

· 综述 ·

药食同源中药铁皮石斛的研究进展

胡杨^{1,2}, 赵勉¹, 邱雨轩¹, 叶德宝¹, 刘洋清³, 张朝凤⁴, 王海波¹, 程建明¹

(1. 南京中医药大学药学院, 江苏 南京 210023; 2. 中国医学科学院/北京协和医学院药物研究所天然药物活性物质与功能国家重点实验室, 北京 100050; 3. 康美(亳州)华佗国际中药城商业有限公司, 安徽 亳州 236800; 4. 中国药科大学中药学院, 江苏 南京 211198)

摘要:铁皮石斛 *Dendrobii Officinalis Caulis* 是具有益胃生津, 滋阴清热之效的药食同源中药。有丰富的化学成分以及药理活性, 具有抗炎、抑菌、抗氧化、抗肿瘤、免疫调节、降血压、调节血糖等作用。常作为药膳以及保健品使用, 在药品上也应用广泛, 如石斛夜光丸、复方鲜石斛颗粒等, 具有很高的药用价值和经济价值。通过对铁皮石斛的资源分布、化学成分、药理活性、药食两用产品开发等多个方面进行概述, 对其应用现状进行分析, 为铁皮石斛的可持续发展、药食同源开发和综合利用奠定理论基础。

关键词:铁皮石斛; 药食同源; 资源分布; 活性成分; 产品开发

中图分类号:R285.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-0482(2024)01-0094-15

DOI:10.14148/j.issn.1672-0482.2024.0094

引文格式:胡杨, 赵勉, 邱雨轩, 等. 药食同源中药铁皮石斛的研究进展[J]. 南京中医药大学学报, 2024, 40(1): 94-108.

Research Progress on *Dendrobii Officinalis Caulis* as Medicinal and Edible Traditional Chinese Medicine

HU Yang^{1,2}, ZHAO Mian¹, QIU Yuxuan¹, YE Debao¹, LIU Yangqing³, ZHANG Chaofeng⁴, WANG Haibo¹, CHENG Jianming¹

(1. School of Pharmacy, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China; 2. State Key Laboratory of Bioactive Substance and Function of Natural Medicines, Institute of Materia Medica, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100050, China; 3. Kangmei (Bozhou) Huatuo International Chinese Medicine City Commercial Co., Ltd, Bozhou 236800, China; 4. School of Traditional Chinese Pharmacy, China Pharmaceutical University, Nanjing 211198, China)

ABSTRACT: Tiepishihu (*Dendrobii officinalis Caulis*) is a medicinal and food source herbal medicine with the effect of benefiting stomach and promoting fluid, nourishing Yin and clearing heat. It has rich chemical components and pharmacological activities, with anti-inflammatory, anti-bacterial, anti-oxidation, anti-tumor, immunomodulatory, blood press regulation, hypoglycemic effects. It is not only used as medicinal food and health care products, but also widely used in medicine, such as Shihu Yeguanyan Wan, Compound fresh dendrobium granules and other drugs, with high medicinal and economic value. This paper summarized the resource distribution, chemical composition, pharmacological activities, and medicine and food of *Dendrobii officinalis Caulis*, and analyzed its application status, laying a theoretical foundation for the sustainable development, medicinal and food homologous development and comprehensive utilization of *Dendrobii officinalis Caulis*.

KEYWORDS: *Dendrobii officinalis Caulis*; medicine and food homology; resource distribution; active ingredients; product development

石斛 *Dendrobii caulis* 作为我国“九大仙草”之首, 为兰科植物中珍稀名贵中药材, 最早见于《神农本草经》, 以强阴补虚见长^[1]。《中国药典》2020 年版收载石斛类药材有铁皮石斛 *D. officinale* Kimura

et Migo 和石斛(来源为金钗石斛 *D. nobile* Lindl、霍山石斛 *D. huoshanense* C. Z. Tang et S. J. Cheng、鼓槌石斛 *D. chrysotoxum* Lindl 和流苏石斛 *D. fimbriatum* Hook 及其同属植物近似种) 的新鲜或干燥

收稿日期: 2023-07-30

基金项目: 国家重点研发计划(2023YFC2308200); 江苏省高等学校基础科学(自然科学)研究重大项目(23KJA350003); 天然药物活性物质与功能国家重点实验室开放课题(GTZK202202); 江苏高校哲学社会科学研究项目(2018SJSZ062); 江苏高校“青蓝工程”资助项目

第一作者: 胡杨, 男, 副教授, E-mail: huyang@njucm.edu.cn

通信作者: 王海波, 男, 讲师, 主要从事大学生思想政治教育与管理研究, E-mail: 290189@njucm.edu.cn;

程建明, 男, 研究员, 主要从事中药新剂型新技术及其产品开发研究, E-mail: 320320@njucm.edu.cn

茎^[2]。其中,铁皮石斛因较高的药用价值和较完善的规模化种植被广泛应用,同时作为中药上品,石斛至今无不良反应报道,可见其食用安全性可靠。2018年1月11日,原国家卫生和计划生育委员会(以下简称原国家卫计委)发布了《关于就党参、铁皮石斛等9种物质作为按照传统既是食品又是中药材物质开展试生产征求意见的函》。2020年6月12日,国家卫健委办公厅印发《关于云南省开展按照传统既是食品又是中药材的物质管理试点意见的函》,同意云南省对天麻、铁皮石斛、灵芝开展食药物质试点的风险监测方案^[3]。研究发现,铁皮石斛含有葡萄糖、菊糖、果糖等及17种氨基酸,其中包括除色氨酸以外的7种人体必需氨基酸,此外还含有P、K、Mg、Na、Zn、Mn、Cu等多种微量元素,可加工成功能性食品^[4],因此铁皮石斛在保健食品的应用方面愈发广泛,常被用作膳食补充剂的茶、酒、汤、粥等。本文拟从铁皮石斛的资源分布、化学成分、药理活性、药食两用等多个方面进行概述,并对其应用现状进行分析,为石斛的进一步开发利用提供理论依据。

1 铁皮石斛资源及分布情况

1.1 产区分布

铁皮石斛为多年附生草本植物,生长于温暖潮湿、非阳光直射的环境,但是不耐寒,在海拔800~1500 m的悬崖或富含腐殖质和苔藓的树干上常年生长^[5]。全球范围内的铁皮石斛主要分布在大洋洲和亚洲的热带及亚热带地区,而我国统计到的铁皮石斛主要生长在我国北纬32°以南的省份,包括云南、浙江、贵州、广西等地^[6]。

1.2 资源现状

在全国范围内,石斛产业具有不同发展特点和发展水平的两个极端,分别为天然原产地、自然条件优越、栽培面积广、石斛品质佳等优势的云南,和深加工发达、产业链完整、附加价值高、销售市场广的浙江。并且,石斛产业以云南、浙江两点为极点,辐射周边地区^[7]。其中,云南省是我国野生铁皮石斛的原产区之一,该省处于低纬度、高海拔地区,气候类型多样;年温差小,日温差大,年均气温适中,南部地区无霜期超过300 d;降水充沛,干湿分明;有较强紫外线和日照时间,有利于植株糖分累积,为铁皮石斛种植提供了独特的气候地理优势^[8]。云南省多数地区石斛年生长期为280~300 d,采收期为1.5~2 a,而浙江等地年生长期为50 d,采收期为3~4 a。

因此,云南省产量高于浙江等地,有投资成本低、采收周期短、产量高、种植容易成活等优点^[9]。云南人工种植铁皮石斛区域布局于滇南、滇东南、滇西南3个片区的普洱、西双版纳、红河、保山、德宏、临沧、文山等7个州(市)^[10]。

浙江省是我国铁皮石斛另一主要产地之一,也是率先实现人工培育种植和产业化的省份^[11]。浙江铁皮石斛产业种植区域主要分布于乐清、婺城、义乌、武义、天台、临等县(市)。其中,乐清被誉为“中国石斛之乡”,从明代起,便已经有了收集和加工铁皮石斛的传统^[12]。早期,大棚种植为浙江石斛的主要种植模式,随着该产业的不断发展,浙江依托当地山林资源,将目光投向林下空间,打造多种铁皮石斛栽植模式,包括大棚仿野生种植、活树附生栽培、林下野生床种植、贴石野生种植等模式^[13]。2023年,浙江省石斛种植总面积已达3.6万亩(1亩≈666.67 m²,生态种植面积约占16%),铁皮石斛鲜条产量9480 t^[3]。

2 铁皮石斛的活性成分

铁皮石斛含有多糖、生物碱、芪类、黄酮、氨基酸及微量元素等多种对人体健康有益的活性成分。现代药理学研究表明铁皮石斛具有降血压、提高免疫力、抗肿瘤、抗衰老和降血脂等药用价值。

2.1 多糖

多糖为铁皮石斛的重要活性物质,其含量多少是影响铁皮石斛质量的重要因素。栽培模式、产地种源、生长年限、提取加工方式、不同部位均对铁皮石斛中多糖含量产生影响。近年来,在铁皮石斛的提取、分离纯化、结构鉴定、药理性质等方面,已有众多学者进行了大量研究。铁皮石斛多糖以水提醇沉法为主要提取方式,还有酶解法、超声法、微波辅助法、CO₂流体萃取法等^[14]。色素、脂质、蛋白质、淀粉、低聚糖、小分子物质等为铁皮石斛粗多糖中的主要杂质,进行脱脂、脱蛋白、透析除杂后,再通过纤维素柱和凝胶色谱柱得到均一化结构的铁皮石斛多糖。目前对铁皮石斛多糖结构的研究主要集中在多糖的相对分子质量、单糖的组成及比例、单糖的连接方式、糖苷键型及重复单位等^[15]。实验获得的多糖片段差异较大,在多糖结构的各方面有一定不同。对近3年(2020—2023年)国内外学者从铁皮石斛中分离得到的多糖成分和药理活性进行初步总结,见表1。

表 1 铁皮石斛中多糖类化合物结构特征(2020—2023 年)

