

## 中药石斛黄酮活性成分研究进展

曾艺芸<sup>1</sup>, 聂雪婷<sup>1</sup>, 李振坚<sup>1\*</sup>, 张萌<sup>1</sup>, 杨业波<sup>2</sup>, 王伟<sup>1</sup>, 孙振元<sup>1</sup>

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091;

2. 中国绿色碳汇基金会, 北京 100714)

**[摘要]** 石斛是益胃生津, 滋阴补虚的中药, 有提高免疫力、抗氧化等功效, 含有丰富的黄酮活性成分, 具有较高保健价值。从多个石斛中共分离得到89个黄酮活性成分, 主要分为黄酮类、黄烷酮类、黄酮醇类3种。其中黄酮类成分40个, 苷元类型主要为芹菜素和圣金草素; 黄烷酮类成分20个; 黄酮醇类成分15个, 苷元类型主要为山柰酚和槲皮素。铁皮石斛及个别种还含有二氢黄酮醇类、花色素类、查尔酮类等黄酮类型成分。含有黄酮活性成分的石斛属植物有34个种, 铁皮石斛含38个黄酮成分, 霍山石斛含28个黄酮成分, 紫皮石斛(齿瓣石斛)含19个黄酮成分, 大苞鞘石斛含12个黄酮成分, 球花石斛含有5个黄酮成分, 叠鞘石斛和棒节石斛各含有4个黄酮活性成分。霍山石斛中含有大量以芹菜素为苷元的黄酮活性成分, 紫皮石斛中含有多数以山柰酚或槲皮素为苷元的黄酮活性成分。常见的黄酮活性成分有柚皮素、槲皮素、芦丁等, 具有抗氧化、降血糖、可改善血液循环、降低胆固醇, 对心血管系统具有保护作用等药理活性作用。笔者拟对中药石斛黄酮活性成分的数量、类型、生理功能等研究现状进行了综述, 以期推动药用石斛业内对石斛黄酮的关注, 有助于挖掘石斛属植物在药效、食品领域的价值。

**[关键词]** 兰科; 石斛; 黄酮; 糖苷; 黄烷酮; 花色素

**[中图分类号]** R284.2; R289; R22; R2-031 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2021)06-0197-10

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.20210217

**[网络出版地址]** <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20201210.1350.003.html>

**[网络出版日期]** 2020-12-11 11:20

### Research Progress on Active Ingredients of Flavonoids in Traditional Chinese Medicine *Dendrobium*

ZENG Yi-yun<sup>1</sup>, NIE Xue-ting<sup>1</sup>, LI Zhen-jian<sup>1\*</sup>, ZHANG Meng<sup>1</sup>, YANG Ye-bo<sup>2</sup>, WANG Wei<sup>1</sup>,  
SUN Zhen-yuan<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration,  
Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. China Green Carbon Foundation, Beijing 100714, China)

**[Abstract]** *Dendrobium* (Orchidaceae) is traditional Chinese medicine with a high healthcare value, which can nourish Yin and tonify deficiency. Eighty-nine flavonoids were isolated from *Dendrobium*, mainly including flavones, flavanones and flavonols. Among them, there were 40 flavonoids, the main aglycones were apigenin and chrysoeriol; 20 flavanones; and 15 flavonols, and the main aglycones were kaempferol and quercetin. *D. officinale* and several other species also have flavanones, anthocyanidins, chalcone and isoflavones. There were 34 species of *Dendrobium* containing flavonoids, including 38 flavonoids in *D. officinale*, 28 flavonoids in *D. huoshanense*, 19 flavonoids in *D. devonianum*, 12 flavonoids in *D. wardianum*, 5 flavonoids in *D. thyrsiflorum*, 4 flavonoids in *D. denneanum* and *D. findlayanum*. Common flavonoids included naringenin, quercetin, rutin, which had pharmacological effects of resisting oxidation, lowering blood sugar,

