

铁皮石斛花的化学成分与生物活性研究进展

单薰元¹, 梁正维^{1,2}, 陈秋月¹, 管彦辉^{1,2}, 伯年国¹, 王藤^{1,3}, 沙艮¹, 官已青¹,

杨迪涵¹, 杨国琴¹, 龚四丽¹, 马燕^{1*}, 赵明^{1,4*}

(1. 云南农业大学茶学院, 云南昆明 650201) (2. 云南农业大学农学与生物技术学院, 云南昆明 650201)
(3. 云南农业大学食品科学技术学院, 云南昆明 650201) (4. 云南特色植物提取实验室, 云南农业大学云南省药用植物生物学重点实验室, 西南中药材种质创新与利用国家地方联合工程研究中心, 云南昆明 650201)

摘要: 铁皮石斛是我国传统的药食同源中药材, 在栽培中产生了大量的花。随着多地食品安全地方标准的实施, 铁皮石斛的花成为近年来的研究热点。本研究总结发现, 铁皮石斛花中蕴含约 1% 的蛋白质, 其中包括 8 种对身体不可或缺的氨基酸, 总氨基酸的种类达到 17 种; 其多糖含量约 5%, 主要由葡萄糖和蔗糖构成, 其中包含 13 种可溶性糖; 脂肪酸方面, 包含了 8 种不同的脂肪酸, 其中亚油酸、亚麻酸和棕榈酸的含量最为显著; 维生素组合则丰富多样, 核心为维生素 B4 和维生素 C, 共计含有 14 种维生素; 矿物质方面, 铁皮石斛花覆盖了以钾 (K)、钙 (Ca)、磷 (P)、镁 (Mg)、铁 (Fe) 为主的 13 种重要矿物质元。铁皮石斛花中含有多糖、黄酮、多酚和氨基酸等活性成分, 具有抗氧化、抗炎、降血压、调节免疫、缓解慢性阻塞性肺疾病等功能, 其部分作用机制为减少巨噬细胞、调节信号通路基因表达、恢复体内抗氧化能力, 发挥抗炎、润肺功效。但目前铁皮石斛花中的生物活性物质的作用机制研究较少, 今后应当加强其研究。通过综述铁皮石斛花的化学成分和生物活性, 为后续铁皮石斛花的研究提供理论支撑。

关键词: 铁皮石斛花; 铁皮石斛; 化学成分; 功效

文章编号: 1673-9078(2025)10-413-423

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2025.10.0844

Research Progress on the Chemical Constituents and Biological Activities of *Dendrobium officinale* Flowers

SHAN Xunyu¹, LIANG Zhengwei^{1,2}, CHEN Qiuyue¹, GUAN Yanhui^{1,2}, BO Nianguo¹, WANG Teng^{1,3},

SHA Gen¹, GUAN Yiqing¹, YANG Dihan¹, YANG Guoqin¹, GONG Sili¹, MA Yan^{1*}, ZHAO Ming^{1,4*}

(1. College of Tea Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China) (2. College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China) (3. College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China) (4. Yunnan Characteristic plant Extraction Laboratory, Yunnan Key Laboratory of Medicinal Plant Biology, National Joint Engineering Research Center for Germplasm Innovation and Utilization of Southwest Chinese Herbal Medicine, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

引文格式:

单薰元,梁正维,陈秋月,等.铁皮石斛花的化学成分与生物活性研究进展[J].现代食品科技,2025,41(10):413-423.

SHAN Xunyu, LIANG Zhengwei, CHEN Qiuyue, et al. Research progress on the chemical constituents and biological activities of *Dendrobium officinale* flowers [J]. Modern Food Science and Technology, 2025, 41(10): 413-423.

收稿日期: 2024-06-14; 修回日期: 2024-08-24; 接受日期: 2024-08-29

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2017YFC1702205); 云南省重大科技专项 (202402AE090011); 云南特色植物提取实验室自主研究项目基金 (2022YKZY001)

作者简介: 单薰元 (2001-), 女, 硕士, 研究方向: 植物精深加工, E-mail: 1072468533@qq.com

通讯作者: 马燕 (1975-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 普洱茶发酵机制研究, E-mail: mayan202@163.com; 共同通讯作者: 赵明 (1979-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 普洱茶发酵机制研究与植物精深加工, E-mail: Zhaoming02292002@aliyun.com

Abstract: *Dendrobium officinale* is a traditional Chinese medicinal and edible homologous plant in China and produces a large number of flowers during cultivation. With the implementation of local food safety standards in numerous regions, *D. officinale* flowers (DOF) have attracted increasing attention in recent years. This study showed that DOF contain approximately 1% protein, including eight essential amino acids and up to 17 different amino acids. The polysaccharide content was around 5%, mainly composed of glucose and sucrose, and included 13 soluble sugars. Eight different types of fatty acids were identified, among which linoleic, linolenic, and palmitic acids were the most abundant. DOF exhibited a rich and diverse combination of 14 different vitamins, primarily vitamin B₄ and vitamin C. DOF contained 13 essential minerals, mainly including potassium, calcium, phosphorus, magnesium, and iron. Active ingredients in DOF included polysaccharides, flavonoids, polyphenols, and amino acids, which exhibit antioxidation, anti-inflammation, blood pressure-lowering, immune regulation, and chronic obstructive pulmonary disease alleviation activities. However, at present, the mechanism of action of bioactive substances in DOF has not been widely examined, warranting further investigations. This review of the chemical composition and biological activity of DOF provides theoretical support for subsequent research of DOF.

Key words: *Dendrobium officinale* flower; *Dendrobium officinale*; chemical composition; efficacy

铁皮石斛（*Dendrobium officinale* Kimura et Migo）是兰科（Orchidaceae）石斛属（*Dendrobium*）植物^[1]。其干燥茎是我国名贵中药材，收录入《中国药典》（2020年版）^[2]，具有益胃生津，滋阴清热等功效。而现代科学研究进一步揭示了它在保肝护肝、抗击肿瘤、调节血糖水平、缓解疲劳以及保护肠胃等方面的药理效能^[3]，在医药、保健方面具有广泛的应用。近年来，石斛产业化人工种植在云南、浙江、贵州、安徽、福建等地区发展迅猛，产业化种植总面积超过 50 万亩，从业人员近百万。据统计 2023 年我国石斛（鲜条）产量约 10.2 万 t，其中铁皮石斛产量约 5.85 万 t；其他石斛产量约 4.35 万 t。2021 年国家卫健委将铁皮石斛纳入传统既是食品又是中药材的物质（以下简称“药食同源”）管理试点的，预示着铁皮石斛大健康产品将获得新的发展。

尽管铁皮石斛的主要药用成分来源于其茎部，但近年来，对其非药用部分，即铁皮石斛的叶片与花朵（图 1），在加工应用、活性物质分析以及功能性研究领域的关注度显著提升^[4]。铁皮石斛花期一般在每年的 5 – 7 月^[5]，在大规模的人工种植过程中，铁皮石斛花的产量极高。据统计，仅浙江省的铁皮石斛鲜花的产量可达 150~300 万 kg/ 年，干花 15~30 万 kg/ 年^[6]。截止 2022 年，已有浙江、福建、广西、贵州和云南等省或自治区卫生健康委员会相继发布并实施了《浙江省食品安全地方标准 干制铁皮石斛花》（DBS 53/030-2021）、《福建省食品安全地方标准 铁皮石斛花》（DBS 35/001-2020）、《广西壮族自治区食品安全地方标准 铁皮石斛花》（DBS 45/062-2019）、《云南省食品安全地方标准 干制铁皮石斛花》（DBS 53/030-2021）等地方食品

