

化痰散结海洋中药化学成分、药理作用研究进展

韦柳植^{1,2,3}, 郭家庚^{1,2,3}, 夏中尚^{1,2,3}, 谢金玲^{1,2,3}, 杜正彩^{1,2,3}, 侯小涛^{1,2,3,4}, 郝二伟^{1,2,3*}, 邓家刚^{1,2,3*}

1. 广西中医药大学 广西中药药效研究重点实验室, 广西 南宁 530200
2. 广西中医药大学 中药资源循环利用广西高校工程研究中心, 广西 南宁 530200
3. 广西中医药大学 广西中医湿病方药理论与转化重点实验室, 广西 南宁 530200
4. 广西中医药大学药学院, 广西 南宁 530200

摘要: 海洋中药在中医药领域中具有独特的地位和价值, 其中化痰散结海洋中药具有丰富的储备资源及药理作用, 临床上用于治疗慢性阻塞性肺疾病、甲状腺结节、肺结节等疾病, 研究价值广泛。海洋中药品种众多, 录入《中华海洋本草》的化痰散结海洋中药共有 52 种, 其中海藻类 27 种、动物类有 25 种。其主要活性成分包括多酚、多糖、氨基酸、多肽、碳酸钙、无机素等。现代研究表明化痰散结海洋中药具有抗肿瘤、抗氧化、抗炎、免疫调节等药理作用, 通过对国内外有关化痰散结海洋中药文献进行系统整理, 对其化学成分和药理作用机制进行综述, 为该类药物海洋中药的深入研究及开发利用提供参考。

关键词: 海洋中药; 化痰散结; 海藻; 多酚; 抗肿瘤

中图分类号: R285 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2025)07-2571-11

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.07.030

Research progress on chemical composition and pharmacological effects of marine traditional Chinese medicine with dissolving phlegm and dissipating masses

WEI Liuzhi^{1,2,3}, GUO Jiageng^{1,2,3}, XIA Zhongshang^{1,2,3}, XIE Jinling^{1,2,3}, DU Zhengcai^{1,2,3}, HOU Xiaotao^{1,2,3,4},
HAO Erwei^{1,2,3}, DENG Jiagang^{1,2,3}

1. Key Laboratory of Pharmacodynamic Research of Chinese Medicine in Guangxi, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530200, China
2. University Engineering Research Center of Reutilization of Traditional Chinese Medicine Resources, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530200, China
3. Key Laboratory of Theory and Transformation of Chinese Medicine for Dampness and Wetness Diseases in Guangxi, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530200, China
4. School of Pharmacy, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530200, China

Abstract: Marine traditional Chinese medicines (TCMs) has a unique status and value in the field of TCMs, among them, marine TCMs have rich reserve resources and pharmacological effects. It is clinically used to treat chronic obstructive pulmonary diseases, thyroid nodules, pulmonary nodules and other diseases, and has a wide range of research value. There are many varieties of marine TCMs, and 52 species of marine TCMs for dissolving phlegm and dissipating masses have been included in marine TCMs, including 27 species of algae and 25 species of animals. Its main chemical active components include polyphenols, polysaccharides, amino acids, peptides, calcium carbonate, inorganic elements, etc. Modern studies have shown that marine TCMs has antitumor, antioxidant, anti-inflammatory, immunomodulatory and other pharmacological effects. By systematically sorting out domestic and foreign literature on marine TCMs for dissolving phlegm and dissipating masses, and reviewing their chemical components and pharmacological mechanism of action, this paper provides references for the in-depth study and development and utilization of this class of marine TCMs.

Key words: marine traditional Chinese medicine; dissolving phlegm and dissipating masses; sargassum; polyphenol; antitumor

收稿日期: 2024-12-05

基金项目: 广西中医药大学“桂派中医传承创新团队”项目(2022A005)

作者简介: 韦柳植, 女, 硕士研究生, 研究方向为中药基础理论与药效筛选。E-mail: 897870179@qq.com

*通信作者: 邓家刚, 教授, 博士生导师, 从事中药基础理论与药效筛选研究。E-mail: dengjg53@126.com

郝二伟, 教授, 博士生导师, 从事中药基础理论与药效筛选研究。E-mail: ewhao@163.com

《景岳全书》记载：“痰必因病而生，非病之因痰而致”。指出疾病多有痰困扰，痰既是诸多疾病产生的原因又是病理产物。《丹溪心法》中写道：“凡人身，上中下有块者，多是痰”。可知，身上的结节肿块大多是由痰导致的。结节是一种可出现在甲状腺、肺部、乳腺等多部位的肉芽肿性疾病，其形成与细胞异常增生、炎症反应或组织损伤密切相关，受到遗传、激素水平、环境因素等多方面的影响^[1]。中医中没有“结节”这一病名，根据病症将其归类于“积聚”“痞块”“痰核”等范畴，通常是指体内因气血瘀滞、痰湿凝结等因素导致的肿块或局部积聚^[2-3]。人体脾虚失运，津液输布失常，导致痰湿凝聚，而痰湿是人体津液代谢障碍的病理产物，长期堆积体内易形成结节甚至肿瘤，严重危害人体健康^[4]。然而目前临床上，消除结节仍然缺乏非毁伤性治疗手段，寻求新的治疗途径成为一种必然趋势。化痰散结是基于痰湿理论所衍生出的一种治疗理念和方法，通过化痰散结可以消除体内的痰湿和结节^[5]。海洋中药受海水的咸寒特质影响具有化痰散结功效的天然优势，临床上可参与慢性阻塞性肺疾病、甲状腺肿大、乳腺癌等疾病的治疗，具有研发新药潜力^[6-8]。本文系统综述了化痰散结海洋中药种类、主要化学成分、药理作用及作用机制，为其开发利用提供参考。

1 化痰散结海洋中药种类

化痰散结海洋中药品种主要确定依据《中华海洋本草》^[9]进行，《海洋中药学》^[10]、中国知网、万方等数据库作为数据来源补充，检索词为“化痰散结”“海洋中药”“化痰散结与中药”“化痰散结与海洋中药”等。纳入标准：既具有祛痰或化痰或消痰又具有“软坚”或“消坚”或“散结”等功效的海洋中药。药物名称优先依据《中国药典》2020 年版^[11]进行规范。目前化痰散结海洋中药共有 52 种，其中海藻类 27 种（1~27）、动物类有 25（28~52）种。种类归纳详见表 1。

2 主要化学成分

化痰散结海洋中药化学成分种类众多，主要有多酚类、多糖类、氨基酸类、多肽类、碳酸钙（CaCO₃）、无机素等成分，此外还有类胡萝卜素、脂肪酸、维生素等其他化学成分。

2.1 多酚类

多酚是植物体内复杂酚类新陈代谢过程中产生的化学成分，具有多种活性，包括抗氧化、免疫

表 1 不同种类化痰散结海洋中药

Table 1 Different types of marine traditional Chinese medicine for resolving phlegm and dissipating masses