Table 1 Structural characteristics of polysaccharide compounds in Dendrobii officinalis Caulis (2020–2023)					
序号	多糖名称	单糖组成(物质的量比)	分子量/Da	药理作用	文献
1	DOP-1	–	3.26×10 ⁵	抗衰老	[16]
2	PDOP	葡萄糖–甘露糖–半乳糖(0.53:0.43:0.04)	1.81×10 ⁵	免疫调节	[17]
3	DOP	葡萄糖–甘露糖(1.00:4.44)	1.41×10 ⁵	对结肠炎的 保护作用	[18]
	EDOP	葡萄糖–甘露糖(1.00:4.76)	2.92×10 ³		
4	DOP-1	甘露糖–葡萄糖(5.18:1.00)	6.80×10 ³	降血糖	[19]
	DOP-2	甘露糖–葡萄糖(4.70:1.00)	1.43×10 ⁴		
5	DOW-5B	葡萄糖醛酸–葡萄糖(1.20:19.4)	3.94×10 ⁴	免疫调节	[20]
6	DOP	葡萄糖–甘露糖(1.00:4.41)	1.90×10 ⁵	降血糖	[21]
7	WDOP	鼠李糖–甘露糖–葡萄糖–半乳糖–木糖–阿拉伯糖(1.00:168.39:86.16:0.22:0.61:0.34)	–	–	[22]
	ADOP1	鼠李糖–甘露糖–葡萄糖–半乳糖–木糖–阿拉伯糖(1.00:0.38:155.00:2.61:0.08:1.51)			
	ADOP2	鼠李糖–甘露糖–葡萄糖–半乳糖–木糖–阿拉伯糖(1.00:1.00:165.15:12.33:4.83:14.31)			
	ADOP3	鼠李糖–甘露糖–葡萄糖–半乳糖–木糖–阿拉伯糖(1.00:0.17:4.27:2.60:3.21:3.05)			
8	DOP	甘露糖–葡萄糖(6.90:1.00)	3.12×10 ⁵	抗肿瘤	[23]
9	DOPS-1	甘露糖–葡萄糖–半乳糖醛酸(3.20:1.30:1.00)	1.53×10 ⁶	抗肿瘤	[24]
10	DOP-w	甘露糖–鼠李糖–核糖–半乳糖醛酸–葡萄糖醛酸– <i>N</i> -乙酰–氨基葡萄糖–葡萄糖–半乳糖–木糖–阿拉伯糖–岩藻糖(12.68:0.12:0.10:0.12:0.08:0.43:12.01:0.83:0.29:0.38:0.16)	–	抗氧化	[25]
	DOP-p	甘露糖–核糖–鼠李糖–葡萄糖醛酸–半乳糖醛酸–葡萄糖–半乳糖–木糖–阿拉伯糖–岩藻糖(17.86:0.02:0.01:0.81:0.30:10.42:0.20:0.03:0.22:0.14)			
11	DOP	甘露糖–葡萄糖(1.00:3.52)	1.25×10 ⁶	抗衰老	[26]
12	DOP-Z	甘露糖–葡萄糖(3.85:1.00)	2.46×10 ⁵	降脂	[27]
	DOP-Y	甘露糖–葡萄糖(5.55:1.00)	1.59×10 ⁵		
	DOP-A	葡萄糖–甘露糖(6.02:1.00)	2.20×10 ⁵		
	DOP-G	甘露糖–葡萄糖(2.53:1.00)	7.90×10 ⁴		
13	DOP	甘露糖–葡萄糖(4.47:1.00)	8.03×10 ⁴	免疫调节	[28]
14	DOP	甘露糖–葡萄糖(3.45:1.00)	–	预防糖尿病	[29]
15	DOPs	葡萄糖–甘露糖(1.00:5.78)	4.56×10 ³	神经保护	[30]
	DOPS-1	甘露糖–葡萄糖–半乳糖醛酸(3.20:1.30:1.00)	1.53×10 ⁶		
16	DP	甘露糖–核糖–鼠李糖–葡萄糖醛–半乳糖醛酸–葡萄糖–半乳糖–木糖–阿拉伯糖–岩藻糖(18.68:0.24:0.60:0.62:1.29:56.24:3.67:0.64:0.77:0.07)	3.12×10 ⁵	神经保护	[31]
17	EPDO-40	甘露糖–葡萄糖(2.60:1.00)	4.53×10 ⁵	抗疲劳	[32]
	EPDO-60	甘露糖–葡萄糖(4.00:1.00)	2.77×10 ⁵		
	EPDO-80	甘露糖–葡萄糖(2.00:1.00)	5.36×10 ⁴		
18	DOP	甘露糖–葡萄糖(4.20:1.00)	8.25×10 ⁵	酒精性胃黏膜和肝损伤的预防和保护作用	[33]
19	DOP-1	鼠李糖–半乳糖–葡萄糖–甘露糖(0.73:1:18:27)	–	免疫调节	[34]
	DOP-2	鼠李糖–半乳糖–葡萄糖–甘露糖(0.56:1.00:0.33:0.29)			
	DOP-3	甘露糖–葡萄糖(4.30:1.00)	5.44×10 ⁵		
20	DOP-30	甘露糖–葡萄糖(4.20:1.00)	2.74×10 ⁵	免疫调节	[35]
	DOP-60	甘露糖–葡萄糖(4.30:1.00)	1.20×10 ⁵		
	DOP-150	甘露糖–葡萄糖(4.20:1.00)	1.20×10 ⁵		

(续表)

序号	多糖名称	单糖组成(物质的量比)	分子量/Da	药理作用	文献
21	DOP		7.02×10 ⁵	抗氧化、降血糖	[36]
	DOP-40	-	1.30×10 ⁶		
	DOP-60		8.40×10 ⁵		
	DOP-80		5.86×10 ⁵		

研究表明,铁皮石斛多糖具有抗肿瘤、降血糖、降血脂、降血压、免疫调节、抗氧化和护肝等多种药理作用。如对于 Hepa1-6、LLC、MFC 和 CT26 荷瘤小鼠模型,铁皮石斛多糖都具有抑制肿瘤生长、促进肿瘤细胞凋亡的作用,其机理为促进 TAMs 的肿瘤相关巨噬细胞极化^[37]。在小鼠体内实验中,铁皮石斛中性多糖(DOP-1)下调血清中 IL-6、IL-10 含量,降低 IFN- γ 水平,并提高免疫抑制模型小鼠血清中溶血素含量,因此可缓解环磷酰胺对小鼠的免疫抑制作用^[38]。铁皮石斛多糖有助于改善 2 型糖尿病小鼠的肝糖代谢,缓解糖尿病小鼠的高血糖,其降糖机制可能为影响胰高血糖素介导的信号通路 CAMP-PKA 和 Akt/FOXO1,调节肝糖原代谢;并扭转肝糖原结构的不稳定性,抑制糖原的降解^[21]。铁皮石斛多糖可改善肥胖引起胰岛素抵抗小鼠的相关胰岛素抵抗和脂质代谢紊乱,可能是治疗相关疾病的潜在药物^[39]。通过脂质组学、代谢组学分析,发现铁皮石斛多糖 DOP 对肝脏中的氧化应激、炎症和肝脏脂质积累具有改善作用,由此对 2 型糖尿病大鼠的肝脏代谢紊乱症状有治疗作用^[40]。Li 等研究发现,铁皮石斛多糖可以改善代谢性高血压大鼠血压,改善异常脂质代谢过程;调节短链脂肪酸代谢,改善肠道菌群,增强肠道屏障;并增加血清中 NO 水平,改善血管内皮功能,在治疗代谢性高血压方面有

很大的益处^[41]。梅威威的研究表明,对于急性酒精性肝损伤小鼠,铁皮石斛多糖可以降低其体内的 ALT、AST、TG 和 MDA 含量,升高 SOD 水平,预防酒精带来的肝损伤,其机制可能与其上调肝脏中 AT-GL 及 HO-1 mRNA 表达有关^[42]。

2.2 生物碱

生物碱是最早从石斛属植物中分离得到的化合物,在石斛属植物中广泛存在,分为倍半萜、八氢中氮茛、四氢吡咯、酰胺和咪唑 5 种类型,分别属于萜类、哌啶类、吡咯类、有机胺类等大类生物碱^[43]。作为最早从石斛中分离得到的生物碱,倍半萜类生物碱石斛碱具有神经系统保护、清热止痛、抗炎症、心血管保护、抗癌以及抗甲型流感病毒等药用功效,主要分布在金钗石斛、棒节石斛中,但近几年,有相关研究报道称在铁皮石斛中检测分离到石斛碱,如李海涛等^[44]从云南产铁皮石斛组培苗中提取到石斛碱。文献调研发现,铁皮石斛中的生物碱主要是酰胺类生物碱,即氮原子未结合在环内的一类生物碱,多糖含量较高的 3 个石斛种类,铁皮石斛、细茎石斛、齿瓣石斛中皆含有此类生物碱。目前分离得到的此类生物碱主要有 *N-p*-香豆酰酪胺、*N*-顺式阿魏酸酰酪胺、二氢阿魏酸酰酪胺、*N-p*-阿魏酸酰酪胺、*N-p*-桂皮酸酰酪胺等^[45]。

表 2 铁皮石斛中的主要生物碱化合物

Table 2 The main alkaloid compounds in *Dendrobii officinalis* Caulis

序号	化合物名称	药理作用	文献	序号	化合物名称	药理作用	文献
22	<i>N-p</i> -香豆酰酪胺	抑制乙酰胆碱酯酶活性	[45]	28	大麦芽碱	抗炎	[46]
23	<i>N</i> -顺式阿魏酸酰酪胺	抗氧化	[45]	29	可可碱	神经保护作用	[46]
24	二氢阿魏酸酰酪胺	抗原虫活性	[45]	30	葫芦巴碱	抗炎、抗氧化、抗衰老	[46]
25	<i>N-p</i> -阿魏酸酰酪胺	抗氧化	[45]	31	奎宁	抗疟	[46]
26	<i>N-p</i> -桂皮酸酰酪胺	-	[45]	32	石斛碱	抗肿瘤	[44]
27	对羟基苯丙酰酪胺	-	[45]				

此外,吡啶类、异喹啉和萜类吲哚类生物碱也在铁皮石斛中被发现(22~32)^[46],化合物名称和药理作用总结见表 2,结构式见图 1。含量方面,诸燕等对人工栽培铁皮石斛 17 个种质 41 个样品,以及市售不同价位枫斗药材 11 个样品,测定比较其总生物

碱含量,结果显示总生物碱含量在 0.019%~0.043%,且总生物碱含量云南>浙江,并呈现出与生长年限正相关的规律^[47]。汪群红等对不同来源铁皮石斛中生物碱进行含量比较,结果表明总生物碱含量顺序为:组培品>野生品>人工栽培品^[48]。尚喜

雨对铁皮石斛不同部位生物碱进行提取和测定,发现铁皮石斛中生物碱,茎上段>叶≈根>茎中段≈茎下段^[49]。

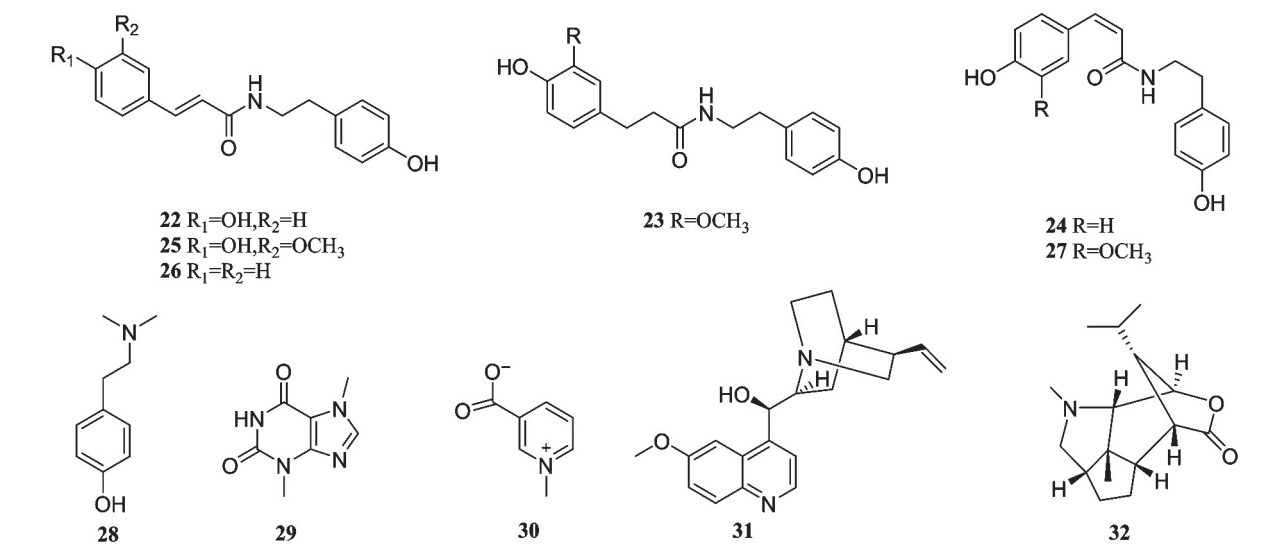


图 1 铁皮石斛中主要的生物碱成分结构

Fig. 1 The structure of the main alkaloid components in *Dendrobii officinalis* Caulis

铁皮石斛生物碱具有抗氧化、抗神经元凋亡、抑制心血管疾病及改善糖尿病等作用。如通过心肌缺血再灌注损伤大鼠模型,发现石斛碱对心脏具有保护作用,其作用机制与抑制 Bax/Cyt-C/caspase3 凋亡信号通路有关^[50]。测定铁皮石斛的生物碱组分及其抗氧化活性,结果显示大部分组分表现出羟自由基清除活性,其中活性最高者对羟自由基的校正清除率达到 5.2%^[51]。石斛碱可通过上调 miR-499-5p 表达改善糖尿病肾病系膜细胞增殖、上皮间质转化和纤维化,推测其作用机制与抑制 NF-κB 通路的活化有关^[52]。对于妊娠期糖尿病,石斛碱可有效改善小鼠母体症状并减轻其对后代的损害,并减少炎症因子 IL-1、IL-6、IL-17、TNF-α 的分泌^[53]。对于帕