安全标准。随着多地食品安全地方标准的实施，铁皮石斛花这种珍稀的可食用花卉成为近年来的研究热点，其化学成分、保健功能以及开发应用都取得了新的进展，有必要进行归纳整理，图 2 整理了近年对铁皮石斛花的研究文献。为此，本文就近年来关于铁皮石斛花的研究的文献进行综述，以期铁皮石斛花的研究、应用及产品开发提供理论依据。

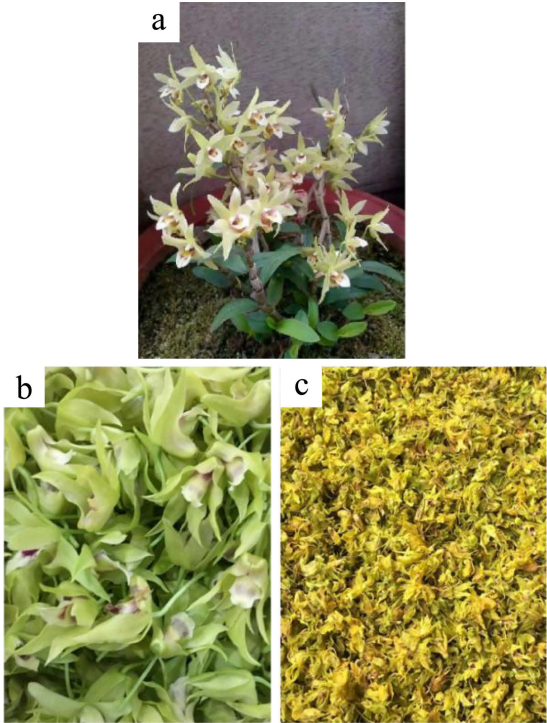


图 1 铁皮石斛花示意图

Fig.1 Photograph of DOF

注：（a）铁皮石斛植株，（b）新鲜铁皮石斛花，（c）干燥铁皮石斛花。

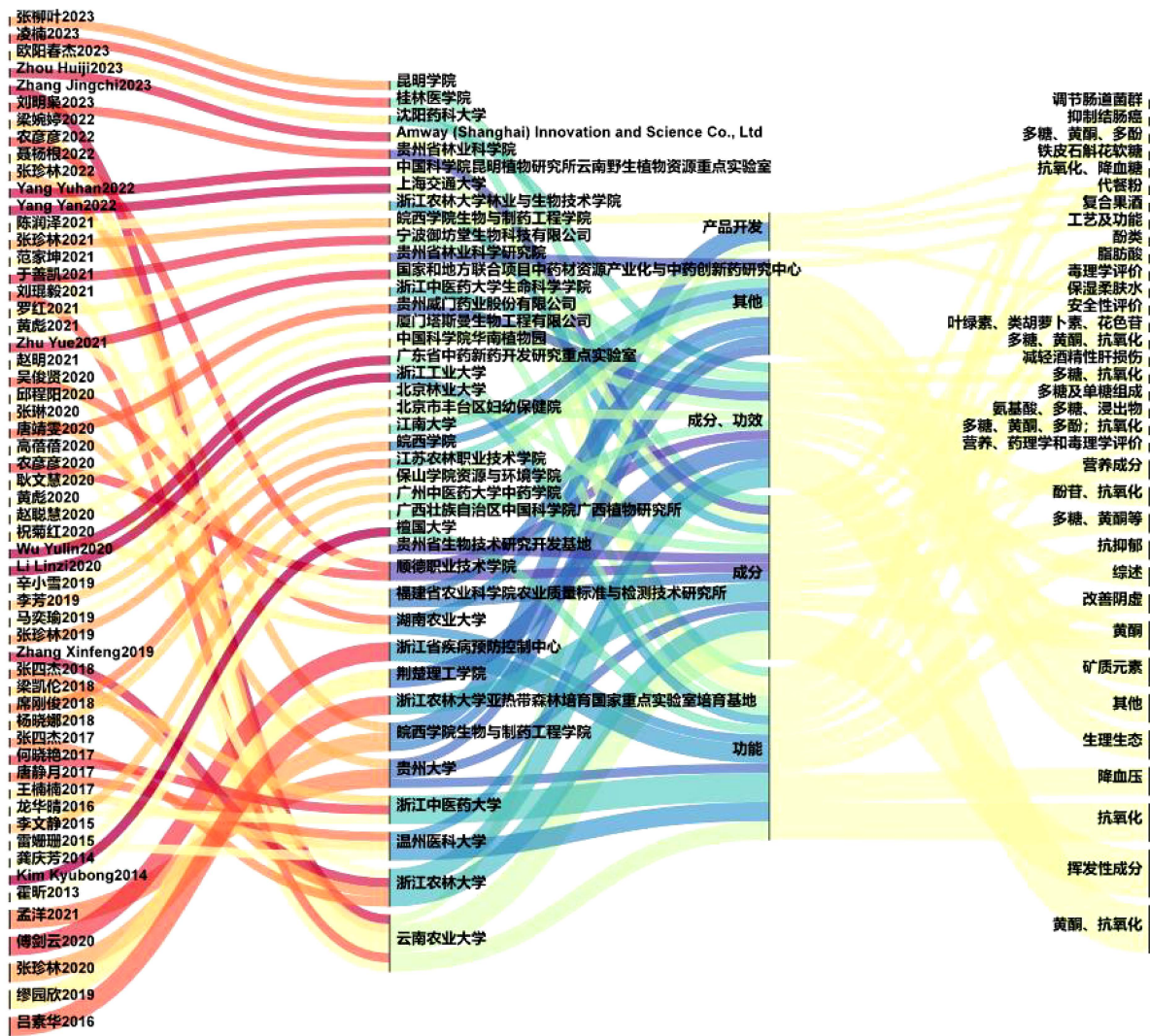


图 2 铁皮石斛花研究概览

Fig.2 *Dendrobium officinale* flower research overview

1 铁皮石斛花化学成分

作为一种药用植物的食用花卉，铁皮石斛花的营养与活性成分，受到了学者广泛关注。本文搜集整理发现吕素华等^[7]、张四杰等^[8]、范家坤等^[9]学者测定了铁皮石斛花氨基酸、糖类、维生素等营养元素，并检测发现含有多酚、黄酮、多糖、脂肪酸等活性物质。

1.1 营养元素

1.1.1 蛋白质与氨基酸

作为一种食用花卉，蛋白质、氨基酸、糖、矿物质等营养成分含量是评价其食用价值的关键因素。研究表明，铁皮石斛花的粗蛋白含量为 89.40 mg/g、粗脂肪含量 220.20 mg/g^[10]。范家坤等^[9]测定发现，铁皮石斛干花的粗蛋白质量含量为 0.93%（以下涉及 % 均为质量分数）。

氨基酸作为构建生物体细胞结构的基本模块，不仅是构成组织细胞的基石，而且在生物体内扮演着合成蛋白质的关键前体角色。更为重要的是，某些特定氨基酸还发挥着独特的生物活性作用，参与并调节生命体内的多种生理过程^[11]。铁皮石斛花中检测到 17 种氨基酸，其中 7 种氨基酸为人体必需的^[12]。周锦业等^[13]测定发现铁皮石斛花中的氨基酸的总含量范围为 5.24%~8.78%，其中，门冬氨酸和谷氨酸含量占据了较高的比例。黄秀红等^[14]和吕素华等^[7]分别在铁皮石斛花中检测到 16 种氨基酸，氨基酸总量分别为 7.2% 和 7.88%（表 1）。根据不同氨基酸呈现的功效差异，可将氨基酸分为必须氨基酸（a）、药效氨基酸（f）、甜味氨基酸（s）以及鲜味氨基酸（x）四类。龚庆芳等^[15]在铁皮石斛花中测到 19 种氨基酸，总含量为 8.703 mg/g，其中精氨酸含量为 4.312 mg/g，占总氨基酸含量的 49.54%，其次为脯氨酸、酪氨酸、亮氨

