

## 光裸星虫营养成分和药理作用的研究进展

陈伟耀<sup>1</sup>, 李金兰<sup>1</sup>, 陈伟寿<sup>1</sup>, 陈振国<sup>2</sup>

(1. 湛江丰联水产有限公司, 广东湛江 524006; 2. 湛江市碧海湾水产科技有限公司, 广东湛江 524382)

**摘要** 综述了光裸星虫营养成分及抗疲劳、抗氧化、抗病毒、抗菌和抗血栓等药理作用的研究进展, 为光裸星虫的深入研究和开发利用提供参考。

**关键词** 光裸星虫; 营养成分; 药理作用

中图分类号 S917.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)12-0020-03

### Research Progress on Nutrition Ingredients and Pharmacological Effects of *Sipunculus nudus*

CHEN Wei-yao, LI Jin-lan, CHEN Wei-shou et al (Zhanjiang Fenglian Aquatic Products Co., Ltd., Zhanjiang, Guangdong 524006)

**Abstract** The research progress of the nutritional ingredients and pharmacological effects, such as anti-fatigue, antioxidation, antiviral, antibacterial and antithrombotic of *Sipunculus nudus* were reviewed, which provided a reference for the further research and development of *Sipunculus nudus*.

**Key words** *Sipunculus nudus*; Nutrition ingredients; Pharmacological effects

光裸星虫 (*Sipunculus nudus*), 又称方格星虫<sup>[1]</sup>、裸体方格星虫, 俗称沙虫, 为星虫动物门习见种, 广泛分布于全球热带、亚热带和温带沿海自沿岸至 30 m 深的海域, 我国沿海均能采集<sup>[2]</sup>, 其中以北部湾沿海光裸星虫资源最丰富。研究表明, 光裸星虫不仅营养丰富, 而且还具有抗氧化、抗疲劳、抗病毒、抗菌等药理作用, 具有潜在的药用价值。笔者总结了近年来光裸星虫营养成分和药理作用方面的研究进展, 为光裸星虫生物资源的深入研究与开发利用提供参考。

#### 1 营养成分分析及评价

**1.1 粗蛋白** 光裸星虫成体体壁干品的粗蛋白含量为 64.60%~84.17%<sup>[3-4]</sup>, 高于许多海洋无脊椎动物和海洋鱼类, 属于高蛋白海洋生物, 但光裸星虫的蛋白含量存在地区差异。李珂娴等<sup>[3]</sup>检测发现温岭、海口和北海 3 个地区方格星虫干的粗蛋白含量分别为 64.60%、78.30% 和 79.90%, 均为 74.27%; 而罗少杰等<sup>[4]</sup>研究发现北海、东海岛、遂溪和漳州 4 地光裸星虫粗蛋白含量也存在差异, 部分地区之间粗蛋白含量差异显著 ( $P < 0.05$ ), 总体上粗蛋白占体壁干重的平均百分数为  $(80.54 \pm 3.11)\%$ ; 不同发育阶段光裸星虫的蛋白含量也有差异, 董兰芳等<sup>[5]</sup>研究表明光裸星虫幼虫、稚虫和成虫的粗蛋白质量分数分别为 56.46%、66.40% 和 74.84%, 幼虫粗蛋白含量最低, 而成虫的粗蛋白含量最高。

**1.2 氨基酸组成** 食物蛋白质营养价值的高低, 主要取决于所含必需氨基酸的种类、数量及比例。研究表明, 方格星虫含有 18 种氨基酸, 包括 8 种人类必需氨基酸, 总氨基酸 (TAA) 占干重的 56.03%~75.06%, 必需氨基酸 (EAA) 占干重的 17.53%~26.22%, 必需氨基酸占总氨基酸的比例 (EAA/TAA) 为 34.06%~35.47%, 蛋白质营养效价接近 FAO/WHO 的标准 (36.00%), 必需氨基酸与非必需氨基酸 (EAA/NEAA) 的比例为 53.91%~67.05%, 接近或高于