序号	药物名称	序号	药物名称
1	钩凝菜	27	昆布
2	糕菜	28	蛤壳
3	篮子	29	纹斑巴非蛤
4	萱藻	30	海蛤壳
5	鹅肠菜	31	硬壳蛤
6	琼枝	32	和葛巴非蛤
7	鸡冠菜	33	瓦楞子
8	海藻	34	钳蛤
9	海茜	35	海蜇
10	礁膜	36	海仙人掌
11	厚礁膜	37	嫁蛾
12	石莼	38	玉螺壳
13	干苔	39	眼球贝
14	紫菜	40	辣螺
15	石花菜	41	海菊蛤
16	海萝	42	牡蛎
17	厚膜藻	43	满月蛤壳
18	龙须菜	44	蛤蜊粉
19	海藻石	45	樱蛤壳
20	海蕴	46	豆斧蛤壳
21	铁钉菜	47	紫云蛤
22	巨藻	48	海胆
23	鹿角菜	49	鲷鱼
24	软丝藻	50	海蛾
25	大叶藻	51	龙涎香
26	海带	52	浮海石

调节、降糖、抗炎和抗肿瘤等功效^[12-13]，对癌症、糖尿病及心血管疾病等慢性病具有良好的预防作用^[14]。马尾藻、石花菜、萱藻、鹅肠菜、紫菜、海萝、钩凝菜、鹿角菜、大叶藻、昆布等化痰散结海洋中药的藻体中含有丰富多酚类成分。从化痰散结海洋中药中分离得到的多酚类化合物见表 2。

2.2 多糖类

多糖是由糖苷键连接的 10 个或更多的单糖单位组成的多羟基大分子^[20]。其相对分子质量较大且结构复杂，具有多种重要的生物活性，如抗肿瘤、调节免疫功能及抗氧化等^[21]。在化痰散结类海洋中药中，多糖成分主要来源于海藻类，根据其来源可分为褐藻多糖、红藻多糖、绿藻多糖、蓝藻多糖，其中褐藻多糖（海蕴、萱藻、海带、昆布、巨藻、鹿角菜）、红藻多糖（紫菜、石花菜、海萝、钩凝菜、

表 2 化痰散结海洋中药中的多酚类化合物

Table 2 Polyphenolic compounds in marine traditional Chinese medicine for resolving phlegm and dissipating masses

序号	名称	分子式	来源	文献
1	香草酸 4-硫酸酯	C ₈ H ₈ O ₇ S	马尾藻属、石莼属	15
2	4-羟基苯甲酸-4-O-葡萄糖苷	C ₁₃ H ₁₆ O ₈	马尾藻属	15
3	原儿茶酸-4-O-葡萄糖苷	C ₁₃ H ₁₆ O ₉	蜈蚣藻属	15
4	对羟基苯甲酸	C ₇ H ₆ O ₃	石莼属	15
5	鞣花酸糖苷	C ₂₀ H ₁₆ O ₁₃	昆布属	15
6	5,5'-脱氢二阿魏酸	C ₂₀ H ₁₈ O ₈	昆布藻属	16-17
7	芥子酸	C ₁₁ H ₁₂ O ₅	昆布藻属	16
8	阿魏酸 4-O-葡萄糖苷	C ₁₆ H ₂₀ O ₉	昆布属	16
9	没食子酸	C ₇ H ₆ O ₅	昆布属	16
10	丁香酸	C ₉ H ₁₀ O ₅	昆布属	16
11	没食子酸-4-O-葡萄糖苷	C ₁₃ H ₁₆ O ₁₀	昆布属	16
12	肉桂酰葡萄糖	C ₁₅ H ₁₈ O ₇	石莼属	15
13	咖啡酰葡萄糖	C ₁₅ H ₁₈ O ₉	昆布属	15
14	3-羟基肉桂酸	C ₉ H ₈ O ₃	石莼属、昆布属	15
15	3-(3-羟基苯基)-3-羟基丙酸	C ₉ H ₁₀ O ₄	昆布属	16
16	4-羟基肉桂酸衍生物硫酸盐	C ₉ H ₈ O ₆ S	大叶藻	18
17	咖啡酸	C ₉ H ₈ O ₄	大叶藻属	18
18	迷迭香酸	C ₁₈ H ₁₆ O ₈	大叶藻属	18-19
19	5-(3',5'-二羟基苯基)-γ-戊内酯-3-O-葡萄糖醛酸苷	C ₁₇ H ₂₀ O ₁₀	昆布属	15
20	2-羟基-2-苯乙酸	C ₈ H ₈ O ₃	马尾藻属	15
21	矢车菊素-3-O-(6"-对香豆酰葡萄糖苷)	C ₃₀ H ₂₇ O ₁₃	昆布属	16
22	表儿茶素	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	昆布属	16
23	表儿茶素没食子酸酯	C ₂₂ H ₁₈ O ₁₀	昆布属	16
24	原花青素三聚体 C1	C ₄₅ H ₃₈ O ₁₈	昆布属	16
25	原花青素二聚体 B3	C ₃₀ H ₂₆ O ₁₄	昆布属	16
26	5,3',4'-三羟基-3-甲氧基-6:7-亚甲二氧基黄酮 4'-O-葡糖苷酸	C ₂₃ H ₂₀ O ₁₄	昆布属	15
27	木犀草素	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	大叶藻属	18
28	白羊素-7-硫酸酯	C ₁₆ H ₁₂ O ₉ S	大叶藻属	19
29	香叶木素-7-硫酸酯	C ₁₆ H ₁₂ O ₉ S	大叶藻属	18-19
30	木犀草苷	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	大叶藻属	19
31	异牡荆黄素	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀	昆布属	16
32	芹菜素 7-硫酸酯	C ₁₅ H ₁₀ O ₈ S	大叶藻属	18
33	木犀草素-7-硫酸酯	C ₁₅ H ₁₀ O ₉ S	大叶藻属	18-19
34	木犀草素-7,3'-二硫酸盐	C ₁₅ H ₁₀ O ₁₂ S ₂	大叶藻属	19
35	苜蓿酮	C ₁₇ H ₁₆ O ₅	昆布属	15
36	3'-O-甲基儿茶素	C ₁₆ H ₁₆ O ₆	昆布属、蜈蚣藻属	15
37	黄檀素	C ₁₆ H ₁₂ O ₄	蜈蚣藻属	15
38	二氢生物素 A	C ₁₆ H ₁₄ O ₅	蜈蚣藻属	15
39	3',4',7-三羟基异黄酮	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	蜈蚣藻属、昆布属	15
40	对羟基苯甲醛	C ₇ H ₆ O ₂	昆布属	15
41	2-羟基-4-甲氧基苯乙酮-5-硫酸盐	C ₉ H ₁₀ O ₇ S	昆布属	16
42	2,3-二羟基-1-愈创木酰丙酮	C ₁₀ H ₁₂ O ₅	昆布属	16
43	尿石素 A	C ₁₃ H ₈ O ₄	蜈蚣藻属	15
44	东莨菪内酯	C ₁₀ H ₈ O ₄	蜈蚣藻属、马尾藻属	15
45	迷迭香酚	C ₂₀ H ₂₆ O ₅	石莼属、蜈蚣藻属、马尾藻属	15
46	鼠尾草酸	C ₂₀ H ₂₈ O ₄	昆布属	16
47	牛蒡子苷元	C ₂₁ H ₂₄ O ₆	马尾藻属	15
48	五味子甲素	C ₂₄ H ₃₂ O ₆	昆布属、马尾藻属	15
49	五味子醇乙	C ₂₃ H ₂₈ O ₇	昆布属	16
50	7-羟基松柏醇	C ₂₀ H ₂₂ O ₇	昆布属	16