酸，且亮氨酸占总必需氨基酸比例为 35.78%，占总氨基酸的 8.1%。如表 1 所示，范家坤等^[9]从铁皮石斛花中检测到 16 种游离氨基酸，各种氨基酸的含量分布在 0.03~1.51 mg/g 的区间内，其中，丝氨酸的含量位居首位 1.51 mg/g。综合已有报道，由表 1 可知，铁皮石斛花至少含有 17 种氨基酸，含量在 5.65~45.80 mg/g 之间，包括组氨酸、异亮氨酸、苏氨酸、亮氨酸、甲硫氨酸、赖氨酸、缬氨酸和苯丙氨酸共 8 种人体必需氨基酸^[9]。

1.1.2 糖类物质

多糖是铁皮石斛的主要功效性成分，铁皮石斛花中的多糖类物质含量也较为丰富（如表 2）。因此，研究人员对于铁皮石斛花的多糖也进行了研究，吕素华等^[7]测定发现铁皮石斛花中多糖平均含量为 71 mg/g。黄秀红等^[14]测定发现铁皮石斛花从花苞至完全盛开的整个开放过程中，多糖含量逐渐上升，盛花期的多糖含量最高 13.75%，显著高于微花期的 11.52% 和花苞期的 9.50%。张四杰等^[17]在研究中揭示，通过对 11 份铁

皮石斛花样本的分析，发现其多糖成分主要由五种单糖构成，即葡萄糖、甘露糖、半乳糖、半乳糖醛酸及阿拉伯糖。值得注意的是，不同来源或家系的铁皮石斛花朵样本，在这些单糖的相对比例上展现出了各自独特的差异性。范家坤等^[9]测定铁皮石斛花多糖含量为 5.73%，与辛小雪等^[18]报道花苞期和微开期的铁皮石斛花多糖质量分数分别为 45.60 mg/g 和 55.30 mg/g 结果基本相符。最近，Yang 等^[19]从铁皮石斛花中分离出一种新的醇溶性多糖，其分子量为 3.10×10⁴ Da，主要由鼠李糖、阿拉伯糖、岩藻糖、甘露糖和葡萄糖组成。

除了多糖之外，范家坤等^[9]测定表明，铁皮石斛花的可溶性糖含量为 45.74%，进一步采用 HPLC 在铁皮石斛花中检测到以葡萄糖 78.97 mg/g 和蔗糖 24.45 mg/g 为主的 13 种可溶性糖，含量在 0.002~78.97 mg/g 之间。归纳已有研究，铁皮石斛花富含以葡萄糖、蔗糖为主的可溶性糖，其中多糖总含量在 4.56%~13.75% 之间。

表 1 铁皮石斛花游离氨基酸含量 (mg/g)
Table 1 Free amino acid content of DOF (mg/g)

种类	范家坤等 ^[9]	龚庆芳等 ^[15]	曲继旭等 ^[12]	张珍林等 ^[16]
组氨酸 (His [*])	0.42 ± 0.040	0	1	0.17
缬氨酸 (Val [*])	0.05 ± 0.002	0.28	2.9	0.24
苏氨酸 (Thr [*])	0.04 ± 0.003	0.31	2.6	0.39
异亮氨酸 (Ile [*])	0.06 ± 0.005	0.26	2.5	0.18
亮氨酸 (Leu [*])	0.18 ± 0.010	0.71	4.5	0.4
甲硫氨酸 (Met [*])	0.19 ± 0.020	0	0.2	0.37
苯丙氨酸 (Phe [*])	0.10 ± 0.008	0.41	2.5	0.33
赖氨酸 (Lys [*])	—	0	2.9	0.17
精氨酸 (Arg [#])	0.51 ± 0.090	4.31	2.8	0.49
天冬氨酸 (Asp [#])	0.19 ± 0.010	0.07	5.1	0.3
谷氨酸 (Glu [#])	0.07 ± 0.030	0.37	6.2	0.87
甘氨酸 (Gly [#])	0.17 ± 0.020	0.1	2.4	0.08
半胱氨酸 (Cys [#])	1.16 ± 0.080	0	0.2	0.04
丙氨酸 (Ala [#])	0.08 ± 0.008	0.28	3.3	0.54
脯氨酸 (Pro [#])	0.03 ± 0.005	0.98	1.8	0.15
丝氨酸 (Ser [#])	1.51 ± 0.090	0.22	2.7	0.3
酪氨酸 (Tyr [#])	0.08 ± 0.006	0.4	2.2	0.65
氨基酸总量 (T)	4.93 ± 0.910	8.7	45.8	5.67
必需氨基酸总量 (E)	1.03 ± 0.120	1.97	19.1	2.25
非必需氨基酸总量 (N)	3.90 ± 0.790	6.73	26.7	3.42
E/N	(20.80 ± 7.93)%	29.27%	71.54%	65.79%
E/T	(17.04 ± 5.45)%	22.64%	41.70%	39.68%

注：* 为必需氨基酸，# 为非必需氨基酸，—表示未检出，下同。

表 2 铁皮石斛花中主要多糖
Table 2 Main polysaccharides in DOF

序号	多糖成分	组成分子	相对分子质量/10 ⁵ (Da)	甘露糖:葡萄糖	参考文献
1	醇溶性多糖 (ASP)	甘露糖、半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖	5.05~6.31	2.67:1	[17]
2	醇溶性多糖 (ASP)	甘露糖、半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖	3.00~4.43	2.22:1	[17]
3	醇溶性多糖 (ASP)	甘露糖、半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖	1.73~2.47	3.34:1	[17]
4	铁皮石斛花多糖 (ASP)	L-鼠李糖、L-阿拉伯糖、D-甘露糖、D-葡萄糖、D-半乳糖	0.36~3.51	2.20:1	[20]

注: 序号 123 来源为不同杂交家系铁皮石斛花。

可溶性糖作为植物光合作用的宝贵产物, 不仅积极参与植物体内部的多种关键代谢活动, 还是评估果实甜味与风味品质的一个关键因素。它们作为合成色素、氨基酸、维生素及芳香物质等其他营养组分的初始原料, 对铁皮石斛花的美妙风味与高营养价值起到了决定性作用。此外, 可溶性糖的含量水平直接关联到产品品质的评判、加工适宜度以及在遗传培育、促进植株健康成长方面, 凸显了它们在确保铁皮石斛花优良特性中的核心价值。