金森模型小鼠,石斛碱显著改善了其运动性能,减轻了多巴胺能神经元的损伤,其机制是通过促进 MANF 介导的 ER 应激抑制来实现的^[54]。

2.3 芪类

芪类化合物的结构特点是由 2 个联苄母核构成,包括联苄类,菲类及其衍生物。以乙醇提取、乙酸乙酯萃取、硅胶分离等方法,分离纯化得到铁皮石斛中的芪类化合物,并对其进行结构鉴定。从铁皮石斛中分离得到的芪类化合物包括毛兰素、鼓槌菲、铁皮石斛素 A~U、Dendrocanol、Densiflorol A 等,化合物名称和药理作用见表 3,其中代表性成分有毛兰素、鼓槌菲、毛兰菲、Dendrocanol(33~51)等,其结构式见图 2^[55-61]。

表 3 铁皮石斛中的主要芪类化合物

Table 3 The main astragalus compounds in *Dendrobii officinalis* Caulis

序号	化合物名称	药理作用	文献	序号	化合物名称	药理作用	文献
33	铁皮石斛素 A	抗肿瘤	[55]	43	Dendrobibenzyl	降低胆固醇	[58]
34	铁皮石斛素 B	抑制 NO 生成	[55]	44	鼓槌联苄	抗肿瘤	[58]
35	铁皮石斛素 C	抗氧化	[55]	45	鼓槌石斛素	抗菌	[58]
36	铁皮石斛素 D	抗氧化	[55]	46	Dendrocanol	降低胆固醇	[58]
37	Dendromonilside E	免疫调节	[55]	47	Densiflorol A	-	[59]
38	毛兰素	抗肿瘤	[56]	48	石斛酚	抗炎	[59]
39	二氢白黎芦醇	抗炎、改善糖尿病	[55]	49	铁皮石斛素 Y	抗氧化	[60]
40	鼓槌菲	抗肿瘤	[56]	50	Crepidatin	对急性肺损伤的保护作用	[60]
41	毛兰菲	抗肿瘤	[57]	51	铁皮石斛素 X	-	[61]
42	4-甲氧基菲-2,5-二醇	胰脂肪酶的抑制作用	[57]				

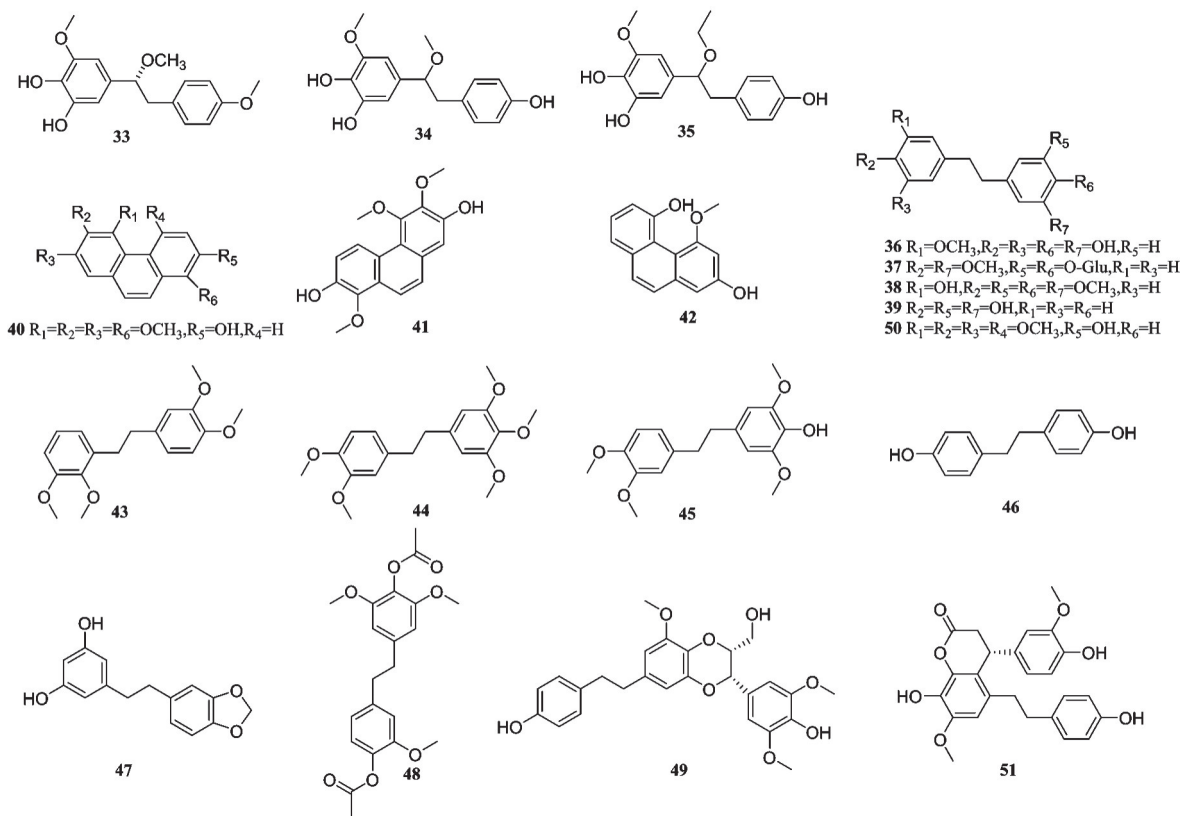


图2 铁皮石斛中主要的萜类成分结构

Fig. 2 The structure of the main astragalus components in *Dendrobii officinalis* Caulis

研究表明,萜类化合物有抗氧化、抗肿瘤、微弱的降血脂作用。铁皮石斛中的联苳类化合物的抗肿瘤活性较好,可以抑制肿瘤糖酵解发挥其体内外抗肺癌的治疗作用,其机制为下调 A549 细胞 PI3K-Akt 和 HIF-1 α 信号通路,影响糖酵解途径的 GLUT4 和 HK2 的蛋白表达^[62]。从铁皮石斛茎中提取得到的菲类衍生物对两类癌细胞 HI-60、THP-1,表现出细胞毒活性^[63]。通过 UV-B 照射 HaCaT 细胞建立体外诱导氧化应激模型,验证了铁皮石斛中得到的 13 个联苳类衍生物可以保护 UV-B 诱导的皮肤光老化,其机制为联苳类衍生物可直接与 SIRT3 结合,增强脱乙酰反应,进而激活 Mn-SOD^[64]。对铁皮石斛的小极性提取部位分离纯化,得到的联苳类化合物,有促进 HepG2 细胞对胆固醇的摄取作用,推测该化合物具有微弱的抑制胆固醇合成的效果^[58]。

2.4 黄酮

黄酮类化合物也是铁皮石斛的主要活性成分之一,目前鉴定得到的铁皮石斛中的黄酮类化合物主要为黄酮类、黄酮醇类、二氢黄酮类等^[45],化合物名称和药理作用见表 4^[65-70],其中代表性成分有柚皮素、槲皮素、芹菜素、异鼠李素(52~68)等,其结构式见图 3。建立 UPLC-MS/MS 方法测定并比较不同产地铁皮石斛中黄酮含量差异,研究发现,黄酮的种类和含量在不同产地铁皮石斛中存在较大差异,其中柚皮素含量最高,其次为圣草酚、异鼠李素等,而槲皮素、芦丁、紫杉叶素等仅在部分产地铁皮石斛中存在^[65]。对浙江乐清产铁皮石斛不同部位中的黄酮进行含量测定,发现铁皮石斛中黄酮含量依次为花>叶>茎,且花中黄酮具有更好的抗氧化活性^[66]。对不同产地铁皮石斛中黄酮含量进行测定,结果显示云南产的铁皮石斛中黄酮量最多,达到 0.501%^[67]。

表 4 石斛中主要的黄酮类化合物
Table 4 The main flavonoids in Caulis Dendrobii

序号	化合物名称	药理作用	文献	序号	化合物名称	药理作用	文献
52	柚皮素	抗肿瘤	[65]	61	新西兰牡荊苷 I	抗癌、抗氧化	[68]
53	槲皮素	降血压、降血脂、降血糖、抗炎等	[65]	62	夏佛塔苷	抗炎、免疫调节	[69]
54	芹菜素	免疫调节	[65]	63	异夏佛塔苷	抗炎、抗氧化、神经保护	[69]
55	异鼠李素	心脑血管保护、抗肿瘤、抗炎	[65]	64	佛莱心苷	抗胆碱酯酶活性	[68]
56	圣草酚	抗炎、抗氧化、抗癌、神经保护	[65]	65	异佛莱心苷	抗癌	[68]
57	紫杉叶素	抗肿瘤、抗炎	[65]	66	金丝桃苷	抗炎、抗抑郁和抗癌	[65]
58	芦丁	抗炎、抗氧化	[65]	67	异槲皮苷	抗癌、抗氧化、改善糖尿病和过敏反应	[65]
59	金圣草黄素	抗癌、抗炎、抗菌、抗真菌、神经保护	[65]	68	芹素素-6-C- α - <i>L</i> -鼠李糖-8-C- β - <i>D</i> -异鼠李糖	抑制 α -葡萄糖苷酶活性	[70]
60	新西兰牡荊苷 II	抗肿瘤、抗氧化	[68]				

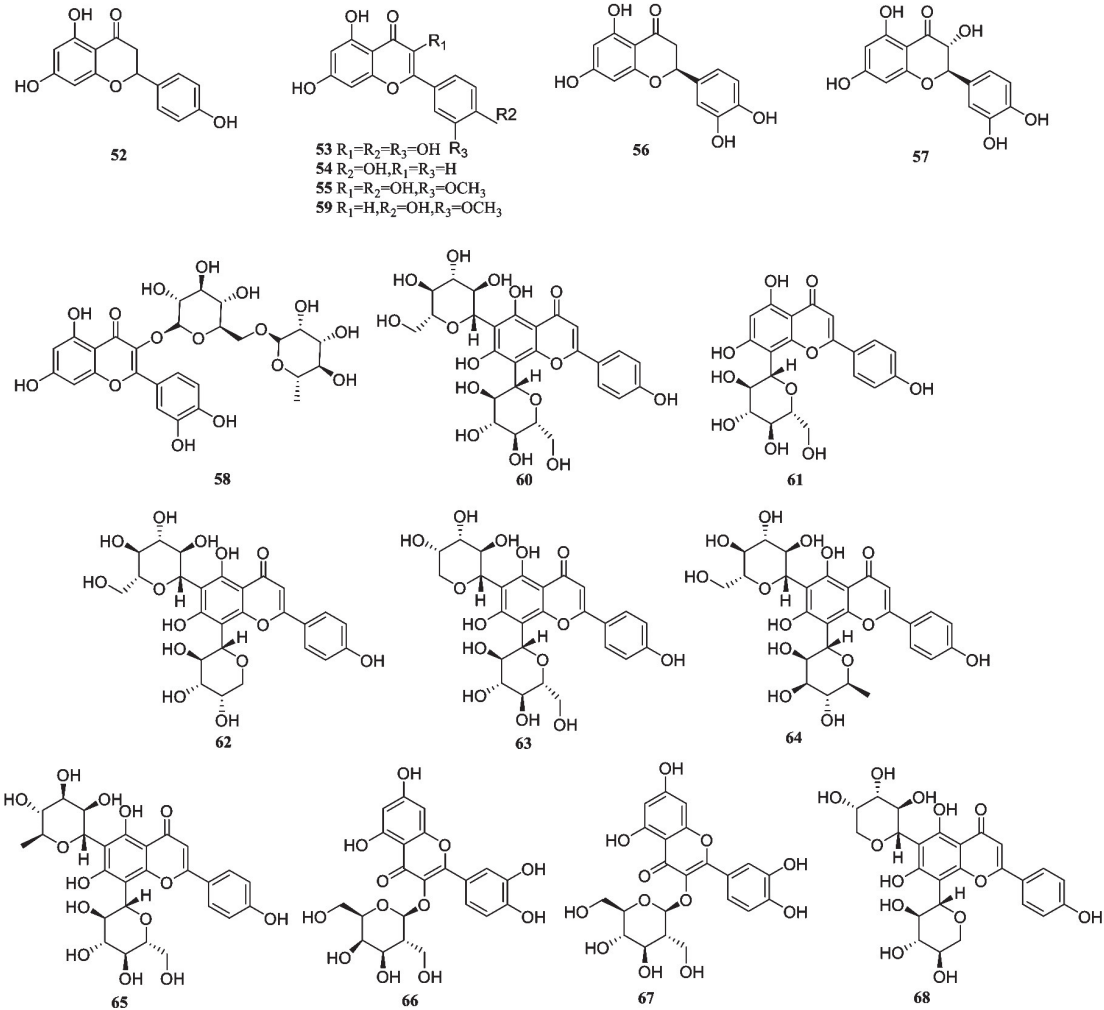


图 3 铁皮石斛中主要的黄酮类成分结构

Fig. 3 The structure of main flavonoids in Dendrobii officinalis Caulis

铁皮石斛中黄酮有抗氧化、抗衰老和免疫调节等作用。如铁皮石斛花中的总黄酮具有抗氧化活性,且呈现浓度依赖性,当质量浓度达 10 mg · mL⁻¹ 时,对 DPPH · 、 · OH 清除率可达到 89. 77% 和 80. 01%^[71]。此外,铁皮石斛总黄酮对力竭性运动大鼠有肝脏保护作用,可以调节肝脏氧化代谢并调