FAO/WHO 理想评分模式的标准 (60.00%)<sup>[6-7]</sup>; 罗少杰等<sup>[4]</sup>研究表明, 光裸星虫蛋氨酸 (Met) 和缬氨酸 (Val) 的氨基酸评分 (AAS) 分别为 0.81 和 0.84, 为第一限制氨基酸和第二限制氨基酸, 其他必需氨基酸均大于 1.00, 其中赖氨酸 (Lys) 的 AAS 最高, 平均为 1.37; 而黄岛平等<sup>[8]</sup>也得到相似的研究结果, 方格星虫必需氨基酸评分 (AAS) 为 0.56~1.15, 第一限制性为缬氨酸, 以赖氨酸 (Lys) 的 AAS 最高, 超过 (WHO/FAO) 标准的 1.01 倍, 对于以谷物食品为主的膳食者而言, 其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综合利用率。

食品的风味则与呈味氨基酸的组成和含量有密切关系。光裸星虫富含多种呈味氨基酸 (DAA), 质量分数最高的 5 种氨基酸中, 4 种为呈味氨基酸, 其中谷氨酸 (Glu) 质量分数最高达 9.51%~11.78%, 天冬氨酸 (Asp) 其次, 为 6.58%~7.56%, 而精氨酸 (Arg)、丙氨酸 (Ala)、甘氨酸 (Gly) 质量分数也较高, 均大于 5.00%, 呈味氨基酸 (DAA) 含量占干重的 30.60%~32.23%, 呈味氨基酸含量达到氨基酸总量 (DAA/TAA) 的 41.39%~50.44%<sup>[4,6]</sup>。

**1.3 粗脂肪** 光裸星虫粗脂肪占体壁干重的 1.45%~3.08%<sup>[3-4]</sup>。朱银玲等<sup>[9]</sup>研究表明光裸星虫的粗脂肪含量为 2.23%, 并与几种海洋鱼类和淡水鱼类的粗脂肪含量进行比较, 认为光裸星虫的粗脂肪含量适中; 梁川等<sup>[10]</sup>研究表明光裸方格星虫虫体单不饱和脂肪酸总量 (MUFA) 最低, 饱和脂肪酸总量 (SFA) 次之, 多不饱和脂肪酸 (PUFA) 总量最高, 多不饱和脂肪酸 (PUFA) 在总脂肪酸中的比例高达 44.51%。不同海域和不同发育阶段的光裸星虫粗脂肪含量有明显差异, 罗少杰等<sup>[4]</sup>研究表明, 北海、东海岛、遂溪和漳州 4 个产地的光裸星虫虫体大小无显著差异 ( $P > 0.05$ ), 但粗脂肪含量却存在显著差异 ( $P < 0.05$ ); 董兰芳等<sup>[5]</sup>研究发现方格星虫幼虫、稚虫和成虫的粗脂肪质量分数分别为  $(2.51 \pm 0.03)\%$ 、 $(2.65 \pm 0.09)\%$  和  $(2.95 \pm 0.11)\%$ , 成虫的粗脂肪含量明显高于幼虫和稚虫的粗脂肪含量, 具有显著差异 ( $P < 0.05$ )。随着方格星虫的生长发育, 粗脂肪占方格星虫干质

**基金项目** 广东省科技计划项目 (2016A020209010)。

**作者简介** 陈伟耀 (1987—), 男, 广东湛江人, 助理工程师, 硕士, 从事海洋经济动物发育生物学研究。

**收稿日期** 2018-01-29

量的比例呈增长趋势。

**1.4 总糖** 光裸星虫糖类占体壁干品质量的 4.91% ~ 12.52%<sup>[3,9]</sup>。董兰芳等<sup>[5]</sup>研究表明,方格星虫幼虫、稚虫和成虫的总糖质量分数分别为(8.35 ± 0.16)%、(5.81 ± 0.11)%、(5.62 ± 0.07)%,总糖含量随着生长发育而呈下降趋势,其中幼虫的总糖含量最高;李珂娴等<sup>[3]</sup>比较发现海口、温岭和北海 3 个产地方格星虫总糖分别占体壁干品总质量的 2.30%、12.52%、5.67%,存在明显的地区差异。可见不同发育阶段和不同地区,光裸星虫的总糖含量存在明显差异。