**[收稿日期]** 20200528(003)

**[基金项目]** 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(CAFYBB2017MB001); 国家林业局948项目(2015-4-10)

**[第一作者]** 曾艺芸, 硕士, 从事兰科资源改良与种质创新研究, E-mail: 155014709@qq.com

**[通信作者]** \*李振坚, 博士, 副研究员, 从事石斛种质创新与代谢组学研究, Tel: 010-62889653, E-mail: zhenjianli@163.com

improving blood circulation, lowering cholesterol, and protecting the cardiovascular system. The existing studies of *Dendrobium*-related species, flavonoids and their physiological functions were reviewed in the expectation to promote the attention of the industry to *Dendrobium* flavonoids and explore values of *Dendrobium* plants in efficacy and food fields.

[Key words] Orchidaceae; *Dendrobium*; flavonoid; glycoside; flavonol; anthocyanin

石斛属 (*Dendrobium*) 植物为兰科 (Orchidaceae) 附生珍稀濒危物种, 为中国传统名贵中药材<sup>[1]</sup>。石斛在全球分布超过1 000种, 我国有80余种, 主要分布在云南、广西、贵州、海南、广东、台湾等地区。石斛多生长于海拔1 400~1 600 m高山地区的岩石、树皮上, 喜温暖、潮湿的环境<sup>[2]</sup>。石斛药用历史悠久, 可强阴生津, 滋阴补虚, 有提高免疫力、抗氧化等功效。石斛属植物中有30余种可药食两用<sup>[3]</sup>, 2020年版《中华人民共和国药典》(简称《中国药典》)收录的石斛种有4个。

石斛属植物化学成分较复杂, 有多糖、黄酮、生物碱、倍半萜、联苳、菲类等<sup>[4-5]</sup>。石斛具有很强的提高免疫力的功效, 其中黄酮发挥着重要的作用。石斛中的黄酮种类多、分布广, 是重要的药理活性成分。黄酮化合物可有效减少自由基产生和清除体内的氧自由基<sup>[6-8]</sup>, 有抗氧化、降血糖、改善血液循环、降低胆固醇、保护心血管系统等药理活性<sup>[9]</sup>。

石斛黄酮的功效研究比较滞后, 但在石斛的药用实践中, 石斛花的茶用和餐用非常广泛和普遍。近年来, 对石斛中黄酮活性成分的研究有一定进展。在石斛属植物中, 发现了大量黄酮活性成分。如此广泛的黄酮成分对石斛功效发挥何种作用, 尚不明朗。因此, 本文对中药石斛黄酮活性成分的数量、类型及生理功能等研究现状进行综述, 在34种石斛属植物中发现了89个黄酮成分, 明确了化合物的结构、苷元类型、糖苷形式和相互关系, 有利于推动中药石斛黄酮活性成分机制研究。以期引起业内对中药石斛黄酮活性成分的重视, 促进石斛属植物在药品、食品领域的深度开发。

## 1 石斛黄酮成分

黄酮化合物是指以2-苯基色原酮为母核结构, 以C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>结构为基础, 链接酚羟基、甲氧基、甲基、异戊烯基等形成黄酮苷元<sup>[10]</sup>。

石斛属植物黄酮及糖苷成分种类较丰富。数年以来, 研究者从石斛属植物铁皮石斛 (*D. officinale*), 霍山石斛 (*D. huoshanense*), 紫皮石斛 (*D. devonianum*), 大苞鞘石斛 (*D. wardianum*), 球花石斛 (*D. thyrsoiflorum*) 等34个种中, 共分离得到