控大鼠肝脏组织自噬水平,来维持肝脏功能的稳定^[72],并通过有效的维持 Th1/Th2 的动态平衡,改善对机体免疫功能的抑制,减缓运动疲劳的发生,促进运动劳累后的免疫恢复^[73]。对 D-半乳糖所致小鼠衰老模型,铁皮石斛总黄酮可以有效调节小鼠体内 SOD、T-AOC、ATP 活性,降低氧化应激反应;升高机体内不同类型胶原蛋白含量,促进机体内胶原修复^[74]。

2.5 氨基酸及微量元素

氨基酸是构建生物机体的众多生物活性大分子之一,是铁皮石斛中的有效成分和人体必需的营养成分。铁皮石斛中共有 17 种氨基酸,包括天冬氨酸(Asp),谷氨酸(Glu),丝氨酸(Ser)等,含有除色氨酸以外的所有人体必需氨基酸;同时,总氨基酸的营养价值排序为铁皮石斛>金钗石斛>鼓槌石斛^[75]。罗绪强等研究发现氨基酸含量在不同部位排序为叶片>上茎>下茎,叶片中总氨基酸含量可以达到 $(89.00 \pm 10.09) \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ^[76]。鲁芹飞等测定铁皮石斛鲜品中总氨基酸含量与铁皮石斛干品有一定不同,推测可能为鲜品在干燥炮制过程中,其中的氨基酸发生转化,或是氨基酸结构不稳定,遭到破坏^[77]。金璐英等的试验结果表明,种质对大部分氨基酸的累积有明显的影响;在不同的生长期,各种必需氨基酸的含量均有不同程度的提高,其中以 3 年生铁皮石斛为最;所以,提高铁皮石斛的氨基酸含量可以从种质上进行选择,并延长其采收期^[78]。

铁皮石斛中还含有多种微量元素,主要包括 P、K、Mg、Na、Zn、Mn、Cu 等,这些微量元素对于人体机理性的提高具有很好的调节作用^[79],也是保证铁皮石斛药材食用安全性的重要指标^[80]。黎万奎等的试验结果表明,微量元素含量为组织培养物>人工栽培品 $\approx$ 铁皮枫斗^[81]。纪照红对新疆产不同年限铁皮石斛进行比较,发现 P、Mg、Ca、Zn、Fe、Se 等元素均以 3 年生条显著较高,K、Na 和 Cu 等元素以 1 年生条显著较高,该差异与铁皮石斛不同生长阶段的代谢需求差异有关^[82]。马小双等对广南铁皮石斛重金属及微量元素的含量情况进行考察,结果显示铁皮石斛中重金属 Cu、Pb、Cd 均在《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》规定限度范围内,具有食用安全性^[80]。

2.6 其他

铁皮石斛中还包含着其他化合物类型,如挥发性化学成分、酚类化合物、木质素类、内酯类等等。

挥发油在铁皮石斛中含量较低,但对植物品质也起着一定作用,是衡量植物品质的指标之一。付涛共鉴定出挥发成分 90 种,包括醛类、醇类、酯类、萜烯类、酮类、烷烃与芳香烃及其衍生物,其中仿野生栽培品中挥发油在不同部位具有分布差异,结果显示根>茎>叶^[83]。吕素华从铁皮石斛鲜花样品中共鉴定出 51 个挥发性化合物,以萜类、脂肪族、芳香族化合物为主,主要化合物包括桉油素(12.72%)、蒎烯(4.64%)、 α -松油醇(4.07%)、2,6-二叔丁基对甲酚(4.54%)^[84]。杨洋等对不同种植方式的铁皮石斛中的挥发性成分进行分析,结果不同种植方式下铁皮石斛中挥发油种类和含量差异较大,表明挥发油成分受环境影响较大^[85]。挥发油主要为次生代谢产物,具有调节植物生长发育、增强抵抗生物胁迫等功能。同时因具有强烈的香味,对部分害虫和病原性真菌有着毒杀和预防作用,可以用于开发香精香水、食品调料、杀虫产品等等。药理活性上,部分挥发性成分具有抗肿瘤、细胞保护、抗惊厥、抗腺病毒、抗龋齿、抗动脉粥样硬化等作用^[86-88]。

黄彪等对铁皮石斛不同部位中酚类进行测定比较,发现酚类化合物的种类和含量在不同部位均有一定差异,铁皮石斛不同部位酚类含量为花>叶>茎,花中主要含有芦丁、咖啡酸和阿魏酸,叶中芦丁和阿魏酸的含量相对较高,而铁皮石斛茎部主要酚类组分则为芦丁、阿魏酸与香草酸^[89]。唐文文对不同年限铁皮石斛中功效成分进行分析,结果为总多酚含量以 3 年生铁皮石斛叶中含量最高,为 $0.123 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ^[90]。铁皮石斛多酚有抗氧化、防癌抗癌、杀菌、抗炎等功效。对力竭运动小鼠,铁皮石斛多酚显著地提高了血清中 SOD、CAT 和 GSH-Px 水平,增强小鼠体内抗氧化能力,提升小鼠运动能力,延长了游泳运动时间^[91]。

铁皮石斛茎中木质素主要含有 G 型和 S 型木质素以及微量的 H 型木质素,并且 1~2 年生茎木质素沉积较少,3 年生木质素沉积显著增加^[92]。从铁皮石斛中分离鉴定的内酯类化合物包括钩状石斛素和洋地黄内酯^[93]。

3 药食两用研究

3.1 药品

铁皮石斛有益胃生津,滋阴清热的功效。可用于治疗热病津伤,口干烦渴,胃阴不足,食少干呕,病后虚热不退,阴虚火旺,骨蒸劳热,目暗不明,筋骨痿软等症^[2]。其中药方剂石斛夜光丸滋阴补肾,清

肝明目,用于治疗肝肾两亏,阴虚火旺,内障目暗,视物昏花等症;石斛散用于治伤寒后肾气虚损,小便余沥,及夜梦失精等症;石斛清胃方清胃生津,健脾凉血,用于治疗麻疹后期,胃热津伤,脾气虚弱,呕吐,口干作渴等症状。复方鲜石斛颗粒滋阴养胃,清热解酒,可用于胃阴不足,口干咽燥,舌红少津,酒后津

枯虚热,酒醉烦渴等症。此外石斛还为许多中成药的主要组成部分,包括养阴口香合剂、清胃消渴胶囊、脉络宁注射液等。通过在国家药品监督管理局平台上查询,目前常见的临床铁皮石斛及其复方制剂见表 5。

表 5 含铁皮石斛常用复方制剂

Table 5 Common compound preparations containing Dendrobii officinalis Caulis				
名称	处方来源	处方组成	功效	主治
养阴口香合剂	苗医古方	石斛(鲜)、朱砂根、茵陈、龙胆、黄芩、蓝布正、麦冬、天冬、枇杷叶、黄精、生地黄、枳壳	清胃泻火, 滋阴生津, 行气消积	胃热津亏, 阴虚郁热上蒸所致的口臭, 齿龈肿痛, 咽干口苦, 胃灼热痛, 肠燥便秘
清胃消渴胶囊	《国家中成药标准汇编内科气血津液分册》	石膏、玄参、地黄、麦冬、石斛、知母、天花粉、枸杞子、山药、玉竹、乌梅、黄连	清胃泻火, 养阴润燥	多食善饥, 形体逐渐消瘦, 兼有口渴多尿, 大便干燥
脉络宁注射液	《江苏省药品标准》	金银花、牛膝、石斛、玄参	清热养阴, 活血化瘀	血栓闭塞性脉管炎, 静脉血栓形成, 动脉硬化性闭塞症, 脑血栓形成及后遗症等
复方鲜石斛颗粒	《药品标准》 中药成方制剂第十五册	鲜石斛、葛根、三七	滋阴养胃, 清热解酒, 生津止渴	胃阴不足, 口干咽燥, 酒后津枯虚热, 酒醉烦渴等
石斛明目丸	《北京市中成药规范》	石斛、青箱子、决明子(炒)、蒺藜(去刺盐制)、地黄、熟地黄、枸杞子、菟丝子、肉苁蓉(酒炙)、人参、山药、茯苓、天冬、麦冬、五味子(醋炙)、甘草、枳壳(麸炒)、菊花、防风、黄连、牛膝、川芎、苦杏仁、石膏、磁石(煅醋淬)、水牛角浓缩粉	平肝清热, 滋肾明目	肝肾两亏, 虚火上升引起的瞳孔散大, 夜盲昏花, 视物不清, 内障抽痛, 头目眩晕, 精神疲倦

现代临床研究表明,铁皮石斛及其药品制剂在改善糖尿病及并发症、协助治疗肿瘤、调节免疫、护肝护肾和治疗慢性胃炎等方面也具有广泛的应用,并且可以减少治疗过程中的不良反应,具有较高的安全性。如刘松华等对 104 例慢性萎缩性胃炎患者进行研究,临床结果显示铁皮枫斗颗粒联合枸橼酸莫沙必利片可增强其治疗效果,减轻胃黏膜炎症、肠上皮化生、腺体萎缩、异型增生等,增加胃肠激素分泌,并延缓胃部纤维化^[94]。王璟等对 2 型糖尿病(T2DM)患者胰岛功能状况进行研究,临床实验表明,铁皮石斛粉有改善口渴喜饮,消谷善饥,倦怠乏力,心悸失眠等临床症状,并有着控制血糖,改善胰岛细胞功能紊乱等作用^[95]。吴俊等对高血压病患者 120 例进行研究,发现铁皮石斛加厄贝沙坦合用,比单味药有更好的降压效果,血压数值降幅更大,临床症状、体征改善更加明显^[96]。金从国等对非小细胞肺癌(NSCLC)患者进行研究,结果显示,铁皮石斛对术后患者,有改善机体体质作用,并且增加外周血中 CD8、NK、CIK 等免疫相关细胞水平,杀伤肿瘤

细胞并增强免疫能力,从而降低 CTC 水平^[97]。程志源对顽固性发热儿童应用煮沸的鲜铁皮石斛汁,发现鲜铁皮石斛能缩短体温降低时间,减少体温反复上升次数,从而解决反复发热问题^[98]。

3.2 保健食品

国家特殊食品信息查询平台显示,截至 2023 年 8 月,铁皮石斛作为保健食品的产品共 170 个,其中“国食健字”28 种、“国食健注”128 种、“卫食健字”14 种,如依源牌铁皮石斛葛根枳椇子胶囊(国食健注 G20230364)、济公缘牌铁皮石斛西洋参玛咖软胶囊(国食健注 G20230343)、台乌乌药铁皮石斛人参颗粒(国食健字 G20160390)、森山牌铁皮枫斗冲剂[卫食健字(2003)第 0452 号]等。铁皮石斛相关保健食品的明确功能包括增强免疫力、缓解体力疲劳、对化学性肝损伤有辅助保护功能、延缓衰老、清咽润喉、对辐射危害有辅助保护功能、辅助降血压、抗突变、对胃黏膜损伤有辅助保护功能,76.5%的产品仅具备单功能,23.5%的产品具有 2 种及 2 种以上功能。其中增强免疫力产品共有 150 种,抗疲劳产品