**1.5 矿物质元素** 矿物质元素参与人体多种代谢途径,对维持人体各项生理机能的正常运转具有重要作用。光裸星虫含有丰富的矿物质元素,胡笑丛<sup>[11]</sup>对光裸星虫中的微量元素进行测定和评价,结果表明,样品中营养元素 K 含量最丰富,其次是 Na、Mg、Ca、Fe、Zn、Cu、Se 等,而对人体有害的重金属微量元素如 As、Pb、Cd 等含量低,说明试验所选光裸星虫的生活环境良好;理化性质相似的元素,其生物学功能是相互拮抗的,锌铜比大于 10 时拮抗作用明显<sup>[12]</sup>,黄岛平等<sup>[8]</sup>研究发现,光裸星虫锌铜原子比约为 3.55,锌铁比约为 0.03,说明光裸星虫锌铜和锌铁比值合理。

## 2 药理作用

**2.1 抗疲劳和延缓衰老** 沈先荣等<sup>[13]</sup>口给予小鼠不同剂量方格星虫提取物 30 d 后,小鼠负重游泳时间随着给药剂量的增加逐渐延长,说明方格星虫提取物能显著加快血乳酸消除和降低血清尿素氮水平;沈先荣等<sup>[14]</sup>研究表明,方格星虫提取物经口给予 SD 大鼠不同剂量的方格星虫提取物 30 d 后,大鼠血清 MDA 含量显著降低,血清 SOD 活性显著增强,方格星虫提取物显著延长雌雄果蝇的平均寿命,显著延长雄果蝇的最高寿命;刘玉明等<sup>[15]</sup>以方格星虫多糖灌胃给药,结果发现方格星虫多糖各剂量组明显延长了小鼠的游泳时间。相应剂量给药小鼠血清尿素氮明显减低,乳酸脱氢酶显著升高,肝糖原、肌糖原也呈上升趋势,低剂量用药能显著提高 SOD 活性和降低 MDA 含量。上述研究表明方格星虫具有较好的抗疲劳和延缓衰老的作用。

**2.2 抗氧化** 张桂和等<sup>[16]</sup>用木瓜蛋白酶对方格星虫进行酶促水解,发现酶解物冻干粉含有抗氧化作用的营养成分。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 能明显引起红细胞溶血,当在 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 体系中加入方格星虫酶解物后,溶血度显著降低,说明方格星虫酶解物可抑制红细胞氧化作用,方格星虫酶解物还能清除邻苯三酚自氧化反应所生成的 O<sub>2</sub><sup>·-</sup>,其抑制率随酶解物浓度的增加而增加,说明方格星虫酶解物有较强的抗氧化作用;董兰芳等<sup>[17]</sup>通过水提和碱提 2 种方法提取的方格星虫粗多糖均有一定的抗氧化性。水提和碱提多糖浓度均在 800 μg/mL 时对羟自由基的清除能力最强,清除率分别为 40.32% 和 39.86%;2 种多糖浓度分别在 800 和 600 μg/mL 时对超氧自由基的抑制作用最大,抑制率分别为 9.91% 和 5.86%。研究表明,水提方格星虫粗多糖的抗氧化性强于碱提粗多糖,可能原因是活性多糖在不同体系中溶解度不同或者在不同体系中结构

发生改变<sup>[18]</sup>,热水提取条件较碱液提取温和,一定程度上避免了活性多糖的降解,因而水提多糖的抗氧化性较碱提多糖高。综上所述,光裸星虫具有一定程度的抗氧化作用。

**2.3 抗血栓** 刘欣等<sup>[19]</sup>研究表明,光裸星虫提取物能明显延长家兔外血浆凝血酶原时间、外血浆凝血酶原时间和凝血酶时间,抑制大鼠动静脉旁路血栓形成,减轻血栓湿重和干重,具有清除 OH 自由基的作用以及不同程度地溶解纤维蛋白的作用,说明光裸星虫提取物具有很好的抗血栓形成的作用;雷丹青等<sup>[20]</sup>从裸体方格星虫内脏分离纯化得到纤维蛋白溶解酶(纤溶酶),裸体方格星虫纤溶酶纤溶活性完全被苯甲基磺酰氟(PMSF)抑制,为丝氨酸蛋白酶;此外,裸体方格星虫纤溶酶具有直接溶解纤维蛋白和激活纤溶酶原的双重作用,且低毒安全,对预防和治疗血栓性疾病具有一定的药用价值,为新型溶栓药物的开发提供新思路。