厚膜藻、琼枝、鸡冠菜、龙须菜、鹅肠菜)、绿藻多糖(软丝藻、礁膜、石莼)较为常见^[22]。此外,海蜇、牡蛎、文蛤、海胆等动物类化痰散结海洋中药也含有多糖类成分^[9,23-24]。

褐藻多糖包括褐藻胶、岩藻聚糖和褐藻淀粉等,主要分布在海带、羊栖菜、裙带菜、鼠尾草等褐藻中^[25]。红藻属中发现的红藻多糖包含半乳聚糖、甘露聚糖、木聚糖和细胞质内的葡聚糖,其中硫酸化的半乳聚糖琼胶、卡拉胶研究最为广泛^[26]。绿藻多糖大多为水溶性硫酸多糖,位于细胞间质,来自于石莼属、浒苔属、礁膜属等,主要含有鼠李糖-木糖-葡萄糖醛酸聚合物、半乳糖-木糖-阿拉伯糖聚合物^[27]。不同种类海藻中多糖的结构和单糖组成有所不同,其药理活性一般受多种结构特性及单糖

组成多种因素的联合影响,见表 3。

2.3 氨基酸类及多肽类

氨基酸尤其必需氨基酸,是一类重要的营养素。是构成蛋白质的物质基础,对维持机体健康及在基因调控等方面具有重要作用^[34-35]。化痰散结海洋中药的氨基酸种类丰富,包含了人体必需的多种氨基酸,来源不同其氨基酸组成、含量也会存在差异。崔建军等^[36]发现湛江礁膜中含有 18 种氨基酸,其中包括人体必需的 8 种必需氨基酸及 6 种呈味氨基酸。必需氨基酸中含量最高的为谷氨酸,其次为天冬氨酸。刘希光等^[37]分析海蜇伞部、口腕部和生殖腺的氨基酸成分与含量,发现 3 个部位均含有 17 种氨基酸,谷氨酸含量最高,且占总氨基酸的 13.73%~14.45%。

表 3 化痰散结海洋中药多糖成分来源及结构特征

Table 3 Sources and structural characteristics of polysaccharide components in marine traditional Chinese medicine with resolving phlegm and dissipating masses

名称	来源	单糖组成	硫酸根基团含量/%	文献
石莼聚糖	石莼	鼠李糖、木糖、阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖	8.3	28
海藻多糖	昆布	鼠李糖、葡萄糖	14.7	29
浒苔多糖	浒苔	葡萄糖醛酸、焦糖、半乳糖胺、核糖	19.9	30
岩藻多糖	海带	岩藻糖、半乳糖、甘露糖	—	31
岩藻多糖	梭形马尾藻	D-岩藻糖、L-木糖、D-甘露糖、D-半乳糖	—	32
牡蛎多糖	牡蛎	葡萄糖、甘露糖、氨基葡萄糖、木糖	—	33

多肽类化合物是介于蛋白质与氨基酸之间的一类生化衍生物。目前,已有 80 多种肽类药物被批准用于治疗癌症、糖尿病、骨质疏松症、多发性硬化症、人类免疫缺陷病毒感染和慢性疼痛等^[38]。有 150 多种肽类药物处于临床试验阶段,另有 400~600 种处于临床前研究阶段^[39-40]。从化痰散结海洋中药中获取多肽仍具有开发价值。海洋多肽的活性与相对分子质量及结构特征有关^[41]。Deng 等^[42]从龙须菜中提

取 2 种新型血管紧张素转化酶(angiotensin converting enzyme, ACE)抑制肽 FQIN[M(O)]CILR 和 TGAPCR,发现 2 种多肽均可降低高血压大鼠的收缩压和舒张压,其中 FQIN[M(O)]CILR 抗高血压活性更好。Kim 等^[43]从海马提取分离出 3 种氨基酸肽序列,分别为 GIIGPSGSP、IGTGIPGIW 和 QIGFIW,且均表现出较强的 ACE 抑制活性和烷基自由基清除活性。化痰散结海洋中药多肽化合物研究见表 4。

表 4 化痰散结海洋中药多肽类化合物研究

Table 4 Research on peptide compounds in marine traditional Chinese medicine with resolving phlegm and dissipating masses

分类	来源	制备条件	肽序列	文献
海藻类	龙须菜	胰蛋白酶	FQIN[M(O)]CILR、TGAPCR	42
	紫菜	碱性蛋白酶、风味蛋白酶	DYYKR、TYIA、YLVA	44
动物类	长牡蛎	木瓜蛋白酶	DFEEIPEEYLQ	45
	大腹海马	碱性蛋白酶	IGTGIPGIW、QIGFIW、LLDLGVP	43
	海蜇	碱性蛋白酶	—	46
	菲律宾蛤仔	胰蛋白酶	—	47

2.4 CaCO₃

CaCO₃ 是动物类化痰散结海洋中药的主要有效成分，主要以文石和方解石的结晶形式存在于壳及骨骼中^[48]。CaCO₃ 可参与体内生理过程及促进骨骼的形成^[49-50]。牡蛎壳来源于牡蛎科动物的贝壳，其 CaCO₃ 含量丰富。王真等^[51]以牡蛎壳作为钙源来制备 L-天冬氨酸螯合钙，经模拟胃肠道消化后，其持钙能力依旧可维持在 87.6%。Didekhani 等^[52]将牡蛎壳作为生物陶瓷与聚左旋乳酸进行结合，制备出一种全新的生物复合支架。另一研究发现在修复骨组织的纳米材料中添加牡蛎壳能够使桡骨具备更出色的抗弯曲强度，且具有良好的生物安全性更利于新骨的形成^[53-54]。鉴于 CaCO₃ 在贝壳类中药中的高含量及重要地位，《中国药典》2020 年版^[11]将 CaCO₃ 含量作为贝壳类中药在药材和饮片质量控制中的关键测定指标，以此来保障此类中药的质量稳定性和药效的一致性，见表 5。

表 5 《中国药典》2020 年版收录的动物类化痰散结海洋中药

Table 5 Marine animal-derived traditional Chinese medicines for resolving phlegm and dissipating masses listed in *Chinese Pharmacopoeia* (2020 Edition)

中药	饮片类型	CaCO ₃ 含量测定成分指标
蛤壳	蛤壳、煅蛤壳	不低于 95.0%
牡蛎	牡蛎、煅牡蛎	不低于 94.0%
瓦楞子	瓦楞子、煅瓦楞子	药材中不低于 93.0%，饮片中不低于 95.0%