1.1.3 其它营养元素

矿物质作为人体不可或缺的营养要素, 其获取依赖于外部环境, 适量摄入对于保障身体各项生命活动的正常运行极为重要。张珍林等^[21]采用微波消解配合 ICP-OES 技术分析了三个产地石斛花样本, 发现其组成主要由常量元素 K、Ca、Na、Mg 和微量元素 Se、Co、Cu、Mn、Fe、Cr、Sr、Zn、B 组成, 没有发现有害元素 As、Pb、Cd、Hg 和潜在有害元素 Sb、Ba、Sn、Al、Ni 等的存在。黄彪等^[22]发现在铁皮石斛花中富含人体所必需的 Na、Mg、K、Ca 等常量元素与 Fe、Mn、Zn、Cu 等微量元素, 且 K 元素含量最高。罗红等^[23]测定了 52 份铁皮石斛干花, Mn、Zn、Se、Fe、Cu 平均含量分别为 52、54、36.60、0.31、102.43、5.85 mg/kg, Fe 的含量最高, Se 的含量最低, 5 种微量元素含量排序为 Fe > Mn > Zn > Cu > Se。范家坤等^[9]从铁皮石斛花中检测到 13 种矿物元素, 含量在 2.77~18 289.63 mg/kg 之间, 含量最高的矿物元素为钾 18 289.63 mg/kg。总之, 铁皮石斛花至少含有 13 种矿物元素, 含量相对较高的包括 K、Ca、P、Mg、Fe、Na。

维生素是生物体所需要的微量营养成分, 范家坤等^[9]从铁皮石斛花中共检测到 VB₁、VB₂、VB₃、VB₄、VB₅、VB₆、VB₇、VB₈、VB₉、VB₁₂ 共 10 种 B 族维生素, 且以 VB₄ (530.78 μg/g) 为主; 检测到 α-VE

(19.73 μg/g)、γ-VE 和 δ-VE 三种生育酚, 同时 Vc 的含量为 20.1 mg/100 g, 相较于西红柿、黄瓜、洋葱、柠檬和桔子, 其 Vc 含量更高; 然而, 与番石榴、猕猴桃及柚子相比较, 则显示出较低的 Vc 含量。

脂肪酸是人体的重要组成成分, 具有重要的营养价值与药理活性, 范家坤等^[9]运用气相色谱-质谱联用技术, 从铁皮石斛花样本中鉴定到了八种不同的脂肪酸成分, 分别是十五酸、棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、11- 二十碳烯酸、亚麻酸和木蜡酸。在这之中, 亚油酸的含量最为丰富, 平均为 16.09 mg/g, 其次是亚麻酸, 含量约为 6.28 mg/g, 以及棕榈酸, 含量达 5.20 mg/g。采用代谢组学技术从铁皮石斛花鉴定到 80 个脂类化合物^[24]。

综合现有文献报道与本课题组的研究发现, 可以明确铁皮石斛花蛋白质含量丰富, 占比约 1%, 包含了 8 种人体必需氨基酸在内的总共 17 种氨基酸; 其多糖含量约为 5% 以及主要由葡萄糖和蔗糖构成的 13 种可溶性糖。此外, 铁皮石斛花中还鉴别出 8 种脂肪酸, 以亚油酸、亚麻酸及棕榈酸为重要组成; 维生素群则涵盖了以 VB₄ 和 Vc 为代表的 14 种维生素类型; 矿物质成分则丰富多样, 核心元素包括钾、钙、磷、镁和铁等 13 种。作为一种可食用花卉, 铁皮石斛花凭借这样全面而均衡的营养构成, 展现出高度的营养价值, 极富深入研究与开发应用的潜力。

1.2 次生代谢物成分

1.2.1 多酚类成分

黄酮类化合物与酚类物质作为自然界中的杰出抗氧化剂, 能够高效地中和人体内多余的自由基, 确保自由基水平的稳定, 从而在抗衰老、抵抗氧化应激反应等方面发挥重要作用^[25]。研究发现, 铁皮石斛花的多酚成分主要包括黄酮、花色苷和黄酮二糖碳苷等^[26]。龚庆芳等^[15]铁皮石斛花中总酚和总黄酮的含

量超越了其茎部的含量。黄秀红等^[14]研究表明,在铁皮石斛的花期中,盛开时期的花朵总黄酮含量达到峰值,为1.66%,相较于花蕾期的1.52%和初开花期的1.41%,表现出更高的含量。张四杰等^[8]发现铁皮石斛花朵内蕴含了诸如花色苷、类胡萝卜素及多种类黄酮等与花朵颜色密切相关的丰富成分。张志信等^[27]发现花中的黄酮类物质含量介于叶和茎之间,且总黄酮类含量差异显著。李芳等^[28]测定发现铁皮石斛花中黄酮含量为1.84%。辛小雪等^[18]发现,在铁皮石斛不同花期中,微开期花中总黄酮含量为1.74%,显著低于花苞期1.99%和盛花期1.92%的含量,而盛花期中总酚含量为2.22%,显著高于微开期1.96%及花苞期1.85%的含量。

罗青文等^[29]从铁皮石斛花中鉴定到7个黄酮类、14个苯丙素类、7个酚酸类化合物。Zhang等^[30]从铁皮石斛花中鉴定到2个苯丙类、11个C糖基黄酮和6

个种O-糖基黄酮类化合物,包括1-O-咖啡酰- β -D-葡萄糖苷、芦丁和异槲皮素等。黄彪等^[31]在对铁皮石斛花的分析中,鉴定出了15种不同的酚类化合物,这包括3,5-二羟基苯甲酸、橘皮素、绿原酸、槲皮素、芦丁、对羟基苯甲酸、咖啡酸、丁香酸、香草酸、山奈酚、对香豆酸、芥子酸、阿魏酸、3-羟基肉桂酸以及水杨酸。这些酚类物质的含量范围广泛,自0.28~145.21 mg/kg,其中芦丁的含量尤为突出。此外,研究还发现铁皮石斛中多酚类成分的分布呈现出花部>叶部>茎部的梯度特征。Zhao等^[24]采用高效液相色谱技术在铁皮石斛花中检测到槲皮素、花旗松素、芦丁、木犀草素、山奈酚和杨梅素等6种黄酮类化合物;采用代谢组学技术在铁皮石斛花中鉴定到105个类黄酮24个苯和苯衍生物、22个肉桂酸或衍生物、8个木质素、6个香豆素及其衍生物和6个酚类化合物。总之,铁皮石斛花含有以芦丁、花色苷为主的多种酚类物质。