共有49种,辅助保护化学性肝损伤产品共有5种,延缓衰老产品共有3种,清咽产品共有3种。增强免疫力产品占比最大,占总产品的88.2%。主要产品及其功能属性见表6。

表6 含铁皮石斛常用保健品

Table 6 Common health products containing Dendrobii officinalis Caulis			
产品名称	主要原料	保健功能	批准文号
石兰牌铁皮石斛绞股蓝胶囊	绞股蓝、铁皮石斛	增强免疫力、缓解体力疲劳	国食健注G20041158
济公缘牌铁皮枫斗西洋参枸杞颗粒	铁皮枫斗、西洋参、枸杞子	增强免疫力、缓解体力疲劳	国食健注G20050520
济公缘牌铁皮石斛西洋参浸膏	石斛、西洋参	增强免疫力	国食健注G20100554
雷允上牌铁皮石斛葛根西洋参片	葛根提取物、铁皮石斛(经辐照)、西洋参提取物	增强免疫力、对化学性肝损伤有辅助保护功能	国食健注G20110487
国草牌铁皮石斛枸杞白芍饮品	鲜铁皮石斛、枸杞子、白芍、白术、铁皮石斛、甘草	增强免疫力	国食健注G20140080
久丽康源铁皮石斛西洋参淫羊藿酒	黄精、铁皮石斛、淫羊藿、马鹿茸、西洋参	缓解体力疲劳	国食健注G20150498
威门牌铁皮石斛西洋参牛磺酸口服液	铁皮石斛、西洋参、牛磺酸	增强免疫力、缓解体力疲劳	国食健注G20150984
颐兴堂牌铁皮石斛黄芪咀嚼片	铁皮石斛冻干粉、黄芪提取物	增强免疫力	国食健注G20200287
太一草牌铁皮石斛粉	铁皮石斛	增强免疫力	国食健注G20210127
莲洲牌铁皮石斛党参颗粒	白芍、党参、佛手、铁皮石斛、甘草	对胃黏膜损伤有辅助保护功能	国食健注G20220056
依源牌铁皮石斛葛根枳椇子胶囊	葛根、枳椇子、铁皮石斛、甘露醇	对化学性肝损伤有辅助保护功能	国食健注G20230364
天目山牌铁皮石斛含片	石斛、西洋参、薄荷脑	清咽润喉	国食健字G20040437
森山牌铁皮枫斗葆真片	石斛、麦门冬、玉竹、北沙参、淀粉等	延缓衰老	国食健字G20041492
济公缘牌铁皮石斛西洋参玛咖软胶囊	淫羊藿、玛咖粉、西洋参、铁皮石斛	增强免疫力	国食健注G20230343

分析可见,因铁皮石斛价格昂贵,单以铁皮石斛为原料,产品成本过高,故铁皮石斛相关保健产品多由2种及以上中药配伍组成,占总产品的94.7%。铁皮石斛产品的主要保健功能为增强免疫力和缓解体力疲劳,该类型产品主要配伍西洋参、灵芝、枸杞、黄精等。铁皮石斛味甘、微寒,具有生津清热、滋阴养胃的功效;西洋参甘、寒,具有补气养阴、扶正除烦的功效;灵芝具有扶正固本、滋补强壮的功效;枸杞甘、平,归肝、肾、肺经,具有养肝滋肾的功效;黄精具有补气养阴、润肺健脾的功效。铁皮石斛与西洋参、灵芝、枸杞、黄精相互配伍,具有协同增效的作用,增强调节免疫、抗疲劳的作用。铁皮石斛保健品剂型主要有颗粒剂、胶囊、片剂、膏剂、口服液、饮料、茶

剂、粉剂、丸剂、酒剂10类。其中,颗粒剂占比30%、胶囊占比28.2%、片剂占比14.7%、膏剂占比7.0%、口服液占比7.0%、饮料占比5.3%、茶剂占比3.5%、粉剂占比3.5%。10类剂型具有方便服用及携带、满足不同需求的特点,但目前多为传统剂型,有待进一步创新。

3.3 化妆品

铁皮石斛中含有的多糖、黄酮、酚类、氨基酸等物质具有抗氧化、抗菌、消炎等药理活性,已作为基础原料在化妆护肤方面得到广泛开发。开发出的产品类型包括面膜、面霜、乳液、护手霜、润肤霜、洗面奶、精华液、手工皂、润唇膏、爽肤水、沐浴露、香水等;产品功能包括抗氧化、保湿、晒后修复、抑菌、美

白、延缓衰老、促进毛发生长、修复皮肤屏障等。

敖德平研发了一种含 1.5%~2.5% 铁皮石斛提取物的中药组合物,辅以欧洲七叶树、东北红豆杉叶、粉防己等提取物,具有缓解过敏症状,修复皮肤损伤,快速治疗激素脸的作用^[99]。梁嘉亮等公开了一种促胶原蛋白合成的铁皮石斛提取物的制备方法,通过传统提取方式加发酵的前处理,充分有效提取铁皮石斛中有效成分,并且控制溶剂使用量和温度范围,保留鲜铁皮石斛中有效成分,可以用于开发成具有促成纤维细胞合成胶原蛋白功能的食品或者化妆品^[100]。林霖等以铁皮石斛为主要原料,研发了一种具有抗氧化、抗衰老作用的精华肌底液,通过控制植物提取物种类和质量比,能够有效提高清除自由基的能力和抗氧化性能,并能对皮肤上由环境造成的伤害起到防护和修复的作用^[101]。

4 铁皮石斛产业现状分析

随着铁皮石斛产业的蓬勃发展,有学者利用 Innojoy 专利检索平台和中国知网 (CNKI) 数据库,以铁皮石斛作为研究对象,通过对其专利和文献进行数据挖掘,对铁皮石斛产业发展的基本规律、产业发展的重点及热点领域、主要创新机构、领军团队和未来拓展领域开展了可视化计量研究和总结^[102]。结果表明:我国铁皮石斛产业发展大约起步于 2002 年,经历了发展前期 (2002—2010 年)、快速发展期 (2011—2015 年) 和稳定发展期 (2016 年至今) 3 个发展阶段;发展前期重点是如何运用现代化技术更新种植栽培体系,提升药材的产量和质量;由于工厂化育苗与规模种植技术的突破,快速发展期专利和文献的数量急剧上升,研究内容延伸到医药和化学领域;稳定发展期的专利和文献逐年下降,但由于产业支链的形成与延长,下降速度温和。逐渐形成云南、广西等西南地区主要从事栽培种植,浙江、广东等东南沿海省份主要从事铁皮石斛的加工与贸易,如浙江省以龙头企业为发展中心,集种植、生产加工、销售一体,在产品深加工和市场销售方面形成独特优势,石斛加工企业产品销售额约占全国铁皮石斛系列产品 70% 以上,获省级以上名牌或著名商标 6 个。目前,铁皮石斛产业领域的研究从种植、医药逐步发展到食品、医疗保健以及化妆品等新领域,成为铁皮石斛产业突破稳定发展瓶颈的新动力,本课题组利用数据挖掘和数据可视化技术对铁皮石斛专利的类型及应用领域数据进行更新分析 (2002—2023 年),结果如图 4~5。

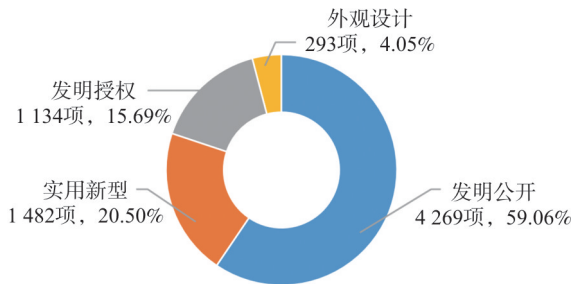


图 4 铁皮石斛专利类型 (2002—2023 年)

Fig. 4 Patent types of *Dendrobii officinalis* Caulis (2002—2023)

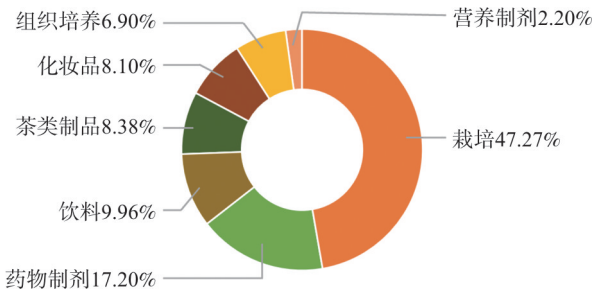


图 5 铁皮石斛专利的不同行业分布情况 (2002—2023 年)

Fig. 5 Distribution of *Dendrobii officinalis* Caulis patents in different industries (2002—2023)

分析可知,目前市售铁皮石斛药食同源产品仍存在功能比较集中、原料配伍重复率高以及产品形式传统单一等问题。针对以上不足,首先应充分挖掘铁皮石斛的保健功效,除增强免疫力、缓解体力疲劳外,现有药理研究显示铁皮石斛具有降“三高”、增加骨密度、护肝、改善胃肠功能等一系列功效,这也是未来保健食品开发的新空间。其次要结合中药配伍理论,配伍其他药材,明确原料功效成分,以发挥铁皮石斛的最大作用。此外,还应在现有的食品加工方法的基础上,引进新的制剂技术及手段,使铁皮石斛保健食品功效更加突出,口服利用度更高,产品的剂型更加多样和个性化。这样才能开发出安全、有效、创新的高品质铁皮石斛保健食品,满足不同消费人群的健康需求。最后,在深入分析铁皮石斛药食同源产业现状的基础上,行业头部企业还应结合铁皮石斛产业发展规划和产品研发中存在的问题,实施科学化的产业发展战略,即优质化、标准化与差异化发展思路。如构建优质中药材生产体系,采用有效的调控技术为铁皮石斛药材质量提供技术保障;建立以药食同源中药材生产、加工、宣传和管理为主体框架的标准体系,对铁皮石斛产业的各个环节进行规范管理;依托不同地区的特色资源和优势,通过有价值的创新和创造,在产品、文化和服务等方面形成显著的特色,获得相对的产业竞争优势。

5 结语与展望

寓医于食、药膳文化是传统中医药重要的组成部分,更是中医药的精髓。历史上因野生石斛资源紧缺,价格较高,药厂少有研发以石斛为原料的中成药,大部分中医也较少应用石斛作为组方用药,尤其是铁皮石斛、霍山米斛等名贵石斛。20世纪末至21世纪初,我国浙江率先出现了石斛繁殖研究和人工种植实践,经过多年探索,先后突破了铁皮石斛繁殖和种植难关,在浙江形成了规模化种植,霍山石斛、金钗石斛和紫皮石斛的种植也顺势得以长足发展。近年来以铁皮石斛为原料开发保健食品开始显现出极大的市场开发潜力,如2013年,主产区云南、浙江便开始进行铁皮石斛花、茎、叶新食品原料的研究和申报。2016年,中国中药协会石斛专业委员会专门向国家卫健委报送了《关于将铁皮石斛列为新食品原料的请求》。同时,人们也发现加大对铁皮石斛的基础研究将有利于其进一步的开发利用,但目前对铁皮石斛活性成分的研究常以整体的形式进行,缺乏对铁皮石斛单体成分作用机制的深入探讨,此外,尚有部分药理作用的具体机制未得到完全阐明,仍待进一步的研究与探索。

2023年11月17日,国家卫生健康委、国家市场监督管理总局发布《关于对党参等9种物质开展按照传统既是食品又是中药材的物质公告》(2023年第9号),将党参、肉苁蓉(荒漠)、铁皮石斛等9种物质纳入按照传统既是食品又是中药材的物质(简称食药物质)目录。这必将推动石斛深加工的发展和创新,促进一、二、三产业融合发展,石斛产业将迎来全新的发展机遇。本文通过概述铁皮石斛相关研究,为铁皮石斛的可持续发展、有效成分研究、临床研究、药食同源开发、综合开发利用提供理论基础,对充分发挥铁皮石斛的经济价值具有重大意义。

参考文献:

- [1] 杨明志,赵菊润,何伟. 石斛名医临床与食疗应用[M]. 成都:四川科学技术出版社,2018.
YANG M Z, ZHAO J R, HE W. Clinical and dietotherapy application of *Dendrobium nobile* [M]. Chengdu: Sichuan Scientific & Technical Publishers, 2018.
- [2] 国家药典委员会. 中国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020.
China Pharmacopoeia Committee. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: I [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020.
- [3] 杨明志,单玉莹,陈晓梅,等. 中国石斛产业发展现状分析与考量[J]. 中国现代中药, 2022, 24(8): 1395-1402.
YANG M Z, SHAN Y Y, CHEN X M, et al. Current development situation of *Dendrobium* industry in China [J]. Mod Chin Med, 2022, 24(8): 1395-1402.
- [4] 严静,蔡易熹,陈燕兰,等. 铁皮石斛茎、叶、花的活性成分及综合利用研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(17): 299-