2.5 无机元素

无机元素作为物质基础，与人体健康有着紧密的联系^[55]。化痰散结海洋中药含有碘、钠、锌、铁、钙、镁等多种对人体有益的无机元素。按含碘量排列，海洋中药含碘量均高于陆生中药，其中昆布>海藻>紫菜>生牡蛎^[56]。钠是人体肌肉组织和神经组织中的重要成分之一，鸡冠菜的钠含量相对较高，是海带的 3.5 倍，紫菜的 82.9 倍^[57]。牡蛎硒、锌等微量元素含量丰富。研究表明，牡蛎中无机盐锌的含量居人类食物之首，100 g 牡蛎肉中含锌 47 mg，为海参的 76 倍，瘦猪肉的 30 倍，苹果的 500 倍^[58]。此外，牡蛎中钙、铁、锌、硒的含量高于禽畜肉类，其中钙含量约为 80.00 mg/kg，为陆生动物的 2~10 倍，铁含量约为牛奶的 21 倍^[59]。鹿角海萝中铁、钙、锌含量分别为 (559.7±26.8)、(11.5±2.3)、(148.6±13.8) μg/g^[60]。

2.6 其他成分

除上述成分外，化痰散结海洋中药还含有脂肪酸、类胡萝卜素等。刘希光等^[61]利用气相色谱-质谱联用 (gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 技术测定了海蜇 3 个部位海蜇皮、海蜇头和海蜇生殖腺的脂肪酸组成，发现海蜇含有 30 多种脂肪酸，含有大量的不饱和脂肪酸，质量分数为 36.2%~38.7%。研究发现，从刺枝紫菜共检测出 20 种脂肪酸，从条斑紫菜共检测出 19 种脂肪酸，单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸、饱和酸和脂肪酸质量分数分别为 (0.99%、1.47%、3.2%、5.66%，刺枝紫菜) (0.32%、3.10%、1.53%、4.95%，条斑紫菜)。岩藻黄质也称为岩藻黄素，属于类胡萝卜素^[62]。尹宗美等^[63]从羊栖菜藻渣中提取岩藻黄质，经工艺优化得岩藻黄质提取率达 0.68 mg/g。

3 化痰散结海洋中药的药理作用

化痰散结是中医治疗疾病的重要治法，广泛应用于呼吸系统、内分泌系统及肿瘤等多种疾病的治疗。现代研究表明，化痰散结海洋中药具有多种药理活性，其可通过祛痰湿、散淤结，调节机体气血津液，从而发挥抗肿瘤、抗氧化、抗炎及免疫调节的作用。随着现代研究的不断深入，化痰散结海洋中药在健康领域的应用价值和药效物质基础仍在不断被揭示。

3.1 抗肿瘤

肿瘤是正常细胞在体内多种因素作用下出现异常增殖和分化而形成的，无限增殖是肿瘤细胞的核心特征，其与癌症的发生和发展有着极为紧密的联系^[64]。细胞凋亡是一种程序性细胞死亡，可由多种生理和病理刺激引发^[65]。张杰等^[66]探讨条斑紫菜多糖对人肝癌 Bel7402 细胞的抑制作用，结果显示条斑紫菜多糖能显著抑制 Bel7402 细胞的增殖，诱导 Bel7402 细胞凋亡，其作用可能与上调 B 淋巴细胞瘤-2 (B-cell lymphoma-2, Bcl-2) 相关 X 蛋白 (Bcl-2 associated X protein, Bax)、降低 *Survivin* 基因的表达有关。肿瘤血管生成是促进肿瘤生长和转移的重要途径，血管内皮生长因子 (vascular endothelial growth factor, VEGF) 和成纤维细胞生长因子-2 (fibroblast growth factor-2, FGF-2) 是促进血管生成的 2 个重要生长因子。研究发现，褐藻糖胶可通过下调人膀胱癌 T24 细胞中的 VEGF 和 FGF-2 的表达并减少肿瘤组织的血管生成来抑制肿瘤的生长^[67]。此外，化痰散结海洋中药的多糖类、

肽类及多酚等成分抗肿瘤活性显著，对肺癌、肝癌、宫颈癌等肿瘤细胞具有抑制作用，见表 6。化痰散结海洋中药可通过抑制细胞增殖、诱导细胞凋亡、抑制肿瘤血管生成等途径达到治疗多种肿瘤目的。其在肿瘤治疗领域中显示出巨大的潜力和价值，为海洋药物的开发和利用提供了重要的科学依据。

表 6 化痰散结海洋中药抗肿瘤作用机制研究

Table 6 Mechanisms of antitumor effects of marine traditional Chinese medicine for resolving phlegm and dissipating masses

海洋中药	活性物质	抗肿瘤类型	作用机制	文献
昆布	多糖	人乳腺癌 MCF-7 细胞荷瘤裸鼠	与免疫调节有关	68
	多糖	人乳头状甲状腺癌 TPC-1 细胞	抑制促甲状腺激素受体/磷脂酶C-β3/蛋白激酶Ca 信号通路活性	69
	多糖	人膀胱癌 T24 细胞	促进细胞凋亡、降低细胞侵袭能力，减少肿瘤组织中血管生成	67
	多酚	MCF-7 细胞	调控 Wnt/β-catenin 信号通路	70
海藻	多糖	小鼠肝癌H22细胞荷瘤小鼠	增强机体免疫功能，同时下调 Bcl-2 基因表达	71
	色素蛋白	人宫颈癌 HeLa 细胞	上调细胞内 Bax/Bcl-2 的值和激活 Caspase-3、Caspase-9	72
	海藻及提取物	恶性淋巴瘤	抑制 NF-κB 和细胞外调节蛋白激酶信号通路	73
海茜	多糖	人鼻咽癌CNE-2Z 细胞、人肺癌 A549 细胞	—	74
		A549 细胞	—	75
龙须菜	多糖	A549 细胞	—	75
	多糖	HeLa 细胞	提高凋亡蛋白酶基因 Caspase-10、Caspase-3 表达	76
	多糖	H22 细胞荷瘤小鼠	增强 T、B 细胞的增殖能力，提高脾自然杀伤细胞的杀伤活性	77
麒麟菜	多糖	H22 细胞荷瘤小鼠	提高脾淋巴细胞的增殖能力和自然杀伤细胞的杀伤活性	78
琼枝	多糖	人类乳头瘤病毒相关细胞	通过 Toll 样受体 4 信号通路促进树突状细胞成熟，抑制 Bcl-2 mRNA 表达，增加细胞表面受体mRNA 表达	79
		人肺癌 A549、H446、H460 细胞	抑制肺癌细胞增殖、促其凋亡及阻滞细胞周期	80
条浒苔	蛋白	人前列腺癌 DU-145 细胞	使细胞色素C 转移并激活 Caspase 家族级联反应	81-82

Caspase-3-半胱氨酸天冬氨酸蛋白酶-3; NF-κB-核因子-κB。
Caspase-3-cystein-asparate protease-3; NF-κB-nuclear factor-κB.