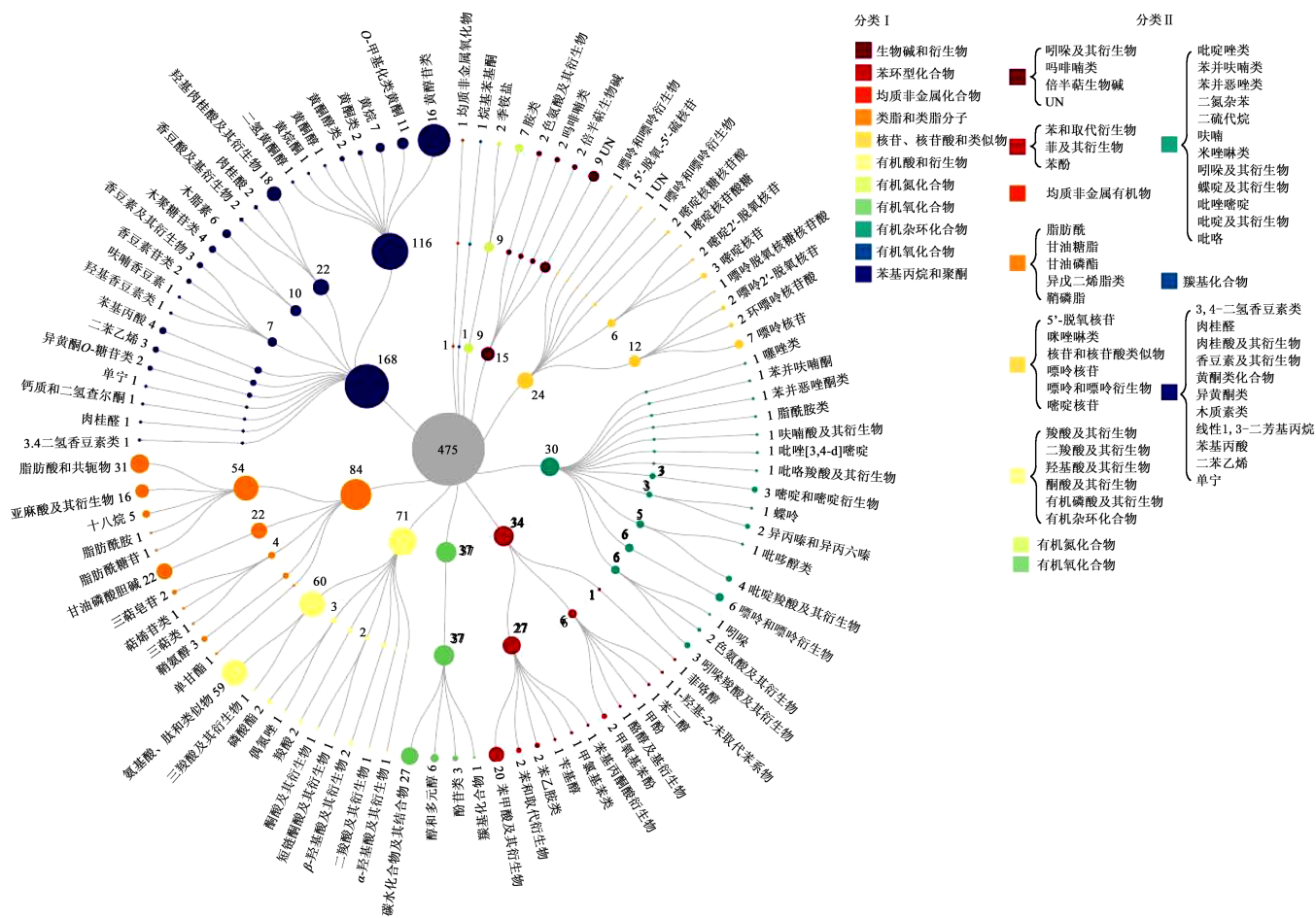


图3 铁皮石斛花中主要次生代谢物
Fig.3 Main secondary metabolites in DOF

表 3 铁皮石斛花的生物活性
Table 3 Biological activity of DOF

生物活性	细节	提取物 / 化合物	体外 / 体内实验	参考文献
抗氧化活性	清除 DPPH、ABTS ⁺ 自由基	槲皮素 3-O- β -D-吡喃葡萄糖苷等	体外实验	[29]
	清除 DPPH、羟基和超氧阴离子自由基	多糖	体外实验	[38]
	清除羟基、DPPH 和 ABTS ⁺ 自由基	黄酮	体外实验	[6]
	清除 DPPH、超氧阴离子和羟基自由基	花色苷类化合物	体外实验	[17]
	清除 DPPH 自由基	提取物	体外实验	[15,30]
	清除 DPPH、羟基自由基	多糖	体外实验	[39]
	清除 DPPH、超氧阴离子自由基	黄酮	体外实验	[40]
	清除 DPPH、ABTS ⁺ 自由基和 FRAP 还原力活性好	多糖	体外实验	[20]
	清除 DPPH、ABTS ⁺ 自由基以及超氧阴离子	黄酮	体外实验	[28]
	清除 DPPH、羟基自由基和总还原能力强	提取物	体外实验	[41]
	清除 1,1- 二苯基 -2- 苦基肼和羟自由基	提取物	体外实验	[24]
	有平稳的降压效果, 降压谷峰比值大于 50%	提取物	体内实验	[44]
降血压活性	降低血浆血管紧张素 II 含量, 同时显著下调肺脏血管紧张素转换酶 mRNA 的表达水平	提取物	体内实验	[45,46]
	通过保护血管内皮细胞, 平衡血管内皮舒缩因子, 从而改善血管舒张功能, 最终起到抗高血压作用	提取物	体内实验	[47]
	调节甲状腺轴功能及保护肝脏	提取物	体内实验	[48]
其他功效	通过调节机体环核苷酸系统及清除体内自由基改善肾上腺皮质功能过度活跃症状	提取物	体内实验	[49]
	调节免疫	提取物	体内实验	[20]
	通过降低氧化应激作用来减少肝损伤	提取物	体内实验	[50]
	通过减轻氧化应激, 从而减少海马损伤, 平衡神经递质的释放, 缓解衰老大鼠的大脑老化	提取物	体内实验	[51]
	抗抑郁	提取物	体内实验	[52]
	通过激活 BDNF-TrkB-CREB 途径, 进一步实现对神经元凋亡和 5-羟色胺系统的保护作用	提取物	体内实验	[19]
	预防酒精性脂肪肝	提取物	体内实验	[54]

1.2.2 挥发性成分

植物源挥发性有机化合物是经由植物内部次生代谢过程产生的, 特性为沸点低、易于挥发的微小分子。这些由花卉等植物散发的挥发性有机化合物, 不仅对空气质量、全球气候变迁产生直接或间接的作用, 同时也与人类的健康状况息息相关^[32]。作为一种兰科植物, 对铁皮石斛花的挥发性成分进行了系统性研究。霍昕等^[33]从铁皮石斛花中鉴定出 59 个挥发性成分, 包括壬醛、桉叶-5,11-二烯-8,12-交酯等。李文静等^[34]从铁皮石斛花鉴定出 43 种挥发性成分, 主要为癸酸甘油三酯、壬酸甘油二酯等。吕素华等^[35]发现铁皮石斛花挥发性成分主要以萜类、脂肪族、芳香族化合物为主。罗青文等^[29]在铁皮石斛鲜花和干花中分别鉴定出 21 个和 25 个化学成分, 其中壬醛的含量分别为 6.17% 和 11.70%, 较其他成分高, 展现出浓郁且悦人的脂类

香气, 据此推测, 它很可能是构成铁皮石斛花特有芬芳的关键成分。曲继旭等^[12]从铁皮石斛花中检测到以醛类、烷烃类、酯类、醇类和含氮化合物为主的 26 种挥发性化合物, 占石斛挥发性成分总体的 73.72%。邹晖等^[36]在铁皮石斛花中识别出了 59 种不同的化学成分, 类别涉及醛类、有机酸类、醇类、酮类、酯类、烷烃类及烯烃类等, 其中有机酸类占比最高, 达到了 22.39%。特别地, 铁皮石斛花挥发性成分中, 前十位的成分按含量高低排序为: 正十六酸 (10.85%)、2,3-脱氢-1,8-桉叶素 (7.20%)、十五烷酸 (6.30%)、 β -异佛尔酮 (4.73%)、9,12-十八碳二烯酸甲酯 (3.39%)、四乙二醇 (2.98%)、己醛 (2.93%)、十四烷酸 (2.92%)、9,12,15-十八碳三烯酸甲酯 (2.88%) 以及 α -异佛尔酮 (2.35%), 这十种关键化合物累计占挥发性油质总量的 46.53%。最近, Yang 等^[37]通过芳香提取物稀释分

析结合气相色谱/嗅觉测定质谱初步鉴定出 78 种挥发物, 其中有 34 种芳香活性化合物, 其中 16 种化合物被确认为关键气味剂 ($\text{OVA} > 100$), 如 1-辛烯-3-醇、己醛、壬醛、苯乙醛、芳樟醇、水杨酸甲酯等。