306.
YAN J, CAI Y X, CHEN Y L, et al. Research progress in active components and comprehensive utilization of stems, leaves and flowers of *Dendrobium officinale* [J]. Food Ferment Ind, 2021, 47(17): 299-306.
- [5] 刘羽佳,陈堰珊,理雅,等. 铁皮石斛种质资源与遗传改良研究进展[J]. 韶关学院学报, 2022, 43(12): 1-6.
LIU Y J, CHEN Y S, LI Y, et al. Advances in germplasm resources and genetic improvement of *Dendrobium officinale* [J]. J Shaoguan Univ, 2022, 43(12): 1-6.
- [6] 李朝锋,张向军,陈晨,等. 广西铁皮石斛产业发展现状及对策[J]. 现代农业科技, 2019(6): 57-59.
LI C F, ZHANG X J, CHEN C, et al. Development situation of *Dendrobium officinale* industry in Guangxi and its countermeasures [J]. Mod Agric Sci Technol, 2019(6): 57-59.
- [7] 罗在柒,龙启德,姜运力,等. 全国石斛产业现状及贵州发展石斛产业的思考[J]. 贵州林业科技, 2021, 49(1): 42-47.
LUO Z Q, LONG Q D, JIANG Y L, et al. The Current situation of *Dendrobium* industry in China and some thoughts on the development in Guizhou [J]. Guizhou For Sci Technol, 2021, 49(1): 42-47.
- [8] 黄丽. 加快云南石斛产业发展的几点思考[J]. 云南农业科技, 2010(3): 60-62.
HUANG L. Some thoughts on accelerating the development of *Dendrobium* industry in Yunnan [J]. Yunnan Agric Sci Technol, 2010(3): 60-62.
- [9] 普映娟. 云南铁皮石斛生态环境中的数学方法研究[J]. 数学的实践与认识, 2012, 42(21): 136-140.
PU Y J. The research of mathematical method at *Dendrobium officinale* ecological environment in Yunnan [J]. Math Pract Theory, 2012, 42(21): 136-140.
- [10] 王全春,张榆琴,李明辉,等. 云南石斛产业发展中存在的问题与对策建议[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(5): 70-72.
WANG Q C, ZHANG Y Q, LI M H, et al. Problems and countermeasures of Yunnan *Dendrobium* industry development [J]. J Anhui Agric Sci, 2015, 43(5): 70-72.
- [11] 赵鹏,张四海,骆争荣,等. 铁皮石斛产业发展现状与对策[J]. 园艺与种苗, 2016, 36(6): 12-13, 70.
ZHAO L, ZHANG S H, LUO Z R, et al. Current situation and countermeasures of *Dendrobium* industry [J]. Hortic Seed, 2016, 36(6): 12-13, 70.
- [12] 陈祖阳. 浙江省乐清市铁皮石斛产业发展研究[J]. 农村经济与科技, 2022, 33(19): 81-83.
CHEN Z Y. Study on the industrial development of *Dendrobium candidum* in Yueqing city, Zhejiang Province [J]. Rural Econ Sci Technol, 2022, 33(19): 81-83.
- [13] 占菁,周红伟,程红田. 铁皮石斛林下立体栽培管理技术探究:以浙江省衢州市为例[J]. 广东蚕业, 2022, 56(7): 57-59.
ZHAN J, ZHOU H W, CHENG H T. Research on the three-dimensional cultivation management technology of *Dendrobium officinale* forest-Taking Quzhou city in Zhejiang Province as an example [J]. Guangdong Seric, 2022, 56(7): 57-59.
- [14] 陶盛昌. 铁皮石斛水溶性多糖分离纯化、结构特征及免疫活性研究[D]. 广州:广州中医药大学,2016.
TAO S C. Study on structural identification and immune activity of water-soluble polysaccharides from the stems of *Dendrobium officinale*. Kimum et migo [D]. Guangzhou: Guangzhou University of Chinese Medicine, 2016.
- [15] 张霞,白月明,谢雪勤,等. 铁皮石斛多糖分离纯化及其药理活性研究进展[J]. 食品工业科技, 2022, 43(24): 412-422.
ZHANG X, BAI Y M, XIE X Q, et al. Research progress on isolation, purification and pharmacological activities of *Dendrobium officinale* polysaccharide [J]. Sci Technol Food Ind, 2022, 43(24): 412-422.
- [16] 赵苑伶,张雪,陈林珍,等. 铁皮石斛多糖的分离纯化及抗衰老活性研究[J]. 世界中医药, 2022, 17(17): 2410-2415.
ZHAO Y L, ZHANG X, CHEN L Z, et al. Separation, purification, and anti-aging activity of *caulis dendrobii officinalis* polysaccharides [J]. World Chin Med, 2022, 17(17): 2410-2415.
- [17] 张小辉. 铁皮石斛多糖的纯化工艺及免疫活性研究[D]. 广州:广东工业大学,2021.
ZHANG X H. Study on purification process and evaluation of immune activity of polysaccharides from *Dendrobium candidum* [D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2021.
- [18] ZHANG Y, WU Z J, LIU J X, et al. Identification of the core ac-

- tive structure of a *Dendrobium officinale* polysaccharide and its protective effect against dextran sulfate sodium-induced colitis via alleviating gut microbiota dysbiosis [J]. *Food Res Int*, 2020, 137: 109641.
- [19] KUANG M T, LI J Y, YANG X B, et al. Structural characterization and hypoglycemic effect via stimulating glucagon-like peptide-1 secretion of two polysaccharides from *Dendrobium officinale* [J]. *Carbohydr Polym*, 2020, 241: 116326.
 - [20] LI M X, YUE H, WANG Y Q, et al. Intestinal microbes derived butyrate is related to the immunomodulatory activities of *Dendrobium officinale* polysaccharide [J]. *Int J Biol Macromol*, 2020, 149: 717–723.
 - [21] LIU Y G, YANG L L, ZHANG Y, et al. *Dendrobium officinale* polysaccharide ameliorates diabetic hepatic glucose metabolism via glucagon-mediated signaling pathways and modifying liver-glycogen structure [J]. *J Ethnopharmacol*, 2020, 248: 112308.
 - [22] XING L, MIAO Y L, LI N, et al. Molecular structure features and lactic acid fermentation behaviors of water- and alkali-soluble polysaccharides from *Dendrobium officinale* [J]. *J Food Sci Technol*, 2021, 58(2): 532–540.
 - [23] ZHANG K, ZHOU X T, WANG J Q, et al. *Dendrobium officinale* polysaccharide triggers mitochondrial disorder to induce colon cancer cell death via ROS-AMPK-autophagy pathway [J]. *Carbohydr Polym*, 2021, 264: 118018.
 - [24] WANG L X, LI C Y, HU C, et al. Purification and structural characterization of *Dendrobium officinale* polysaccharides and its activities [J]. *Chem Biodivers*, 2021, 18(5): e2001023.
 - [25] 孟继坤, 张楠, 吴浩, 等. 超高压提取铁皮石斛多糖工艺优化及其抗氧化活性分析 [J]. *食品与机械*, 2023, 39(1): 157–163.
 - [26] MENG J K, ZHANG N, WU H, et al. Optimization of ultra-high pressure extraction technology of polysaccharide from *Dendrobium officinale* and its antioxidant activities [J]. *Food Mach*, 2023, 39(1): 157–163.
 - [27] XU L, ZENG X X, LIU Y N, et al. Inhibitory effect of *Dendrobium officinale* polysaccharide on oxidative damage of glial cells in aging mice by regulating gut microbiota [J]. *Int J Biol Macromol*, 2023, 247: 125787.
 - [28] WANG K P, SONG M Z, MU X, et al. Comparison and the lipid-lowering ability evaluation method discussion of *Dendrobium officinale* polysaccharides from different origins based on principal component analysis [J]. *Int J Biol Macromol*, 2023, 242(Pt 1): 124707.
 - [29] TAO S C, SONG Y C, DING S B, et al. *Dendrobium officinale* polysaccharide-based carrier to enhance photodynamic immunotherapy [J]. *Carbohydr Polym*, 2023, 317: 121089.
 - [30] LIU H D, XING Y, WANG Y B, et al. *Dendrobium officinale* polysaccharide prevents diabetes via the regulation of gut microbiota in prediabetic mice [J]. *Foods*, 2023, 12(12): 2310.
 - [31] XU L, ZENG X X, LIU Y N, et al. Effect of *Dendrobium officinale* polysaccharides on central nervous system disease: Based on gut microbiota [J]. *Int J Biol Macromol*, 2023, 240: 124440.
 - [32] CHEN L, HE X, WANG H X, et al. *Dendrobium officinale* polysaccharide prevents neuronal apoptosis via TET2-dependent DNA demethylation in high-fat diet-induced diabetic mice [J]. *Int J Biol Macromol*, 2023, 233: 123288.
 - [33] CAI M, ZHU H, XU L, et al. Structure, anti-fatigue activity and regulation on gut microflora in vivo of ethanol-fractional polysaccharides from *Dendrobium officinale* [J]. *Int J Biol Macromol*, 2023, 234: 123572.
 - [34] JING Y S, HU J Y, ZHANG Y M, et al. Structural characterization and preventive effect on alcoholic gastric mucosa and liver injury of a novel polysaccharide from *Dendrobium officinale* [J]. *Nat Prod Res*, 2022: 1–8.
 - [35] 李镜锐, 陶文扬, 杨颖, 等. 三种浙产铁皮石斛多糖的结构及免疫功效探究 [J]. *浙江农业学报*, 2023, 35(8): 1888–1895.
 - [36] LI J R, TAO W Y, YANG Y, et al. Comparative studies of polysaccharides of three *Dendrobium* species from Zhejiang Province and exploration of their physiological functions [J]. *Acta Agric Zhejiangensis*, 2023, 35(8): 1888–1895.
 - [37] 赵小丹, 刘玉, 陶新玉, 等. 不同相对分子质量的铁皮石斛多糖对细胞免疫活性的影响 [J]. *中国药学杂志*, 2023, 58(11): 997–1004.
 - [38] ZHAO X D, LIU Y, TAO X Y, et al. Cellular immune activity of *Dendrobium officinale* polysaccharide with different molecular weight [J]. *Chin Pharm J*, 2023, 58(11): 997–1004.
 - [39] 周金平, 王自凡, 卢永仲, 等. 铁皮石斛多糖分级制备及理化活性研究 [J]. *日用化学品科学*, 2022, 45(8): 17–21.
 - [40] ZHOU J P, WANG Z F, LU Y Z, et al. Fractionated preparation and physicochemical properties of *dendrobium officinale* polysaccharide [J]. *Deterg Cosmet*, 2022, 45(8): 17–21.
 - [41] WANG H Y, GE J C, ZHANG F Y, et al. *Dendrobium officinale* polysaccharide promotes M1 polarization of TAMs to inhibit tumor growth by targeting TLR2 [J]. *Carbohydr Polym*, 2022, 292: 119683.
 - [42] 雷思敏, 肖榕, 章莹, 等. 铁皮石斛中性多糖分离纯化及其体内免疫调节作用研究 [J]. *中药新药与临床药理*, 2018, 29(6): 748–753.
 - [43] LEI S M, XIAO R, ZHANG Y, et al. Separation and purification of neutral polysaccharides from *Dendrobium officinale* and study of its immunoregulatory effects [J]. *Tradit Chin Drug Res Clin Pharmacol*, 2018, 29(6): 748–753.
 - [44] QU J, TAN S Y, XIE X Y, et al. *Dendrobium officinale* polysaccharide attenuates insulin resistance and abnormal lipid metabolism in obese mice [J]. *Front Pharmacol*, 2021, 12: 659626.
 - [45] YANG J R, CHEN H H, NIE Q X, et al. *Dendrobium officinale* polysaccharide ameliorates the liver metabolism disorders of type II diabetic rats [J]. *Int J Biol Macromol*, 2020, 164: 1939–1948.
 - [46] LI B, WANG H Y, HUANG J H, et al. Polysaccharide, the active component of *Dendrobium officinale*, ameliorates metabolic hypertension in rats via regulating intestinal flora-SCFAs-vascular axis [J]. *Front Pharmacol*, 2022, 13: 935714.
 - [47] 梅威威. 铁皮石斛多糖的制备及其对急性酒精性肝损伤的防护作用研究 [D]. 杭州: 浙江中医药大学, 2015.
 - [48] MEI W W. Preparation of *Dendrobium candidum* polysaccharide and its protective effect on acute alcoholic liver injury [D]. Hangzhou: Zhejiang Chinese Medical University, 2015.
 - [49] DUAN H T, ER-BU A G, DONGZHI Z M, et al. Alkaloids from *Dendrobium* and their biosynthetic pathway, biological activity and total synthesis [J]. *Phytomedicine*, 2022, 102: 154132.
 - [50] 李海涛, 李涛, 李银科. 云南铁皮石斛组培苗石斛碱的提取 [J]. *玉溪师范学院学报*, 2012, 28(8): 26–27.
 - [51] LI H T, LI T, LI Y K. Extraction of *Dendrobium* base from Yunnan *Dendrobium* tissue culture [J]. *J Yuxi Norm Univ*, 2012, 28(8): 26–27.
 - [52] 奚航献, 刘晨, 刘京晶, 等. 铁皮石斛化学成分、药理作用及其质量标志物(Q-marker)的预测分析 [J]. *中草药*, 2020, 51(11): 3097–3109.
 - [53] XI H X, LIU C, LIU J J, et al. Chemical components and pharmacological action for *Dendrobium officinale* and its prediction analysis on Q-marker [J]. *Chin Tradit Herb Drug*, 2020, 51(11): 3097–3109.
 - [54] 焦春燕. 基于代谢组和转录组分析铁皮石斛生物碱类型及合成途径 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2020.
 - [55] JIAO C Y. Metabolome and transcriptome analyses reveal the types of alkaloids and their biosynthetic pathways in *Dendrobium officinale* [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2020.
 - [56] 诸燕, 张爱莲, 何伯伟, 等. 铁皮石斛总生物碱含量变异规律 [J]. *中国药杂志*, 2010, 35(18): 2388–2391.
 - [57] ZHU Y, ZHANG A L, HE B W, et al. Quantitative variation of total alkaloids contents in *Dendrobium officinale* [J]. *China J Chin Mater Med*, 2010, 35(18): 2388–2391.
 - [58] 汪群红, 何贤君, 鲍珍贝, 等. 不同来源铁皮石斛中多糖、氨基酸和生物碱含量比较 [J]. *中药材*, 2014, 37(5): 773–775.
 - [59] WANG Q H, HE X J, BAO Z B, et al. Comparison of polysaccharide, amino acids and alkaloids in *Dendrobium candidum* from different sources [J]. *J Chin Med Mater*, 2014, 37(5): 773–775.
 - [60] 尚喜雨. 不同来源铁皮石斛不同部位生物碱的分布规律研究 [J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(23): 12441–12442.
 - [61] SHANG X Y. Research on the distribution of the alkaloids in the different parts of the *Dendrobium candidum* with various origins [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2010, 38(23): 12441–12442.
 - [62] 罗向红, 李娟娟, 赵婷, 等. 石斛碱对心肌缺血再灌注损伤大鼠的凋亡抑制作用 [J]. *中成药*, 2023, 45(6): 1839–1844.
 - [63] LUO X H, LI L J, ZHAO T, et al. Inhibitory effects of dendrobine on apoptosis in rats with myocardial ischemia-reperfusion injury [J]. *Chin Tradit Pat Med*, 2023, 45(6): 1839–1844.
 - [64] 陈存武, 陈乃东, 孟云飞, 等. 沉淀法快速发现霍山产铁皮石斛生物碱及其组分抗氧化活性在线测定 [J]. *天然产物研究与开发*, 2014, 26(7): 1000–1003, 1013.