3.2 抗氧化

化痰散结海洋中药对机体具有一定的抗氧化作用，其多糖、多酚及肽类等物质是抗氧化的重要活性成分，抗氧化机制可能与清除自由基、激活抗氧化酶活性等有关。奎晶等^[83]通过抗氧化清除试验发现鹿角菜多酚具有一定的抗氧化活性，其对羟基自由基 (·OH)、2,2'-联氨-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸 [2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), ABTS] 阳离子自由基、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH) 自由基的最高清除率分别为 31.40%、51.01%、34.13%。应苗苗^[84]对坛紫菜多糖体外抗氧化活性进行研究，发现不同相对分子质量的坛紫菜多糖均表现出较强的抗氧化能力，能够较好的抑制超氧阴离子 (superoxide anion, O₂⁻)、·OH、DPPH 自由基活性，且呈明显的剂量-效应相关性。超氧化物歧化酶 (superoxide dismutase, SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶 (glutathione peroxidase, GSH-Px) 和过氧化氢酶 (catalase, CAT) 是机体中具有清除氧化自

由簇的重要酶类，构成机体抗氧化的第 1 道防线^[85]。丙二醛来源于机体细胞膜上不饱和脂肪酸应激产物，可用来判断机体的受损程度，是机体抗氧化系统的第 2 道防线^[86]。巨藻多糖硫酸酯可增加 SOD 和 CAT 酶活性和 GSH-Px 含量来提高小鼠肝脏总抗氧化能力，降低氧化自由基簇对肝脏细胞的损伤而生产的丙二醛^[87]。海蜇胶原蛋白肽能够提高 SOD、GSH-Px 活性，减少丙二醛含量，起到抗氧化作用，从而减小动脉粥样硬化和冠心病发生的机率^[88]。这些研究结果表明，化痰散结类海洋中药可能通过清除多种自由基、提升抗氧化酶活性并降低细胞损伤标志物丙二醛的水平，发挥其抗氧化作用。

3.3 抗炎

炎症是机体针对破坏性刺激、微生物病原体及炎症因子等所呈现出的反应，能引发一系列病理性活动，可对机体的器官或组织造成极为严重的损害^[89]。化痰散结海洋中药具有一定的抗炎作用。研究表明，龙须菜提取物对二甲苯所致小鼠耳廓肿有抑制作用，其高剂量组的抗炎作用优于阿司匹林治

疗组^[90]。羊栖菜提取物对小鼠小胶质细胞具有较好的体抗神经炎症作用^[91]。NF- κ B 信号通路是调控炎症的重要通路,抑制蛋白 κ B (inhibitor of NF- κ B, I κ B) 的磷酸化引起 NF- κ B p65 解离磷酸化并入核,介导白细胞介素-6 (interleukin-6, IL-6)、肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α) 等促炎因子的分泌,进一步加剧炎症反应^[92]。c-Jun 氨基末端激酶 (c-Jun N-terminal kinase, JNK) 信号转导通路为丝裂原活化蛋白激酶 (mitogen-activated protein kinase, MAPK) 炎症通路中的重要成员, JNK 抑制剂可以减少感染组织内单核细胞趋化蛋白-1 (macrophage chemoattractant protein-1, MCP-1) 和巨噬细胞炎症蛋白-2 (macrophage inflammatory protein-2, MIP-2) 炎症因子的表达^[93]。静息状态下的细胞间黏附分子-1 (intercellular cell adhesion molecule-1, ICAM-1) 在免疫细胞和血管内皮细胞呈低水平表达,在炎症刺激下表达上调,帮助白细胞向受损组织的迁移^[94]。张雷等^[95]研究表明,海藻提取物可通过调节 NF- κ B 信号通路活抗氧化酶活性、减少脂质过氧化,降低模型小鼠 TNF- α 、IL-6 的表达水平,进而改善胃溃疡。进一步研究发现,海带多糖可以降低 TNF- α 、ICAM-1、MCP-1 和 MIP-2 炎症因子的表达,减轻放射处理小鼠下颌腺组织的炎症反应,其作用机制与抑制 NF- κ B 和 JNK 信号通路有关^[96]。综上,化痰散结海洋中药在调节炎症反应中具有重要作用,通过针对 NF- κ B 和 JNK 信号通路的调控,抑制促炎因子的产生,从而为缓解多种炎症相关疾病提供了新的治疗思路。

3.4 免疫调节

免疫调节在维持人体内环境平衡方面具有重要作用。杜正彩等^[97]通过氢化可的松诱导小鼠免疫抑制模型,发现文蛤粗多肽能够提高小鼠胸腺指数、脾脏指数及体质量,显著降低小鼠血清中 TNF- α 、IL-2 与 γ 干扰素的水平,进而增强小鼠免疫功能。辅助性 T 细胞 1 (helper T cell 1, Th1)、Th2 细胞亚群在正常机体内处于相对平衡,以保持机体免疫平衡。但在外界不良因素刺激下, Th1/Th2 失衡可影响免疫应答,诱发疾病^[98]。任国艳等^[99]从海蜇中获得一种新的糖蛋白 JGP-III2,该蛋白能显著提高免疫低下小鼠的脾脏指数、胸腺指数、巨噬细胞吞噬能力、迟发性变态反应、血清溶血素水平及抗体生成细胞数,增强机体免疫能力,其增强小鼠体液免疫和细胞免疫能力可能与 Th1/Th2 mRNA 表达

有关。此外,赵婷婷等^[100]发现坛紫菜多糖及其降解产品能显著促进 T 细胞增殖和抑制 B 细胞增殖,相对分子质量较小的降解产品对淋巴细胞增殖调节作用更明显。另一研究发现,龙须菜藻胆蛋白能有效增强小鼠腹腔巨噬细胞的吞噬能力,刺激小鼠脾脏和胸腺器官的发育^[101]。综上所述,化痰散结海洋中药及其有效成分可以通过多种途径调节炎症因子的生成,同时干扰免疫细胞的功能,进而在增强机体免疫功能方面表现出显著效果。

4 结语与展望

海洋中药历史悠久,是我国传统中药的重要组成部分,亦被称为“蓝色药库”,拥有丰富的药用生物资源^[102]。随着海洋资源开发和中医药产业的快速发展,海洋中药的开发利用迎来了前所未有的机遇^[103]。海洋中药作为中医药学的重要组成部分,具有独特的药用价值和广泛的临床应用前景。海洋中药来源广泛,富含多种化学成分,活性多样,其中化痰散结海洋中药化学成分主要有多酚、多糖、氨基酸及多肽、CaCO₃ 等,具有化痰散结的功效,在治疗多种与痰核、积聚相关的疾病中有着重要的地位,具备抗肿瘤、抗氧化、抗炎、免疫调节等药理作用,为海洋药物与保健食品的开发提供了广阔的空间。然而,海洋中药资源的进一步开发利用也面临着诸多挑战,其中最为突出的是活性成分不明确及缺乏作用机制研究。这些问题不仅限制了海洋中药的临床应用,也阻碍了其在国际市场上的推广。

为了更好地开发利用海洋中药资源可以采取以下措施。(1) 科技创新:必须将传统中医药理论与现代科学技术相结合。通过大数据分析和系统生物学等现代科技手段,深入探索海洋中药多的化学结构特征和药理活性,揭示其作用机制和潜在的保健功能。这种跨学科的研究方法不仅有助于提高海洋中药资源的利用率,还能为海洋生物医药产业的创新发展提供有力支持。(2) 农作物废弃物再利用:海洋生物废弃物入药使用具有悠久的历史和丰富的经验,随着我国海洋生物养殖业的快速发展,每年产生大量海洋生物废弃物,这些废弃物的处理不仅对海洋环境保护构成挑战,也意味着大量潜在药用资源的浪费。因此,加大海洋生物废弃物药用价值的研究,使其变废为宝,具有重要的现实意义。