**2.4 抗乙型肝炎病毒** 沿海地区民间常用方格星虫作为乙肝病人治疗的偏方,但其抗 HBV 效果无相关的试验证据。夏乾峰等<sup>[21]</sup>研究发现,方格星虫多糖(SNPs)在体外对于 HBV 的 DNA 复制、HBsAg 和 HBeAg 的分泌均具有较强抑制作用。这种抑制存在剂量与时间依赖性。但由于体外研究的 HBV 是整合在 HepG2 细胞染色体上,复制方式与自然感染不同,不能被清除,并不能反映体内所特有的免疫调节和体内代谢对药物效果的影响;夏乾峰等<sup>[22]</sup>建立重庆麻鸭乙肝模型,进一步探讨方格星虫多糖(SNPs)治疗乙型肝炎的机制。结果发现 SNPs 不同剂量组对体内 HBV - DNA 复制均有不同程度的抑制( $P < 0.05$ ),说明 SNPs 在体内有一定抑制 HBV 复制作用,此为抗乙肝药物的研制提供了新思路。但具体作用机制及效价等有待进一步研究。

**2.5 抗菌** 夏乾峰等<sup>[23]</sup>研究发现不同方格星虫多糖浓度对黄色葡萄球菌、大肠杆菌埃希菌和枯草杆菌 3 种试验菌的生长均有抑制作用,且浓度越高抗菌活性越强;董兰芳等<sup>[17]</sup>通过比较水提和碱提方格星虫粗多糖的抗菌活性,结果发现,水提粗多糖对副溶血弧菌(*Vibrio parahaemolyticus*)不敏感,对枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)中度敏感,对其他细菌均为低敏感;碱提粗多糖对大肠杆菌(*Escherichia coli*)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)和鳃弧菌(*Vibrio anguillarum*)低敏感,对白葡萄球菌(*Staphylococcus cremoris*)和副溶血弧菌中度敏感,对枯草芽孢杆菌和藤黄八叠球菌(*Sarcinal lutea*)高度敏感。这表明碱提粗多糖的抗菌活性较水提粗多糖强。原因可能是水、碱抽提处理时,多糖成分中的侧链和糖苷键结构不同程度地降解断裂<sup>[24]</sup>,多糖相对分子质量出现差异,使其抗菌活性也表现出一定的差异。碱提多糖相对分子质量不均一,易得到对细菌抑制较好的多糖分子;热水提取条件则相对温和,水提多糖相对分子量的分布范围较窄,对细菌的抑制有一定的局限性。另外,由于革兰氏阳性菌和阴性菌的细胞壁组成和结构不同,其抑菌原理也有所差异<sup>[24-25]</sup>。这在一定程度上解释了相对分子质量对多糖抗菌性能有影响的原因。

**2.6 免疫调节** 蒋定文等<sup>[26]</sup>研究表明,方格星虫提取物能

显著提高小鼠的胸腺指数和脾指数,促进脾脏T淋巴细胞转化;彭晓娜等<sup>[27]</sup>研究表明,方格星虫粗多糖(CSG)能够对抗环磷酸胺引起的小鼠胸腺萎缩和脾萎缩,明显拮抗白细胞减少,但对正常小鼠免疫器官无明显的增重作用,对正常小鼠腹腔巨噬细胞吞噬中性红能力有显著的增强作用。方格星虫多糖粗品(CSG)和精制多糖(SG<sub>1</sub>和SG<sub>2</sub>)能够促进小鼠脾淋巴细胞增殖,增强细胞免疫,且能与ConA协同作用;李珂娴等<sup>[28]</sup>研究发现方格星虫多糖(SNP)具有促进小鼠碳廓清速率和小鼠肝脏与脾脏对异物的吞噬功能,能明显提高小鼠的体液免疫和细胞免疫能力。