1.2.3 其它成分

罗青文等^[29]从铁皮石斛花中鉴定到 5 个萜类、2 个生物碱类和 3 个其他类化合物。Zhao 等^[24]采用代谢组学技术从铁皮石斛花中鉴定到 60 个羧酸和衍生物、52 个脂肪酰基、33 个有机氧化合物、22 个甘油磷脂、12 个嘌呤核苷代谢物^[24]。综上, 铁皮石斛花中含有丰富次生代谢物, 图 3 整理了近 10 年来从铁皮石斛花中分析得到的主要次生代谢物, 主要包括呋喃及其衍生物、吗啡喃类、倍半萜生物碱、UN、苯和取代衍生物等。

2 铁皮石斛花的生物活性

由于铁皮石斛花中蕴含丰富的多糖、多酚、黄酮等活性成分, 其生物活性也受到研究学者的关注, 目前发现铁皮石斛花具有抗氧化、降血压、滋阴护肝、改善甲亢、抗抑郁等活性, 如表 3 所示。

2.1 抗氧化活性

铁皮石斛花朵内富含多种活性成分, 如类黄酮、多糖及多酚等, 因而其抗氧化活性得到了广泛的关注。罗青文等^[29]发现, 从铁皮石斛花样品中分离鉴定出的槲皮素 3-O- β -D-吡喃葡萄糖苷、槲皮素 3-O- β -D-吡喃葡萄糖基-7-O- α -L-吡喃鼠李糖苷、dunalioside D 和秦皮乙素的等化合物具有显著的抗氧化活性。唐静月等^[6]研究发现, 铁皮石斛花中的总黄酮成分被证实能高效清除羟自由基、DPPH 自由基及 ABTS⁺ 自由基, 其对抗羟自由基的效果尤其显著, 并且这种清除能力随总黄酮含量的提升而增强, 这一结果有力证明了铁皮石斛花具备优秀的抗氧化特性。曹雪原等^[38]研究发现铁皮石斛花多糖含量丰富, 对 DPPH 自由基、羟基自由基和超氧阴离子具有良好的清除能力, 具有一定开发应用价值。张四杰等^[8]研究认为, 花色苷类化合物可能是铁皮石斛花中起主导作用的抗氧化成分。Zhang 等^[30]研究发现在铁皮石斛花中, 1-O-咖啡酰- β -D-葡萄糖苷、芦丁以及异槲皮素是被认为起核心作用的抗氧化成分。缪园欣等^[39]研究发现铁皮石斛花多糖的提取率为 7.22%, 且铁皮石斛花多糖对 DPPH 自由基、羟基自由基的清除能力具有浓度依赖性, 进一步研究表明, 铁皮石斛花总黄酮提取率为 2.31%, 当质量浓度达 10 mg/mL 时, 对 DPPH、OH 清除率分别为 89.77% 和 80.01%, 具有较好的抗氧化活性^[40]。龚庆芳等^[15]报道, 铁皮石斛花提取物的 IC_{50}

为 0.452 mg/mL, 意味着当其浓度超过 0.8 mg/mL 时, 其清除 DPPH 自由基的能力超越了铁皮石斛茎。此外, 在相同浓度条件下, 铁皮石斛花提取物的还原能力比铁皮石斛茎更强。张勇等^[20]研究发现铁皮石斛花多糖对 DPPH、ABTS⁺ 自由基清除能力和 FRAP 还原力活性强于铁皮石斛茎和叶多糖。李芳等^[28]研究发现铁皮石斛花黄酮在 DPPH、ABTS⁺ 自由基以及超氧阴离子清除率的活性高于茎和叶。邱程阳等^[41]研究显示, 经过冷冻干燥处理的铁皮石斛花提取液, 在清除 DPPH 自由基、羟自由基及展现还原能力方面, 均展现出优于铁皮石斛茎的性能, 这一结果充分证明了铁皮石斛花具有较高的抗氧化能力, 值得进一步研究和利用。Zhao 等^[24]研究发现, 铁皮石斛花醇提物具有清除 1,1-二苯基-2-苦基肼和羟自由基等抗氧化活性。杨晓娜等^[42]制备的铁皮石斛花色苷提取物有较强的抗氧化能力。综上, 铁皮石斛花具有较好的抗氧化活性, 对功能食品的开发提供一定的价值。



图 4 铁皮石斛花主要活性物质及功效

Fig.4 Main bioactive substances and efficacy of DOF

2.2 降血压活性

在健康中国行动计划中, 高血压与心血管疾病被视为需要重点防控的健康问题。尽管现代医疗手段在治疗这些疾病上取得了显著进展, 公众对其认知也在不断提升, 但仍有许多接受治疗的高血压患者的血压仍然控制不佳^[43]。龙华晴等^[44]发现铁皮石斛花水提物对自发性高血压大鼠具备稳定的降血压功效, 降压谷峰比值大于 50%。何晓艳等^[45,46]发现铁皮石斛花经水提取后的物质已被证实能有效地减少自发性高血压大鼠的血压, 其降压效果与使用的剂量成正相关; 特

别是较大剂量的水提取物不仅能减少血液中血管紧张素 II 的含量,还能大幅度抑制肺部血管紧张素转换酶 mRNA 的表达。梁凯伦等^[47]发现铁皮石斛花对由高葡萄糖、高脂肪饮食及酒精共同诱发的高血压大鼠模型展示出显著的降压效果,其作用机理推断为通过加强对血管内皮细胞的保护,调整血管内皮中放松与收缩因子的平衡,以此增进血管的舒张能力,进而实现对抗高血压的目的。综上,作为药食同源的食物,其具有降血压活性,应加大其在降血压方面的开发。

2.3 其他功效

雷珊珊等^[48]研究表明,铁皮石斛花不仅能够有效缓解甲亢型阴虚小鼠模型中出现的“颧红”、“心悸”等典型阴虚症状,还能够修复因甲状腺功能过度活跃而引发的肝脏功能损害,显示出其在调节甲状腺轴功能及保护肝脏方面的积极作用。王楠楠等^[49]发现,铁皮石斛花具有传统滋阴功效,能有效改善肾阴虚小鼠模型中表现出的肾上腺皮质功能过度活跃症状。张勇等^[20]发现,当质量浓度处于 400~800 $\mu\text{g/mL}$ 的范围内时,从铁皮石斛花种提取的多糖能有效抑制巨噬细胞的增殖,同时,它对小鼠腹腔中巨噬细胞的活性具有显著的促进效果,体现在增强细胞分泌一氧化氮(NO)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α) 及白介素- 1β (IL- 1β) 的能力上,这一系列作用共同展示了铁皮石斛花多糖在免疫调节方面的积极作用。Wu 等^[50]发现,铁皮石斛花提取物具有护肝作用,提取物通过降低氧化应激作用来减少肝损伤。Li 等^[51]发现,铁皮石斛花提取物可能通过减轻氧化应激,从而减少海马损伤,平衡神经递质的释放,缓解衰老大鼠的大脑老化,改善空间学习能力。Zhu 等^[52]报道,铁皮石斛花(DOF)提取物具有抗抑郁作用,可作为抑郁症患者抗抑郁治疗的补充配方。最近,Yang 等^[19]从铁皮石斛花中制备的醇溶性多糖,可调节肠道细菌和真菌的稳态以及短链脂肪酸的水平,减轻肠道屏障的破坏和过度炎症反应,通过激活 BDNF-TrkB-CREB 途径,进一步实现对神经元凋亡和 5-羟色胺系统的保护作用,从而显示出显著的抗抑郁作用。郑骥瀚^[53]发现铁皮石斛花/叶配伍胃茶煎剂对胃肠运动有较明显抑制作用,能解除肠痉挛。Zhang 等^[54]研究发现,通过补充铁皮石斛花提取物改善肠道微生物群的组成减轻肝损伤,可以有效预防酒精性脂肪肝。 α -亚麻酸是维持人体健康所需的一种必需脂肪酸,铁皮石斛花中的 α -亚麻酸含有较高,体现了铁皮石斛花较好的心血管保护、抗癌、神经保护、抗骨质疏松、抗炎和抗氧化作用^[55]。总之,目前对铁皮石斛花的活性剂功能的研究已取得较大成果,图 4 归纳总