总之,海洋中药的开发和利用既充满机遇,也面临挑战。随着对海洋中药研究的不断深入,化痰散结类海洋中药的更多活性成分和作用机制将被

揭示, 结合传统中医药理论与现代科技手段, 有望开发出更多高效、低毒的海洋中药新药及保健品, 为人类健康事业做出更大的贡献。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 刘淼, 刘红, 乔娇娇, 等. 结节病的诊断与治疗 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2025, 33(3): 1-9.
- [2] 吴焕林, 吕渭辉, 潘桂娟, 等. 中医痰证诊断标准 [J]. 中国中西医结合杂志, 2016, 36(7): 776-780.
- [3] 史莎莎, 余成浩. 活血化瘀法治疗子宫肌瘤的理论及作用机制 [J]. 世界中医药, 2024, 19(5): 753-757.
- [4] 孟思念, 李东东, 刘培民. 基于痰湿-炎癌转化理论探讨肿瘤发生发展机制 [J]. 现代中西医结合杂志, 2023, 32(6): 792-798.
- [5] 任爽, 刘妍彤, 张杰. 痰湿现代医学本质述析 [J]. 中国中医基础医学杂志, 2021, 27(9): 1515-1518.
- [6] 吕轶峰, 罗轶, 李丽莉. 海洋中药及药用资源古今应用探析 [J]. 亚太传统医药, 2025, 21(1): 200-204.
- [7] 谢蕾卉. 海洋中药木榄叶抗胰腺癌活性筛选及其机理研究 [D]. 南宁: 广西中医药大学, 2018.
- [8] 鲁爽, 柳芳, 华国栋. 海藻配伍甘草的临床应用情况及安全性评价 [J]. 北京中医药, 2024, 43(12): 1441-1443.
- [9] 管华诗, 王曙光. 中华海洋本草-第 1 卷-总论 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2009.
- [10] 邓家刚, 侯小涛, 郝二伟. 海洋中药学 [M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 2018.
- [11] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 1902.
- [12] Sun X H, Sarteshnizi R A, Udenigwe C C. Recent advances in protein-polyphenol interactions focusing on structural properties related to antioxidant activities [J]. *Curr Opin Food Sci*, 2022, 45: 100840.
- [13] Yang H N, Tang Y, Wang L F, *et al*. The potential of *Myosoton aquaticum* extracts and compounds to control barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) [J]. *Weed Res*, 2021, 61(4): 317-326.
- [14] 唐瑶, 陈洋, 曹婉鑫. 多酚类化合物的分类、来源及功能研究进展 [J]. 中国食物与营养, 2016, 22(3): 32-34.
- [15] Zhong B M, Robinson N A, Warner R D, *et al*. LC-ESI-QTOF-MS/MS characterization of seaweed phenolics and their antioxidant potential [J]. *Mar Drugs*, 2020, 18(6): 331.
- [16] Duan X Y, Subbiah V, Agar O T, *et al*. Optimizing extraction methods by a comprehensive experimental approach and characterizing polyphenol compositions of *Ecklonia radiata* [J]. *Food Chem*, 2024, 455: 139926.
- [17] Zeller W E, Schatz P F. Synthesis of monomethyl 5,5'-dehydrodiferulic acid [J]. *Tetrahedron Lett*, 2015, 56(9): 1076-1079.
- [18] Papazian S, Parrot D, Burýšková B, *et al*. Surface chemical defence of the eelgrass *Zostera marina* against microbial foulers [J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 3323.
- [19] Enerstvedt K H, Jordheim M, Andersen Ø M. Isolation and identification of flavonoids found in *Zostera marina* collected in Norwegian coastal waters [J]. *Am J Plant Sci*, 2016, 7(7): 1163-1172.
- [20] Luo M C, Zhang X Y, Wu J, *et al*. Modifications of polysaccharide-based biomaterials under structure-property relationship for biomedical applications [J]. *Carbohydr Polym*, 2021, 266: 118097.
- [21] 侯悦, 靳灿, 文畅, 等. 中药多糖作用机制与靶向性的研究进展 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2024, 26(5): 1142-1161.
- [22] de Jesus Raposo M F, de Moraes A M B, de Moraes R M. Marine polysaccharides from algae with potential biomedical applications [J]. *Mar Drugs*, 2015, 13(5): 2967-3028.
- [23] 王静飞. 海藻多糖的分离纯化、结构鉴定及免疫活性研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2016.
- [24] 林靖莹, 黄姝玲, 孟鹏, 等. 牡蛎多糖制备工艺研究及体外抗氧化活性评价 [J]. 福建师范大学学报: 自然科学版, 2023, 39(3): 70-77.
- [25] Chi S, Liu T, Wang X M, *et al*. Functional genomics analysis reveals the biosynthesis pathways of important cellular components (alginate and fucoidan) of *Saccharina* [J]. *Curr Genet*, 2018, 64(1): 259-273.
- [26] Lee W K, Lim Y Y, Leow A T, *et al*. Biosynthesis of agar in red seaweeds: A review [J]. *Carbohydr Polym*, 2017, 164: 23-30.
- [27] 周婷婷, 范晶, 金红宇, 等. 海洋植物多糖的结构分析、药理活性及质量标准研究进展 [J]. 中药材, 2024, 47(9): 2373-2378.
- [28] Gao X, Qu H, Shan S, *et al*. A novel polysaccharide isolated from *Ulva pertusa*: Structure and physicochemical property [J]. *Carbohydr Polym*, 2020, 233: 115849.
- [29] Wei J L, Zhao Y R, Zhou C, *et al*. Dietary polysaccharide from *Enteromorpha clathrata* attenuates obesity and increases the intestinal abundance of butyrate-producing bacterium, *Eubacterium xylanophilum*, in mice fed a high-fat diet [J]. *Polymers*, 2021, 13(19): 3286.
- [30] Liu W C, Zhuang D P, Zhao Y, *et al*. Seaweed-derived polysaccharides attenuate heat stress-induced splenic oxidative stress and inflammatory response via regulating Nrf2 and NF-κB signaling pathways [J]. *Mar Drugs*, 2022, 20(6): 358.
- [31] Zhang C X, Jia J H, Zhang P P, *et al*. Fucoidan from