### 3 小结

光裸星虫是重要的海洋底栖经济动物,具有较高的营养价值,其酶解物和提取物具有抗氧化和抗血栓等药理作用,具有潜在的药用价值。但由于酶解物和提取物中成分较复杂,还需要拓展研究广度,探明众多具体活性成分的药理作用。研究表明,光裸星虫多糖具有多种药理作用,目前对光裸星虫多糖的相关研究也较深入,包括光裸星虫多糖的分离纯化及性质鉴定<sup>[29]</sup>,提取方法的条件优化及效果比较<sup>[30]</sup>,还有多糖胶囊的制备及质量控制<sup>[31]</sup>等,但仍存在提取多糖的纯度不高、得率低<sup>[32]</sup>和结构易受到破坏等问题,对光裸星虫多糖的研究有待深入。

### 参考文献

- [1] 刘凌云,郑光美.普通动物学[M].3版.北京:高等教育出版社,1997:194.
- [2] 李凤鲁,孔庆兰,史贵田,等.中国沿海方格星虫属(星虫动物门)的研究[J].青岛海洋大学学报,1990,20(1):93-99.
- [3] 李珂娴,沈先荣,蒋定文,等.三产地方格星虫主要营养成分比较[J].海军医学杂志,2010,31(1):1-3.
- [4] 罗少杰,杨创业,王庆恒,等.光裸星虫4个野生群体的营养成分分析与品质评价[J].广东海洋大学学报,2016,36(1):25-30.
- [5] 董兰芳,张琴,童潼,等.不同生长发育阶段方格星虫氨基酸组成的研究[J].南方水产科学,2012,8(5):60-65.
- [6] 刘永强,黄岛平,陈建红,等.广西北部湾方格星虫氨基酸组成与营养价值评价[J].安徽农业科学,2012,40(27):13401-13402,13521.
- [7] 刘旭佳,彭银辉,黄国强.广西北海不同海域方格星虫(*Sipunculus nudus*)干体氨基酸组成及营养评价[J].生态学杂志,2016,35(3):741-746.
- [8] 黄岛平,刘永强,林葵,等.北部湾囊星虫和方格星虫主要营养成分比较分析[J].大众科技,2012,14(8):172-173,169.

(上接第3页)

### 3 讨论与结论

“紫娟”茶中不仅含有丰富的花青素,还含有较多的原花青素,故具有良好的保健功效。试验考察了温度、提取时间及茶样粉碎度对原花青素提取效果的影响,结果表明,随着各指标水平的提升,原花青素含量都有不同程度的增加,其中温度相对于其他指标对原花青素的提取率影响更大。利用(+)-儿茶素外标法所测得的“紫娟”茶提取物中的原花青素的质量分数平均为64.11%,其平均聚合度为3.09,儿茶素的原花青素应以低聚合度的形式存在于“紫娟”茶中。

### 参考文献

- [1] 杨兴荣,包云秀,黄玫.云南稀有茶树品种“紫娟”的植物学特性和品质特征[J].茶叶,2009,35(1):17-18.