- CHEN C W, CHEN N D, MENG Y F, et al. Quick recognition of unknown alkaloids from *Dendrobium officinale* kimura et migo by an alkaloid-knocking-out method and the on-line HPLC-UV-CL analysis of their antioxidant activity[J]. *Nat Prod Res Dev*, 2014, 26(7): 1000-1003, 1013.
- [52] 陈玉凤, 孔亚坤, 李江雁, 等. 石斛碱通过 miR-499-5p 调控糖尿病肾病系膜细胞增殖、上皮间质转化和纤维化[J]. *中国临床药理学杂志*, 2023, 39(2): 211-215.
- CHEN Y F, KONG Y K, LI J Y, et al. Dendrobin regulates mesangial cell proliferation, epithelial mesangial transformation and fibrosis in diabetic nephropathy through miR-499-5p[J]. *Chin J Clin Pharmacol*, 2023, 39(2): 211-215.
- [53] FENG Y, JIA B, FENG Q, et al. Dendrobin attenuates gestational diabetes mellitus in mice by inhibiting Th17 cells[J]. *Basic Clin Pharmacol Toxicol*, 2021, 128(3): 379-385.
- [54] LI Q M, LI X, SU S Q, et al. Dendrobin inhibits dopaminergic neuron apoptosis via MANF-mediated ER stress suppression in MPTP/MPP⁺-induced Parkinson's disease models[J]. *Phyto-medicine*, 2022, 102: 154193.
- [55] 孙恒, 胡强, 金航, 等. 铁皮石斛化学成分及药理活性研究进展[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2017, 23(11): 225-234.
- SUN H, HU Q, JIN H, et al. Research advances in chemical constituents and pharmacological activities of *dendrobii officinalis* caulis[J]. *Chin J Exp Tradit Med Formulae*, 2017, 23(11): 225-234.
- [56] 马国祥, 徐国钧, 徐璐珊, 等. 反相高效液相色谱法测定 18 种石斛类生药中 chrysotoxene, erianin 及 chrysotoxine 的含量[J]. *中国药科大学学报*, 1994, 25(2): 103-105.
- MA G X, XU G J, XU L S, et al. Determination of chrysotoxene, erianin and chrysotoxine in 18 species of "shihu" with HPLC[J]. *J China Pharm Univ*, 1994, 25(2): 103-105.
- [57] YAMAKI M, HONDA C. The stilbenoids from *Dendrobium plicatile*[J]. *Phytochemistry*, 1996, 43(1): 207-208.
- [58] 吕英俊, 陈群. 铁皮石斛化学成分研究及其对 HepG2 细胞胆固醇代谢影响[J]. *中华中医药学刊*, 2016, 34(1): 225-228.
- LYU Y J, CHEN Q. Chemical constituents of *Dendrobium candidum* and their effects on metabolism of cholesterol in HepG2 cell line[J]. *Chin Arch Tradit Chin Med*, 2016, 34(1): 225-228.
- [59] 任刚, 陈优婷, 叶金宝, 等. 铁皮石斛叶的化学成分研究[J]. *中草药*, 2020, 51(14): 3637-3644.
- REN G, CHEN Y T, YE J B, et al. Phytochemical investigation of leaves of *Dendrobium officinale*[J]. *Chin Tradit Herb Drugs*, 2020, 51(14): 3637-3644.
- [60] 孟威同, 孟晓, 牛丽婷, 等. 铁皮石斛茎中 1 个新的联苄衍生物[J]. *中国中药杂志*, 2023, 48(3): 700-706.
- MENG W T, MENG X, NIU L T, et al. A new bibenzyl derivative from stems of *Dendrobium officinale*[J]. *China J Chin Mater Med*, 2023, 48(3): 700-706.
- [61] 周宇娟, 王俊豪, 徐红, 等. 铁皮石斛联苄类化学成分的研究[J]. *中国中药杂志*, 2021, 46(15): 3853-3858.
- ZHOU Y J, WANG J H, XU H, et al. Bibenzyls from *Dendrobium officinale*[J]. *China J Chin Mater Med*, 2021, 46(15): 3853-3858.
- [62] 刘杰. 两种黔产石斛的抗肿瘤物质分析与评价研究[D]. 贵阳: 贵州医科大学, 2022.
- LIU J. Analysis and evaluation of antitumor substances of two species of *Dendrobium* from Gui Zhou[D]. Guiyang: Guizhou Medical University, 2022.
- [63] ZHAO G Y, DENG B W, ZHANG C Y, et al. New phenanthrene and 9, 10-dihydrophenanthrene derivatives from the stems of *Dendrobium officinale* with their cytotoxic activities[J]. *J Nat Med*, 2018, 72(1): 246-251.
- [64] CHEN D K, SHAO H Y, YANG L, et al. The bibenzyl derivatives of *Dendrobium officinale* prevent UV-B irradiation induced photoaging via SIRT3[J]. *Nat Prod Bioprospect*, 2022, 12(1): 1.
- [65] 吕朝耕, 杨健, 康传志, 等. 铁皮石斛中 10 种黄酮类成分 UPLC-MS/MS 测定与多糖组成含量分析[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2017, 23(17): 47-52.
- LYU C G, YANG J, KANG C Z, et al. Determination of 10 flavonoids by UPLC-MS/MS and analysis of polysaccharide contents and compositions in *dendrobii officinalis* caulis from different habitats[J]. *Chin J Exp Tradit Med Formulae*, 2017, 23(17): 47-52.
- [66] 李芳, 魏云, 陈艳杰. 铁皮石斛茎、叶、花中黄酮含量及其体外抗氧化活性研究[J]. *中医学报*, 2019, 34(5): 1020-1023.
- LI F, WEI Y, CHEN Y J. Study on the content of flavonoids in stems, leaves and flowers of *Dendrobium officinale* kimura et migo and its antioxidant activity *in vitro*[J]. *Acta Chin Med*, 2019, 34(5): 1020-1023.
- [67] 吴建国, 林柳悦, 吴岩斌, 等. 5 种不同种质来源铁皮石斛茎含水量、总黄酮及多糖含量分析[J]. *福建中医药*, 2019, 50(2): 43-45.
- WU J G, LIN L Y, WU Y B, et al. Analysis of water content, total flavonoids and polysaccharides in stems of *Dendrobium candidum* from five different germplasm sources[J]. *Fujian J Tradit Chin Med*, 2019, 50(2): 43-45.
- [68] 张小凤, 周春花, 张龙开, 等. 丹霞种、云南广南种铁皮石斛中主要黄酮苷的分离鉴定[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2019, 25(1): 29-34.
- ZHANG X F, ZHOU C H, ZHANG L K, et al. Isolation and identification of main flavonoid glycosides of *Dendrobium officinale* from Danxia species and Yunnan Guangan species[J]. *Chin J Exp Tradit Med Formulae*, 2019, 25(1): 29-34.
- [69] 梁芷韵, 谢镇山, 黄月纯, 等. 铁皮石斛黄酮苷类成分 HPLC 特征图谱优化及不同种源特征性分析[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2019, 25(1): 22-28.
- LIANG Z Y, XIE Z S, HUANG Y C, et al. HPLC characteristic spectrum optimization of flavonoid glycosides on *Dendrobium officinale* and characteristics analysis of different provenances[J]. *Chin J Exp Tradit Med Formulae*, 2019, 25(1): 22-28.
- [70] 冯海林, 彭崇胜, 李晓波. 铁皮石斛叶中黄酮碳苷类成分分离、鉴定及抑制 α -葡萄糖苷酶活性研究[J]. *中国药房*, 2022, 33(18): 2187-2191.
- FENG H L, PENG C S, LI X B. Study on the separation and identification of flavone C-glycosides from the leaves of *Dendrobium officinale* and their inhibitory activities to α -glucosidase[J]. *China Pharm*, 2022, 33(18): 2187-2191.
- [71] 缪园欣, 廖明星, 孙爱红, 等. 超声-乙醇法提取铁皮石斛花总黄酮及其体外抗氧化性的研究[J]. *中国酿造*, 2019, 38(4): 155-159.
- MIAO Y X, LIAO M X, SUN A H, et al. Extraction of total flavonoids from *Dendrobium officinale* flowers by ultrasonic-ethanol synergistic and its antioxidant activity[J]. *China Brew*, 2019, 38(4): 155-159.
- [72] 王思涵, 陈俊吉, 莫伟彬. 铁皮石斛黄酮干预力竭运动模型大鼠肝脏氧化应激及自噬水平的变化[J]. *中国组织工程研究*, 2022, 26(20): 3212-3219.
- WANG S H, CHEN J J, MO W B. Effects of *Dendrobium officinale* flavonoid on oxidative stress and autophagy in the liver of an exhaustive exercise rat model[J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2022, 26(20): 3212-3219.
- [73] 姜一鸣. 铁皮石斛黄酮对小鼠力竭运动后免疫功能影响的实验研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2019.
- JIANG Y M. Experimental study on the effect of flavonoids from *Dendrobium candidum* on immune function of mice after exhaustive exercise[D]. Jinan: Shandong Normal University, 2019.
- [74] 闫建华, 许晓玲, 李荷莲, 等. 铁皮石斛总黄酮对 D-半乳糖所致小鼠衰老模型的影响[J]. *中医学报*, 2021, 36(2): 366-370.
- YAN J H, XU X L, LI H L, et al. Effect of *Dendrobium officinale* flavonoids on senescent model mice induced by D-galactose[J]. *Acta Chin Med*, 2021, 36(2): 366-370.
- [75] 曲继旭, 贺雨馨, 陈龙, 等. 3 种石斛氨基酸组成及营养评价[J]. *辽宁中医药大学学报*, 2018, 20(2): 60-62.
- QU J X, HE Y X, CHEN L, et al. Determination of amino acids in three *Dendrobium* species and nutritional evaluation[J]. *J Liaoning Univ Tradit Chin Med*, 2018, 20(2): 60-62.
- [76] 罗绪强, 周金星, 张桂玲, 等. 黔产铁皮石斛不同部位多糖、氨基酸及必需元素含量[J]. *江苏农业科学*, 2017, 45(10): 150-153.
- LUO X Q, ZHOU J X, ZHANG G L, et al. Contents of polysaccharides, amino acids and essential elements in different parts of *Dendrobium candidum* in Guizhou Province[J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2017, 45(10): 150-153.
- [77] 鲁芹飞, 毕何锋, 林培, 等. 柱前衍生化 RP-HPLC 测定铁皮石斛鲜品中的氨基酸的含量[J]. *医学研究杂志*, 2014, 43(2): 54-57.
- LU Q F, BI H F, LIN P, et al. Determination of amino acids in *Dendrobium officinale* fresh product with pre-column derivatization RP-HPLC[J]. *J Med Res*, 2014, 43(2): 54-57.
- [78] 张爱莲, 魏涛, 斯金平, 等. 铁皮石斛中基本氨基酸含量变异