- Laminaria japonica* ameliorates type 2 diabetes mellitus in association with modulation of gut microbiota and metabolites in streptozocin-treated mice [J]. *Foods*, 2022, 12(1): 33.
- [32] Fan S R, Zhang J F, Nie W J, *et al.* Antitumor effects of polysaccharide from *Sargassum fusiforme* against human hepatocellular carcinoma HepG2 cells [J]. *Food Chem Toxicol*, 2017, 102: 53-62.
- [33] Ma Y Y, Zhu L Q, Ke H W, *et al.* Oyster (*Crassostrea gigas*) polysaccharide ameliorates obesity in association with modulation of lipid metabolism and gut microbiota in high-fat diet fed mice [J]. *Int J Biol Macromol*, 2022, 216: 916-926.
- [34] Bruhat A, Chérasse Y, Chaveroux C, *et al.* Amino acids as regulators of gene expression in mammals: Molecular mechanisms [J]. *Biofactors*, 2009, 35(3): 249-257.
- [35] Wu G Y. Amino acids: Metabolism, functions, and nutrition [J]. *Amino Acids*, 2009, 37(1): 1-17.
- [36] 崔建军, 陈怡卉, 杨金连, 等. 湛江沿海礁膜属海藻分类学鉴定和典型样品的营养成分 [J]. *水产学报*, 2025, 49(3): 178-190.
- [37] 刘希光, 于华华, 刘松, 等. 海蜇不同部位的氨基酸组成和含量分析 [J]. *海洋科学*, 2007, 31(2): 9-12.
- [38] Cabri W, Cantelmi P, Corbisiero D, *et al.* Therapeutic peptides targeting PPI in clinical development: Overview, mechanism of action and perspectives [J]. *Front Mol Biosci*, 2021, 8: 697586.
- [39] Lau J L, Dunn M K. Therapeutic peptides: Historical perspectives, current development trends, and future directions [J]. *Bioorg Med Chem*, 2018, 26(10): 2700-2707.
- [40] Muttenthaler M, King G F, Adams D J, *et al.* Trends in peptide drug discovery [J]. *Nat Rev Drug Discov*, 2021, 20(4): 309-325.
- [41] 周田田, 张红, 袁文鹏. 海洋多肽的提取纯化及生物活性研究进展 [J]. *食品工业科技*, 2022, 43(19): 419-426.
- [42] Deng Z Z, Liu Y J, Wang J, *et al.* Antihypertensive effects of two novel angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides from *Gracilariopsis lemaneiformis* (rhodophyta) in spontaneously hypertensive rats (SHRs) [J]. *Mar Drugs*, 2018, 16(9): 299.
- [43] Kim H S, Je J G, Ryu B, *et al.* Antioxidant and angiotensin-I converting enzyme inhibitory peptides from *Hippocampus abdominalis* [J]. *Eur Food Res Technol*, 2019, 245(2): 479-487.
- [44] Cermeño M, Stack J, Tobin P R, *et al.* Peptide identification from a *Porphyra dioica* protein hydrolysate with antioxidant, angiotensin converting enzyme and dipeptidyl peptidase IV inhibitory activities [J]. *Food Funct*, 2019, 10(6): 3421-3429.
- [45] Cheng S Z, Tu M L, Chen H, *et al.* Identification and inhibitory activity against α -thrombin of a novel anticoagulant peptide derived from oyster (*Crassostrea gigas*) protein [J]. *Food Funct*, 2018, 9(12): 6391-6400.
- [46] 龙吟, 杨永芳, 甄茹, 等. 海蜇酶解多肽分离纯化及其抗氧化活性研究 [J]. *时珍国医国药*, 2012, 23(8): 1948-1949.
- [47] 付雪媛, 杜芬, 孙呈浩, 等. 蛤蜊肽的制备工艺优化及其增强免疫活性 [J]. *食品工业科技*, 2023, 44(9): 244-253.
- [48] 侯小涛, 刘婧曦, 吴东阳, 等. 我国海洋生物废弃物药用研究现状与策略 [J]. *广西科学*, 2021, 28(6): 577-587.
- [49] 张正利, 龚晓娟, 杨以阜, 等. 5 种制酸类中药对胃溃疡大鼠氨基己糖及前列腺素的影响 [J]. *上海中医药杂志*, 2012, 46(12): 73-76.
- [50] 陆芳芳, 仇立志, 于钦云, 等. 基于钙吸收的几种有机钙盐溶解度的研究进展 [J]. *山东化工*, 2024, 53(18): 109-113.
- [51] 王真, 姜岁岁, 张帆, 等. 牡蛎壳源 L-天冬氨酸螯合钙的结构表征及特性研究 [J]. *中国海洋大学学报: 自然科学版*, 2020, 50(12): 50-58.
- [52] Didekhani R, Sohrabi M R, Seyedjafari E, *et al.* Electrospun composite PLLA/Oyster shell scaffold enhances proliferation and osteogenic differentiation of stem cells [J]. *Biologicals*, 2018, 54: 33-38.
- [53] 杨宝凯, 张旭斌. 天然牡蛎壳纳米体复合型骨材料修复骨缺损 [J]. *中国组织工程研究*, 2015, 19(21): 3297-3301.
- [54] 杨伟瑞, 唐良华. 富血小板-白细胞凝胶/牡蛎复合型人工骨替代物的生物安全性初步评估 [J]. *贵阳中医学院学报*, 2019, 41(1): 21-25.
- [55] 魏小成, 李成义, 周瑞娟, 等. 无机元素与中药关系研究进展 [J]. *中国中医药信息杂志*, 2022, 29(7): 140-144.
- [56] 岳颖, 朱晓云, 高亚芹, 等. 化痰散结中药及应季蔬菜碘含量的测定 [J]. *中华中医药杂志*, 2012, 27(9): 2430-2432.
- [57] 朱军, 邹潇潇, 陈佐, 等. 食用红藻鸡冠菜的营养成分分析及评价 [J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(5): 23-27.
- [58] 陈惠源, 蔡俊鹏. 牡蛎的营养药用价值及其开发利用 [J]. *中药材*, 2005, 28(3): 172-174.
- [59] Wright A C, Fan Y, Baker G L IV. Nutritional value and food safety of bivalve molluscan shellfish [J]. *J Shellfish Res*, 2018, 37(4): 695-708.
- [60] 陈紫滕, 张乐, 黄露, 等. 鹿角海萝营养成分的分析