结了近年来对铁皮石斛花的生物活性剂功效的研究成果,其具有抗氧化、抗炎、调节免疫等功能。

3 铁皮石斛花研究与应用展望

近年来,随着人们对生活品质和身心健康的追求日益加强以及多地食品安全地方标准的实施,铁皮石斛花这种珍稀且具有地方传统食用习惯的花卉将迎来新的开发热潮,必然会广泛应用在食品、医药、添加剂等多行业当中。但是由于成本等原因,目前铁皮石斛花主要作为花草茶或农产品销售。近年来已有铁皮石斛花食品加工的研究报道,如,铁皮石斛花蛋糕^[56]、天然酵素^[57]、发酵饮料^[58]、复合速溶茶粉或固体饮料^[59]、果酒^[60]、液体饮料^[61]、复配花茶^[62]、代餐粉^[63]。除了食品之外,张珍林等以铁皮石斛干花为原料,制备了一款感官评价最好,其品质良好且性能稳定的铁皮石斛花保湿柔肤水。近年来,还以铁皮石斛花为原料申请了预防中风药物^[64]、改善睡眠^[65]、清咽利嗓食物^[66]、制备高尿酸血症药物^[67]、制备预防脑缺血药物^[68]、抗抑郁^[69]、制备改善溃疡性结肠炎药物^[70]等的发明专利报道。

课题组承担了国家重点研发计划课题“铁皮石斛花深入研究与产品开发(2017YFC1702205)”任务,通过研究深入解析了铁皮石斛花的营养物质组成及功效成分,制备得到富含具有抗氧化、抗炎活性等类黄酮物质的铁皮石斛花提取物,研究发现该提取物具有增强免疫力、调节肠道菌群、滋阴抗肺损伤、保肝养胃等功能,其作用机制是调节细胞分化与基因表达;以铁皮石斛花为材料研发了代用茶、发酵酒、固体饮料、含片等系列产品,为后续产业化实施提供了基础。

参考文献

- [1] YAN L, WANG X, LIU H, et al. The genome of *Dendrobium officinale* illuminates the biology of the important traditional Chinese orchid herb [J]. Molecular Plant, 2015, 8(6): 922-934.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(2020年版)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
- [3] TANG H X, ZHAO T W, SHENG Y J, et al. *Dendrobium officinale* kimura et migo: a review on its ethnopharmacology, phytochemistry, pharmacology, and industrialization [J]. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 2017, 2017(1): 7436259.
- [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.
- [5] 朱波. 铁皮石斛人工杂交技术与优良家系苗期选择[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2011.
- [6] 唐静月, 颜美秋, 齐芳芳, 等. 铁皮石斛花总黄酮提取工艺优化及体外抗氧化活性研究[J]. 浙江中医药大学学报, 2017, 41(3): 235-242.

- [7] 吕素华,徐萌,张新风,等.不同杂交家系铁皮石斛花多糖、浸出物及氨基酸质量分数分析[J].浙江农林大学学报,2016,33(5):749-755.
- [8] 张四杰,钱正,刘京晶,等.铁皮石斛花中花色成分抗氧化性和稳定性研究[J].中国中药杂志,2018,43(10):2025-2031.
- [9] 范家坤,刘倩葶,罗慧,等.铁皮石斛花营养成分分析[J].食品安全质量检测学报,2021,12(21):8334-8341.
- [10] 张珍林,闵运江,黄仁术,等.霍山石斛和铁皮石斛干花成分含量和抗氧化性的比较[J].天然产物研究与开发,2020,32(7):1104-1110.
- [11] 王洪荣,季昀,氨基酸的生物活性及其营养调控功能的研究进展[J].动物营养学报,2013,25(3):447-457.
- [12] 曲继旭,贺雨馨,孙志蓉,等.四种石斛花氨基酸和挥发性成分比较[J].中国现代中药,2018,20(4):387-394.
- [13] 周锦业,孙明艳,邓杰玲,等.品种、干燥和贮存方式对铁皮石斛花氨基酸含量的影响[J].食品科技,2019,44(2):88-93.
- [14] 黄秀红,王再花,李杰,等.不同花期石斛花主要营养成分分析与品质比较[J].热带作物学报,2017,38(1):45-52.
- [15] 龚庆芳,何金祥,黄宁珍,等.铁皮石斛花化学成分及抗氧化活性研究[J].食品科技,2014,39(12):106-110.
- [16] 张珍林,韩邦兴,黄仁术,等.铁皮石斛花蛋糕工艺优化及其质构特性分析[J].枣庄学院学报,2019,36(5):75-82.
- [17] 张四杰,钱正,刘京晶,等.铁皮石斛花多糖相对分子质量及其单糖组成的研究[J].中国中药杂志,2017,42(20):3919-3925.
- [18] 辛小雪,王雪香,李明宇,等.铁皮石斛不同花期及花朵不同部位活性组分分析[J].浙江农林大学学报,2019,36(1):200-205.
- [19] YANG Y, FAN L, PENG Y, et al. Alcohol-soluble polysaccharides from *Dendrobium officinale* flowers as an antidepressant by regulating the gut-brain axis [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2022, 216: 836-849.
- [20] 张勇.铁皮石斛茎、叶、花多糖理化性质及抗氧化、免疫调节活性研究[D].杭州:浙江大学,2016.
- [21] 张珍林,韩邦兴,刘莉彬,等.ICP-OES测定铁皮石斛干花中多种元素[J].中国野生植物资源,2020,39(1):4-8.
- [22] 黄彪,何伟,刘文静,等.微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定铁皮石斛茎和花中多种矿质元素[J].食品安全质量检测学报,2020,11(23):8769-8774.
- [23] 罗红,孙根钦,王琪,等.铁皮石斛花中5种微量元素分析[J].贵州林业科技,2021,49(3):11-15.
- [24] ZHAO M, FAN J K, LIU Q T, et al. Phytochemical profiles of edible flowers of medicinal plants of *Dendrobium officinale* and *Dendrobium devonianum* [J]. Food Science & Nutrition, 2021, 9(12): 6575-6586.
- [25] WEN L, LIN Y L, LV R M, et al. An efficient method for the preparative isolation and purification of flavonoids from Leaves of *crataegus pinnatifida* by HSCCC and Pre-HPLC [J]. Molecules, 2017, 22(5): 767.
- [26] 周桂芬,吕圭源.铁皮石斛不同部位黄酮碳苷类成分及清除DPPH自由基能力比较研究[J].中国中药杂志,2012,37(11):1536-1540.
- [27] 张志信,张仕秀,谭福能.铁皮石斛不同部位生药红外光谱分析[J].文山学院学报,2019,32(3):13-17.
- [28] 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.
- [29] 罗青文.铁皮石斛叶和花功能活性成分研究[D].北京:中国科学院大学,2017.
- [30] ZHANG X F, ZHANG S J, GAO B B, et al. Identification and quantitative analysis of phenolic glycosides with antioxidant activity in methanolic extract of *Dendrobium catenatum* flowers and selection of quality control herb-markers [J]. Food Research International, 2019, 123: 732-745.
- [31] 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.
- [32] 胡春芳,袁相洋,田媛,等.常见花卉植物释放挥发性有机化合物的研究进展[J].生态学杂志,2018,37(2):588-595.
- [33] 霍昕,周建华,杨迺嘉,等.铁皮石斛花挥发性成分研究[J].中华中医药杂志,2008,8:735-737.
- [34] 李文静,李进进,李桂锋,等.GC-MS分析4种石斛花挥发性成分[J].中药材,2015,38(4):777-780.
- [35] 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.
- [36] 邹晖,王伟英,戴艺民,等.GC-MS法比较分析铁皮石斛原球茎和花的挥发性成分[J].福建农业科技,2019,50(9):50-56.
- [37] YANG Y H, ZHAO J, DU Z Z. Unravelling the key aroma compounds in the characteristic fragrance of *Dendrobium officinale* flowers for potential industrial application [J]. Phytochemistry, 2022, 200: 113223.
- [38] 曹雪原,唐雅楠,姜秀梅,等.铁皮石斛不同部位多糖含量及其抗氧化活性研究[J].食品与药品,2018,20(3):227-230.
- [39] 缪园欣,廖明星,孙爱红,等.铁皮石斛花多糖提取工艺及体外抗氧化性研究[J].食品研究与开发,2019,40(2):52-56.
- [40] 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.
- [41] 邱程阳,孔慧梅,郑方正,等.不同干燥方法对铁皮石斛花黄酮含量和抗氧化活性的影响[J].时珍国医国药,2020,31(3):598-600.
- [42] 杨晓娜,陈自宏,谢雯颖,等.铁皮石斛花色苷提取及其抗氧化活性分析[J].食品工业,2021,42(1):141-146.
- [43] 郭雨,李永东.ARNi在高血压治疗中的研究进展[J].临床荟萃,2023,38(2):181-184.
- [44] 龙华晴,吴人照,何晓艳,等.铁皮石斛花对自发性高血压大鼠降压平稳性的实验研究[J].浙江中医杂志,2016,51(10):726-729.
- [45] 何晓艳,吴人照,杨兵勋,等.铁皮石斛花对自发性高血压大鼠降压作用研究[J].浙江中医杂志,2016,51(2):152-154.
- [46] 何晓艳,吴人照,龙华晴,等.铁皮石斛花对自发性高血压大鼠的降压作用及机制研究[J].中华中医药杂志,2017,32(4):1836-1840.
- [47] 梁凯伦,方萍,施秋秋,等.铁皮石斛花对高糖高脂饮食致高血压大鼠的降压作用及机制研究[J].中国中药杂志,2018,43(1):147-153.
- [48] 雷珊珊,吕圭源,金泽武,等.铁皮石斛花提取物对甲亢型阴虚小鼠的影响[J].中国中药杂志,2015,40(9):1793-1797.
- [49] 王楠楠,戴明珠,徐俞悦,等.铁皮石斛花对肾上腺皮质激素致肾阴虚模型小鼠的影响[J].中药药理与临床,2017,33(1):116-119.
- [50] WU Y L, HUANG S H, HE C M, et al. *Dendrobium officinale* flower extraction mitigates alcohol-induced liver injury in mice: role of antisteatosis, antioxidative, and anti-inflammatory [J]. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 2020, 1(12): 1421853.
- [51] LI L Z, LEI S S, LI B, et al. *Dendrobium officinalis* flower improves