- 规律[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(19): 2632-2635.
- ZHANG A L, WEI T, SI J P, et al. Study on basic amino acid contents in *Dendrobium officinale*[J]. *China J Chin Mater Med*, 2011, 36(19): 2632-2635.
- [79] 许春萱, 钟黎, 杜献洲, 等. 人工栽培铁皮石斛中微量元素的测定[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2002, 15(4): 411-412.
- XU C X, ZHONG L, DU X Z, et al. Determination of trace elements in *D. Candidum*[J]. *J Xinyang Teach Coll Nat Sci Ed*, 2002, 15(4): 411-412.
- [80] 马小双, 李程程, 丁长春. 广南铁皮石斛重金属及微量元素的测定[J]. 昭通学院学报, 2015, 37(5): 40-42.
- MA X S, LI C C, DING C C. Determination of trace elements and heavy metals of *Dendrobium* in Guangan[J]. *J Zhaotong Univ*, 2015, 37(5): 40-42.
- [81] 黎万奎, 胡之璧, 周吉燕, 等. 人工栽培铁皮石斛与其他来源铁皮石斛中氨基酸与多糖及微量元素的比较分析[J]. 上海中医药大学学报, 2008, 22(4): 80-83.
- LI W K, HU Z B, ZHOU J Y, et al. Comparative analysis of amino acids, polysaccharides and trace elements in *Dendrobium officinale* from different sources[J]. *Acta Univ Tradit Med Sin Pharmacol Shanghai*, 2008, 22(4): 80-83.
- [82] 纪照红, 芮鸿飞, 黎天天, 等. 新疆不同种植年限铁皮石斛营养成分分析与评价[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(11): 152-156.
- JI Z H, RUI H F, LI T T, et al. Analysis and quality evaluation of nutritional components of *dendrobium officinale* from Xinjiang[J]. *Food Res Dev*, 2018, 39(11): 152-156.
- [83] 付涛, 王志龙. GC-MS 法分析不同部位仿野生与组培快繁铁皮石斛中的挥发性成分[J]. 中成药, 2015, 37(12): 2702-2709.
- FU T, WANG Z L. Analysis of volatile constituents in different parts of imitative wild and tissue culture and rapid propagation of *Dendrobium officinale* by GC-MS[J]. *Chin Tradit Pat Med*, 2015, 37(12): 2702-2709.
- [84] 吕素华, 徐萌, 张新风, 等. 11 个铁皮石斛杂交家系鲜花的挥发性成分分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(6): 52-57.
- LYU S H, XU M, ZHANG X F, et al. Studies on volatile constituents of 11 families of *Dendrobium officinale* flowers[J]. *Chin J Exp Tradit Med Formulae*, 2016, 22(6): 52-57.
- [85] 杨洋, 罗在荣, 黄安香, 等. 气相色谱检测不同种植方式铁皮石斛中石斛碱含量及挥发性成分分析[J]. 分子植物育种, 2016, 14(7): 1835-1840.
- YANG Y, LUO Z Q, HUANG A X, et al. Gas chromatography test different ways of planting tin pattern *Dendrobium candidum* welcome alkali content and the analysis of volatile components[J]. *Mol Plant Breed*, 2016, 14(7): 1835-1840.
- [86] 颜沛沛, 周建金, 叶炜, 等. 铁皮石斛和重唇石斛及其杂交后代花的挥发性成分分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2022, 30(4): 558-566.
- YAN P P, ZHOU J J, YE W, et al. Volatile components in flowers of *Dendrobium officinale*, *D. hercoglossum* and their hybrids[J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2022, 30(4): 558-566.
- [87] 张明, 曹佩雪, 周美, 等. SPME-GC-MS 法比较野生和栽培铁皮石斛的挥发性成分[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2015, 28(2): 239-243.
- ZHANG M, CAO P X, ZHOU M, et al. Comparison of aroma components from wild and cultivated *Dendrobium officinale* by GC-MS with solid-phase microextraction[J]. *J Xinyang Norm Univ Nat Sci Ed*, 2015, 28(2): 239-243.
- [88] 杨柳, 刘守金, 胡江苗, 等. GC-MS 法检测铁皮石斛茎中挥发性成分[J]. 中国现代中药, 2013, 15(5): 362-364.
- YANG L, LIU S J, HU J M, et al. Determination of volatile components from stem of *Dendrobium officinale* by GC-MS[J]. *Mod Chin Med*, 2013, 15(5): 362-364.
- [89] 黄彪, 何伟, 吴建鸿, 等. UPLC-MS/MS 同时测定铁皮石斛茎、叶、花中酚类组分的含量[J]. 食品科学, 2021, 42(10): 262-268.
- HUANG B, HE W, WU J H, et al. Simultaneous determination of phenolic components in *Dendrobium officinale* stems, leaves and flowers by ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. *Food Sci*, 2021, 42(10): 262-268.
- [90] 唐文文, 沈易华. 不同生长年限铁皮石斛叶主要功效成分及抗氧化活性分析[J]. 江西化工, 2021, 37(4): 60-62.
- TANG W W, SHEN Y H. Analysis of main functional components and antioxidant activity of *Dendrobium candidum* leaves in different growth years[J]. *Jiangxi Chem Ind*, 2021, 37(4): 60-62.
- [91] 魏三同. 铁皮石斛多酚对小鼠力竭运动氧化损伤的防护作用[D]. 济南: 山东师范大学, 2019.
- WEI S T. Protective effect of *Dendrobium officinale* polyphenols on oxidative damage caused by exhaustive exercise in mice[D]. Jinan: Shandong Normal University, 2019.
- [92] 王健, 甄彩云, 魏练平, 等. 铁皮石斛茎多糖、木质素积累规律及木质素单体类型鉴定[J]. 植物科学学报, 2021, 39(3): 306-315.
- WANG J, ZHEN C Y, WEI L P, et al. Accumulation regularity of polysaccharides and lignin and identification of lignin monomer types in stems of *Dendrobium officinale* Kimura et Migo[J]. *Plant Sci J*, 2021, 39(3): 306-315.
- [93] 聂少平, 蔡海兰. 铁皮石斛活性成分及其功能研究进展[J]. 食品科学, 2012, 33(23): 356-361.
- NIE S P, CAI H L. Research progress in bioactive components and functions of *Dendrobium officinale*[J]. *Food Sci*, 2012, 33(23): 356-361.
- [94] 刘松华, 马瑜瑾, 何凌云. 铁皮枫斗颗粒联合莫沙比利治疗慢性萎缩性胃炎的临床研究[J]. 现代药物与临床, 2021, 36(10): 2068-2072.
- LIU S H, MA Y J, HE L Y. Clinical study on Tiepi Fengdou Granules combined with mosapride in treatment of chronic atrophic gastritis[J]. *Drugs Clin*, 2021, 36(10): 2068-2072.
- [95] 王璟, 董志春, 楼丽颖, 等. 铁皮石斛粉对 2 型糖尿病患者胰岛功能改善的临床研究[J]. 新中医, 2021, 53(12): 90-93.
- WANG J, DONG Z C, LOU L Y, et al. Clinical study on *Dendrobium candidum* powder in improving islet function of patients with type 2 diabetes mellites[J]. *J N Chin Med*, 2021, 53(12): 90-93.
- [96] 吴俊, 庄煌辉, 毛志田, 等. 龙虎山铁皮石斛治疗高血压病临床研究[J]. 中医药临床杂志, 2018, 30(2): 297-300.
- WU J, ZHUANG H H, MAO Z T, et al. Clinical observation of *dendrobium candidum* in mount Longhu in the treatment of hypertension[J]. *Clin J Tradit Chin Med*, 2018, 30(2): 297-300.
- [97] 金从国, 段林灿, 沈红梅, 等. 铁皮石斛对肺癌循环肿瘤细胞及细胞免疫功能的影响[J]. 湖北中医药大学学报, 2022, 24(2): 23-26.
- JIN C G, DUAN L C, SHEN H M, et al. Effect of on the circulating tumor cells and immune function of lung cancer patients[J]. *J Hubei Univ Chin Med*, 2022, 24(2): 23-26.
- [98] 程志源, 邹国斌, 吴苏柳, 等. 鲜铁皮石斛佐治小儿顽固性发热 53 例疗效观察[J]. 浙江中医杂志, 2017, 52(8): 592.
- CHENG Z Y, ZOU G B, WU S L, et al. Clinical observation on 53 cases of intractable fever in children treated with fresh *Dendrobium candidum*[J]. *Zhejiang J Tradit Chin Med*, 2017, 52(8): 592.
- [99] 敖德平. 一种舒敏修复素及其应用: CN115581653A[P]. 2023-08-04.
- AO D P. A kind of soothing and repairing factor and its application: CN115581653A[P]. 2023-08-04.
- [100] 梁嘉亮, 张齐, 余力行. 一种促胶原蛋白合成的铁皮石斛提取物及其制备方法和应用: CN116509783A[P]. 2023-08-01.
- LIANG J L, ZHANG Q, YU L X. *Dendrobium officinale* extract for promoting collagen synthesis as well as preparation method and application of *Dendrobium officinale* extract: CN116509783A[P]. 2023-08-01.
- [101] 林霖, 招敏聪, 李璐, 等. 一种含铁皮石斛提取物的肌底精华液及其制备方法: CN113633599B[P]. 2023-03-24.
- LIN J, ZHAO M C, LI L, et al. Skin base essence containing *dendrobium officinale* extract and preparation method of skin base essence containing *dendrobium officinale* extract: CN113633599B[P]. 2023-03-24.
- [102] 蒋梦雨, 杨创, 陈宇, 等. 大数据视域下铁皮石斛专利/文献可视化分析[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2022, 44(7): 76-86.
- JIANG M Y, YANG C, CHEN Y, et al. Visual analysis of patents and documents on *Dendrobium officinale* under the perspective of big data[J]. *J Southwest Univ Nat Sci Ed*, 2022, 44(7): 76-86.

(编辑:董宇)