteen species[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(11): 277-283 (in Chinese).

- [26] 陶秉春, 边靖, 甄润英, 等. 州河鲤、乌克兰鳞鲤成鱼肌肉营养成分的对比分析[J]. *天津农学院学报*, 2010, 17(3): 6-9.
Tao B C, Bian J, Zhen R Y, *et al.* Comparative analysis on main nutrient compositions in Zhouhe carp and Ukraine scaled carp[J]. *Journal of Tianjin Agricultural University*, 2010, 17(3): 6-9 (in Chinese).
- [27] 李阅兵, 孙立春, 刘承初, 等. 几种海水和淡水贝类的大宗营养成分比较研究[J]. *上海海洋大学学报*, 2012, 21(2): 297-303.
Li Y B, Sun L C, Liu C C, *et al.* Comparison of macronutrient components of several marine and freshwater shellfish[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2012, 21(2): 297-303 (in Chinese).
- [28] 章超桦, 吴红棉, 洪鹏志, 等. 马氏珠母贝肉的营养成分及其游离氨基酸组成[J]. *水产学报*, 2000, 24(2): 180-184.
Zhang C H, Wu H M, Hong P Z, *et al.* Nutrients and composition of free amino acid in edible part of *Pinctada martensii*[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2000, 24(2): 180-184 (in Chinese).
- [29] 梁琰, 王艳艳, 姚俊杰, 等. 锦江河3种淡水螺的营养成分分析与评价[J]. *贵州农业科学*, 2013, 41(12): 131-133,137.
Liang L, Wang Y Y, Yao J J, *et al.* Analysis and evaluation on nutritional composition of three freshwater snails in Jinjiang River[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2013, 41(12): 131-133,137 (in Chinese).
- [30] 郑汉丰, 李家乐. 浙江地区3种淡水经济贝类的营养成分分析与评价[J]. *中国农学通报*, 2012, 28(2): 78-82.
Zheng H F, Li J L. Analysis and evaluation on nutritional components of three freshwater mussels from Zhejiang Province[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2012, 28(2): 78-82 (in Chinese).
- [31] 陈元晓, 田明, 张闻, 等. 云南省4种陆生贝类的营养成分分析[J]. *动物学杂志*, 2008, 43(2): 106-110.
Chen Y X, Tian M, Zhang W, *et al.* Nutrient ingredient analysis on four species of land snails in Yunnan Province[J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2008, 43(2): 106-110 (in Chinese).
- [32] 迟淑艳, 周歧存, 周健斌, 等. 华南沿海5种养殖贝类营养成分的比较分析[J]. *水产科学*, 2007, 26(2): 79-83.
Chi S Y, Zhou Q C, Zhou J B, *et al.* Comparative nutrition components in five cultured Molluscs in Coastal South China[J]. *Fisheries Science*, 2007, 26(2): 79-83 (in Chinese).
- [33] 岑剑伟, 郝淑贤, 魏涯, 等. 不同来源鲑科鱼肌肉营养成分组成比较[J]. *南方农业学报*, 2020, 51(1): 176-182.
Cen J W, Hao S X, Wei Y, *et al.* Comparison of nutrition components difference of Salmonidae from different countries[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2020, 51(1): 176-182 (in Chinese).

Muscle nutrition analysis of four snail species of Viviparidae

LUO Hui¹, CHEN Liting², JING Tingsen¹, SUN Wenbo¹, LI Zhe¹, ZHOU Mingrui¹, QIN Junqi³,
DU Xuesong³, WEN Luting³, PAN Xianhui³, ZHOU Kangqi³, FAN Huihui²,
YE Hua¹, BIN Shiyu^{2*}, LIN Yong^{3*}

(1. Key Laboratory of Freshwater Fish Reproduction and Development, Ministry of Education,

College of Fisheries, Southwest University, Chongqing 402460, China;

2. College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin 541006, China;

3. Key Laboratory of Aquaculture Genetic Breeding and Healthy Culture,

Guangxi Fishery Science Research Institute, Nanning 530021, China)

Abstract: The snails of Viviparidae, including *Cipangopaludina chinensis*, *C. cathayensis*, *Bellamya aeruginosa*, *B. purificata* etc., are commonly known as field snails, and widely distributed in freshwater areas in China. Most of the Viviparidae possess certain economic value, and their meat and shells can be used for edible, medicinal use or as feed for livestock, poultry and aquatic animals. *B. aeruginosa* and *B. purificata* are the main raw material of Liuzhou river snails rice noodle. With the rapid development of product and sales of river snails rice noodle, the demand for *Bellamya* is greatly increased. However, there is limited artificial cultivation of *Bellamya*. Presently, the freshwater snail species in artificial cultivation mainly include *C. chinensis* and *C. cathayensis*. Moreover, the facts are largely unclear that the nutritional differences exist among *C. chinensis*, *C. cathayensis*, *B. aeruginosa*, and *B. purificata*, and whether *C. chinensis* and *C. cathayensis* can be used as the main raw materials for river snails rice noodle replacing *B. aeruginosa*, and *B. purificata*. In order to examine the differences of muscle nutritional components and evaluate the nutritional values of four snails of Viviparidae, the national standard methods were adopted to determine the nutrition components in the muscle of *C. cathayensis*, *C. chinensis*, *B. aeruginosa* and *B. purificata*. The results showed that there were significant differences in moisture, crude protein and crude fat in muscle of four snail species ($P<0.05$), however, the content of ash was similar among the four snail species ($P>0.05$). The highest muscle moisture was found in *C. chinensis* (81.28%), which was significantly higher than those of the other three snail species ($P<0.05$). *C. cathayensis* had the highest muscle protein (13.11%), which was significantly higher than those of *C. chinensis* and *B. purificata*. The highest muscle fat content was found in *B. purificata* (1.05%), which was significantly higher than the other three snail species ($P<0.05$). There were 16 common amino acids in four snail species, including 7 essential amino acids and 2 semi-essential amino acids, of which the first limiting amino acids was methionine. In addition, the contents of umami amino acids of the four snail species were higher than 40%, and the content of glutamate was much higher than the other 15 amino acids. The proportion of essential amino acids to total amino acids (EAA/TAA) in the muscle from all four snail species was more than 33%, of which the EAA/TAA in *C. chinensis* and *B. purificata* was more than 35%, which was close to the standard recommended by WHO/FAO model (35.38%). However, the EAAI value of all four snail species was lower, less than 80 points, and the EAAI value of *B. purificata* was the highest, reaching 74.86. The findings of this study suggested that the muscles of the four snails were rich in nutritional composition and balanced in amino acid proportion, and all of them could provide high quality protein sources. In particular, the content of umami amino acids is rich, which has great value for condiment developing and deep processing. In addition, this study clarified the nutritional composition of four snail species, which can provide a basis for their feed preparation, and can also provide an index for the resident's daily diet.

Key words: *Cipangopaludina chinensis*; *Cipangopaludina cathayensis*; *Bellamya aeruginosa*; *Bellamya purificata*; nutrient component; amino acids; nutritional evaluation

Corresponding authors: BIN Shiyu. E-mail: binsy@gxnu.edu.cn;

LIN Yong. E-mail: linnn2005@126.com

Funding projects: Guangxi Innovation-driven Development Projects (Guike AA17204095-6, Guike AA20302019-6)