- [J]. 精细与专用化学品, 2019, 27(1): 28-30.
- [61] 刘希光, 于国华, 赵增芹, 等. 海蜇不同部位脂肪酸的组成研究 [J]. 分析化学, 2004, 32(12): 1635-1638.
- [62] 姚坤志, 黄雪颖, 李峰, 等. 野生刺枝紫菜 (*Pyropia acanthophora*) 的营养成分分析与评价 [J]. 食品与发酵工业, 2024, 50(6): 208-214.
- [63] 尹宗美, 王丹, 石佳, 等. 羊栖菜藻渣中岩藻黄质制备技术及工艺优化 [J]. 食品研究与开发, 2017, 38(15): 134-138.
- [64] Cardano M, Tribioli C, Prosperi E. Targeting proliferating cell nuclear antigen (PCNA) as an effective strategy to inhibit tumor cell proliferation [J]. *Curr Cancer Drug Targets*, 2020, 20(4): 240-252.
- [65] 李梦琦, 石玉, 杨诗宇, 等. 夏枯草抗肿瘤活性成分及其作用机制研究进展 [J]. 中国现代应用药学, 2024, 41(5): 716-726.
- [66] 张杰, 杨旭东, 王崴. 条斑紫菜多糖对人肝癌 Bel7402 抗肿瘤作用的初步研究 [J]. 中国食物与营养, 2010, 16(8): 82-84.
- [67] 罗天裕, 黄展彬, 王忠. 昆布提取物褐藻糖胶对膀胱癌细胞体内抑制作用研究 [J]. 中药材, 2021, 44(3): 686-691.
- [68] 曹明原, 李莹, 綦国红, 等. 昆布多糖 WLP5 对 MCF-7 乳腺癌荷瘤裸鼠肿瘤的抑制作用 [J]. 食品科学, 2023, 44(21): 137-143.
- [69] 高文仓, 杨波, 庞德湘. 昆布多糖对人乳头状甲状腺癌细胞 TPC-1 生长信号转导的影响 [J]. 辽宁中医杂志, 2022, 49(4): 145-149.
- [70] 徐贵颖, 张连波, 王英丽, 等. 昆布多酚通过调控 Wnt/ β -catenin 信号通路抑制 MCF-7 乳腺癌细胞增殖侵袭的研究 [J]. 中国实验诊断学, 2022, 26(9): 1359-1363.
- [71] 朱正日, 陈爱东. 海藻多糖对肝癌小鼠抗肿瘤作用的实验研究 [J]. 国外医药: 抗生素分册, 2015, 36(1): 25-26.
- [72] 全香花, 隋忠国, 赵园园, 等. 天然海藻色素糖蛋白诱导 HeLa 细胞凋亡作用 [J]. 中成药, 2018, 40(1): 201-204.
- [73] 顾格波, 何立丽, 张丽娜, 等. 中药海藻及其提取物抗恶性淋巴瘤作用和机制研究进展 [J]. 河北中医, 2022, 44(3): 524-528.
- [74] 姚勇, 孟庆勇, 东野广智. 马尾藻多糖体外抗肿瘤活性研究 [J]. 时珍国医国药, 2010, 21(9): 2226-2227.
- [75] 康亚妮, 陆俊, 徐晓婷, 等. 龙须菜多糖对肺癌细胞增殖能力及形态的影响 [J]. 水产学报, 2015, 39(9): 1405-1411.
- [76] 谢好贵, 韦明钎, 陈美珍, 等. 3 种多糖复合体外抗肿瘤协同增效作用 [J]. 食品科学, 2013, 34(15): 289-294.
- [77] 范艳丽, 郑国强, 刘安军. 龙须菜酸性多糖对 H₂₂ 荷瘤小鼠的抗肿瘤作用 [J]. 现代食品科技, 2014, 30(9): 7-12.
- [78] 唐娟, 孔珍, 纪海玉, 等. 麒麟菜多糖对 H₂₂ 肝癌移植瘤的抑制作用研究 [J]. 现代食品科技, 2015, 31(1): 1-5.
- [79] Li J Y, Aipire A, Li J Y, *et al.* λ -Carrageenan improves the antitumor effect of dendritic cell based vaccine [J]. *Oncotarget*, 2017, 8(18): 29996-30007.
- [80] 段训威, 肖桂清, 王礼兴, 等. 酶解条浒苔蛋白制备抗肿瘤活性多肽 [J]. 生物技术通报, 2019, 35(8): 246-252.
- [81] 孙瑜, 李连军, 杨最素, 等. 菲律宾蛤仔寡肽抗前列腺癌 DU-145 细胞的机制研究 [J]. 水产学报, 2017, 41(3): 465-472.
- [82] 李荣, 李丽, 王加斌, 等. 菲律宾蛤仔寡肽体外抗氧化、抗肿瘤活性研究 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(11): 238-241.
- [83] 奎晶, 宋晓凡, 马晓花, 等. 鹿角菜多酚提取工艺优化及抗氧化活性研究 [J]. 中国食品添加剂, 2023, 34(9): 98-106.
- [84] 应苗苗. 坛紫菜多糖提取及其生理活性研究 [D]. 杭州: 浙江工商大学, 2016.
- [85] Li H P, Feng Y B, Sun W X, *et al.* Antioxidation, anti-inflammation and anti-fibrosis effect of phosphorylated polysaccharides from *Pleurotus djamor* mycelia on adenine-induced chronic renal failure mice [J]. *Int J Biol Macromol*, 2021, 170: 652-663.
- [86] Ma C J, Deng Y J, Xiao R, *et al.* Anti-fatigue effect of phlorizin on exhaustive exercise-induced oxidative injury mediated by Nrf2/ARE signaling pathway in mice [J]. *Eur J Pharmacol*, 2022, 918: 174563.
- [87] 杨君. 巨藻多糖硫酸酯对高血脂症小鼠血脂代谢的影响及其机制研究 [J]. 中国食品添加剂, 2023, 34(12): 190-196.
- [88] 丁进锋, 苏秀榕, 李妍妍, 等. 海蜇胶原蛋白肽的降血脂及抗氧化作用的研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24(3): 362-365.
- [89] Zhang Y H, Tian H. Telocytes and inflammation: A review [J]. *Medicine*, 2023, 102(46): e35983.
- [90] 曹杰伟. 龙须菜镇痛抗炎药理试验研究 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(16): 7483.
- [91] 彭红, 黄品哲, 宋永贵, 等. 海藻羊栖菜化学成分全谱分析及其体外抗神经炎症活性研究 [J]. 中国药房, 2022, 33(7): 800-807.
- [92] Al-Wajeeh N S, Hajerezaie M, Noor S M, *et al.* The gastro protective effects of *Cibotium barometz* hair on ethanol-induced gastric ulcer in Sprague-Dawley rats [J]. *BMC Vet Res*, 2017, 13(1): 27.

- [93] Filardy A A, Costa-da-Silva A C, Koeller C M, *et al.* Infection with *Leishmania* major induces a cellular stress response in macrophages [J]. *PLoS One*, 2014, 9(1): e85715.
- [94] Hubbard A K, Rothlein R. Intercellular adhesion molecule-1 (ICAM-1) expression and cell signaling cascades [J]. *Free Radic Biol Med*, 2000, 28(9): 1379-1386.
- [95] 张雷, 符萌, 张伟, 等. 海藻提取物对小鼠酒精性胃溃疡的保护作用 [J]. 中国海洋药物, 2021, 40(2): 28-34.
- [96] 赵歆, 徐杨, 柴溶, 等. 海带多糖通过抑制 NF- κ B 和 JNK 通路减轻放射诱导的小鼠下颌腺炎症反应 [J]. 中国病理生理杂志, 2021, 37(9): 1545-1553.
- [97] 杜正彩, 侯小涛, 邓家刚, 等. 文蛤粗多肽对免疫抑制小鼠 TNF- α , IL-2 及 IFN- γ 的影响 [J]. 广西中医药, 2014, 37(5): 71-74.
- [98] 郭子宁, 张立平, 黄象安, 等. 基于 Th1/Th2 细胞因子表达变化探讨扶正祛毒方对慢性 HBV 携带者的免疫调节机制 [J]. 环球中医药, 2018, 11(12): 1874-1878.
- [99] 任国艳, 邵征, 曹力, 等. 海蜇糖蛋白对小鼠脾脏细胞因子 mRNA 表达的影响 [J]. 食品科学, 2013, 34(23): 305-308.
- [100] 赵婷婷, 张全斌, 李智恩, 等. 坛紫菜多糖及其降解产品对免疫细胞增殖的影响 [J]. 中药新药与临床药理, 2009, 20(1): 30-32.
- [101] 陈美珍, 余杰, 钟秋玲, 等. 龙须菜藻胆蛋白免疫功能和抗氧化作用的研究 [J]. 食品科学, 2005, 26(9): 456-459.
- [102] 李泽宇, 郝二伟, 李卉, 等. 抗肿瘤作用的海洋中药 [J]. 中草药, 2022, 53(14): 4527-4544.
- [103] 秦昆明, 史大华, 董自波, 等. 海洋中药资源综合开发利用现状与对策研究 [J]. 中草药, 2020, 51(19): 5093-5098.

[责任编辑 赵慧亮]