- [9] 朱银玲,李思东,周俊,等.沙虫中营养元素和常规营养成分分析[J].化学世界,2012(5):269-271.
- [10] 梁川,刘小玲.广西两种星虫营养及生物质量比较分析[J].轻工科技,2016(1):8-10,35.
- [11] 胡笑丛.星虫微量元素含量的测定[J].水产科学,2005,24(6):12-14.
- [12] HILL C H, MATRONE G. Chemical parameters in the study of in vivo and in vitro interactions of transition elements[J]. Federation proceedings, 1970, 29(4):1474-1481.
- [13] 沈先荣,蒋定文,贾福星,等.海洋星虫提取物的抗疲劳作用研究[J].中华航海医学与高气压医学杂志,2003,10(2):112-114.
- [14] 沈先荣,蒋定文,贾福星,等.方格星虫延缓衰老作用研究[J].中国海洋药物,2004,23(1):30-32.
- [15] 刘玉明,钱甜甜,莫琳芳,等.方格星虫多糖对运动小鼠抗疲劳作用实验研究[J].中国海洋药物,2012,31(3):41-44.
- [16] 张桂和,赵谋明,巫宏宏.方格星虫酶解物成分分析及其抗氧化作用[J].食品与生物技术学报,2007,26(3):80-84.
- [17] 董兰芳,张琴,童潼,等.方格星虫多糖抗菌和抗氧化活性研究[J].广西科学,2013,20(4):289-293.
- [18] 苏永昌,刘淑集,王茵,等.鲍鱼内脏多糖的提取及其抗氧化活性研究[J].吉林农业,2010(10):170-171.
- [19] 刘欣,唐于平,刘睿,等.光裸星虫提取物对血栓形成的影响[J].中国海洋药物,2013,32(2):17-25.
- [20] 雷丹青,李肖肖,廖共山.广西沿海裸体方格星虫纤维蛋白溶解酶的研究[J].天然产物研究与开发,2013,25(7):897-902.
- [21] 夏乾峰,谭河林,覃西,等.方格星虫多糖体外抗乙型肝炎病毒活性的研究[J].山东医药,2009,49(8):35-37.
- [22] 夏乾峰,谭河林,覃西,等.方格星虫多糖抗乙型肝炎病毒的实验研究[J].山东医药,2010,50(7):44-45.
- [23] 夏乾峰,谭河林,覃西,等.方格星虫多糖抗菌活性的初步研究[J].中国热带医学,2007,7(12):2192-2193.
- [24] 张雅利,梁花香,曹娜.提取方法对柿多糖提取率及生物活性的影响[J].食品与生物技术学报,2008,27(6):18-22.
- [25] 刘翰杰,吴大洋,汪涛.壳聚糖的抗菌性研究进展与抗菌纺织品开发[J].纺织学报,2010,31(7):145-150.
- [26] 蒋定文,沈先荣,贾福星,等.海洋星虫提取物的营养分析及免疫调节作用的初步观察[J].中国生化药物,2004,25(2):96-97.
- [27] 彭晓娜,雷晓凌.方格星虫多糖对小鼠免疫活性的影响[J].广东海洋大学学报,2007,27(4):54-57.
- [28] 李珂娴,沈先荣,何颖,等.方格星虫多糖对小鼠免疫功能的影响[J].中国海洋药物,2012,31(1):46-49.
- [29] 张桂和,赵谋明,王炜.方格星虫多糖分离纯化及性质鉴定[J].食品与生物技术学报,2006,25(4):63-66.
- [30] 张琴,童潼,许明珠,等.酶法提取方格星虫多糖的条件及优化[J].广西科学,2014,21(2):158-163.
- [31] 刘玉明,钱甜甜,蒋定文,等.海洋星虫多糖胶囊的制备及质量控制[J].中国海洋药物,2014,33(5):71-76.
- [32] 董兰芳,张琴,童潼,等.方格星虫体腔液多糖的提取及体外抗氧化活性[J].食品研究与开发,2015,36(11):46-49.

- [2] 于攀.原花青素对紫外线诱导晶状体上皮细胞氧化损伤保护作用的研究[D].沈阳:中国医科大学,2010:1-41.
- [3] 高羽,董志.原花青素的药理学研究现状[J].中国中药杂志,2009,34(6):651-655.
- [4] IX-ISO. Determination of substances characteristic of green and black tea-part 2: Content of catechins in green tea-Method using high-performance liquid chromatography: ISO14502-2:2005[S]. Geneva (Switzerland): International Organization for Standardization, 2005.
- [5] BUTLER L G, PRICE M L, BROTHERTON J E. Vanillin assay for proanthocyanidins (condensed tannins): Modification of the solvent for estimation of the degree of polymerization[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 1982, 30(6):1087-1089.
- [6] SUN B S, RICARDO-DA-SILVA J M, SPRANGER I. Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 1998, 46(10):4267-4274.
- [7] BRADFORD M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. Analytical biochemistry, 1976, 72(1/2):248-254.
- [8] 钟萝.茶叶品质理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1989:334-338.