- learning and reduces memory impairment by mediating antioxidant effect and balancing the release of neurotransmitters in senescent rats [J]. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, 2020, 23(5): 402-410.
- [52] ZHU Y, LIU M Q, CAO C, et al. *Dendrobium officinale* flos increases neurotrophic factor expression in the hippocampus of chronic unpredictable mild stress-exposed mice and in astrocyte primary culture and potentiates NGF-induced neuronal differentiation in PC12 cells [J]. *Phytotherapy Research*, 2021, 35(5): 2665-2677.
- [53] 郑骐瀚. 一种护肠胃养颜的铁皮石斛酒及其制备方法: 中国, 201910988907.6[P]. 2019-12-13.
- [54] ZHANG J C, FAN J K, LUO H, et al. Alleviation of alcoholic fatty liver by *Dendrobium officinale* flower extracts due to regulation of gut microbiota and short-chain fatty acids in mice exposed to chronic alcohol [J]. *Foods*, 2023, 12(7): 1428 .
- [55] KIM K B, NAM Y A, KIM H S, et al. Alpha-linolenic acid: nutraceutical, pharmacological and toxicological evaluation [J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2014, 70: 163-178.
- [56] 韩丙倩, 郑超鹏, 田婷, 等. 一种高蛋白铁皮石斛糕点及其制备方法: 中国, 202011130409.7[P]. 2021-01-22.
- [57] 徐成龙, 王珍珍, 余瞻, 等. 食用植物酵素中酵母菌的分离鉴定及耐受性研究[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 47(4): 80-86.
- [58] 刘志霞, 李锦荣, 刘志华, 等. 一种石斛发酵制品及其制备方法与应用: 中国, 202111481906.6[P]. 2023-06-27.
- [59] 黄依俊. 一种铁皮石斛花速溶粉的制备方法及其制得的速溶粉: 中国, 201610990923.5[P]. 2017-04-19.
- [60] 黄茂康, 张娥珍, 何全光, 等. 一种铁皮石斛花功能酒及其制备工艺: 中国, 201310056522.9[P]. 2014-08-27.
- [61] 孙墅东, 马永燕, 肖民利, 等. 一种铁皮石斛花刺梨汁液体饮料的制备方法: 中国, 202011264951.1[P]. 2021-03-02.
- [62] 孟洋, 卢红梅, 杨双全, 等. 铁皮石斛复配花茶制作工艺及其功能性研究[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 47(8): 170-179.
- [63] 张珍林, 周子旋, 王茹雪, 等. 铁皮石斛花食疗代餐粉的研制及其冲调性研究[J]. *皖西学院学报*, 2021, 37(5): 63-67.
- [64] 陈立钻, 楼正家, 吴人照, 等. 利用铁皮石斛花制备的预防治疗高血压中风的药及方法: 中国, 201010197363.0[P]. 2010-10-13.
- [65] 马燕, 赵明, 陈立佼, 等. 一种改善肾阴虚导致的睡眠障碍的组合物制备方法: 中国, 201911129065.5[P]. 2020-02-04.
- [66] 金明德, 金璐璐, 金璐晓. 一种铁皮石斛润喉糖及其制作方法: 中国, 201911057120.4[P]. 2020-05-08.
- [67] 黄晓其, 苏子仁, 王洪峰, 等. 铁皮石斛花在制备高尿酸血症药物中的应用: 中国, 202110098034.9[P]. 2022-06-14.
- [68] 张朝凤, 任国庆, 李任时. 一种铁皮石斛花提取物在制备预防脑缺血药物或保健品中的应用: 中国, 202210502084.3[P]. 2022-07-22.
- [69] 李晓波, 杨燕, 彭颖, 等. 醇溶性均一多糖及其抗抑郁用途: 中国, 202111215191.X[P]. 2021-12-28.
- [70] 张朝凤, 郭奕涵, 陈玉梅. 一种铁皮石斛花提取物在制备改善溃疡性结肠炎药物中的应用: 中国, 202210609798.4[P]. 2022-07-29.