89个黄酮成分。

1.1 主要石斛种类黄酮成分 铁皮石斛是我国传统名贵中药, 为历代医家所推崇<sup>[3]</sup>。研究表明, 铁皮石斛中存在多种黄酮成分<sup>[11]</sup>。吕朝耕等<sup>[12]</sup>利用超高效液相色谱-串联质谱法 (UPLC-MS/MS), 测定出铁皮石斛的10个黄酮成分。张小凤等<sup>[13]</sup>采用有机溶剂石油醚等萃取粗提物, 从铁皮石斛叶中, 分离得到5个黄酮苷化合物。林江波等<sup>[14]</sup>在分析铁皮石斛黄酮的生物合成途径及相关基因过程中, 发现了5个花色素类黄酮。其中, 以芹菜素、柚皮素和槲皮素为苷元而形成的糖苷, 是铁皮石斛中主要的黄酮成分。铁皮石斛中的黄酮等功能活性成分, 有利于全面反映产品质量和准确鉴别药材来源, 进一步完善铁皮石斛评价标准<sup>[15-16]</sup>。

紫皮石斛、霍山石斛等石斛中也普遍含有黄酮成分。沈妍等<sup>[17]</sup>研究了紫皮石斛化学成分, 得到了4个黄酮成分。ZHOU等<sup>[18]</sup>从紫皮石斛中发现了13个黄酮成分, 廖娴等<sup>[19]</sup>从紫皮石斛中获得了5个黄酮成分。WU等<sup>[7]</sup>从霍山石斛中分离得到6个黄酮成分。LIANG等<sup>[20]</sup>从霍山石斛中分离得到22个黄酮成分。范卫卫<sup>[21]</sup>从大苞鞘石斛中新发现了6个黄酮成分。研究发现, 多糖含量较高的多种药用石斛中, 含有的黄酮成分丰富。

霍山石斛中含有28个黄酮成分<sup>[22-25]</sup>, 紫皮石斛中含有19个黄酮成分, 大苞鞘石斛<sup>[26]</sup>中含有12个黄酮成分。其他含有黄酮成分较多的种类, 晶帽石斛 (*D. crystallinum*) 含有6个黄酮成分, 球花石斛 (*D. thyrsoiflorum*) 含有5个黄酮成分<sup>[27-28]</sup>, 叠鞘石斛 (*D. denneanum*), 棒节石斛含有4个黄酮成分。除此以外, 还有兜唇石斛 (*D. aphyllum*)<sup>[29]</sup>, 玫瑰石斛 (*D. crepidatum*)<sup>[30]</sup>, 杯鞘石斛 (*D. gratiosissimum*)<sup>[31-32]</sup>, 尖刀唇石斛 (*D. heterocarpum*), 密花石斛 (*D. densiflorum*), 美花石斛 (*D. loddigesii*)<sup>[33]</sup>, 短棒石斛 (*D. capillipes*), 梵净山石斛<sup>[34]</sup>等, 共34个石斛原种。不同石斛的黄酮成分和含量差异明显。

这些含有黄酮成分的石斛种类中, 鼓槌石斛为2020年版《中国药典》收录的石斛品种, 兜唇石斛、

球花石斛、叠鞘石斛等在实际应用中,都是石斛常见药用种类,在我国分布广泛。金钗石斛也是重要的中药石斛种,其成分分析和药理研究文献众多,但尚未发现黄酮成分存在。

**1.2 石斛黄酮成分分类** 石斛89个黄酮成分中,苷元有35个,糖苷有54个。以芹菜素苷元为主体的化合物22个,以金圣草素、槲皮素苷元为主体各有8个,以苜蓿素苷元为主体有7个,以山柰酚为主体有5个。石斛黄酮最常见的糖苷基有葡萄糖、鼠李糖、木糖、阿拉伯糖,还有由鼠李糖和葡萄糖形成

的芸香糖(寡糖)。

根据三碳键(C<sub>3</sub>)的氧化程度和构象等差别,石斛中黄酮成分主要可分为黄酮类、黄烷酮类、黄酮醇类、二氢黄酮醇类、花青素类、查尔酮类、紫檀素类7种类型。多数石斛中的黄酮类型为黄酮类、黄烷酮类、黄酮醇类3种类型,铁皮石斛等个别种类还出现其他4种黄酮类型的成分。

**1.2.1 黄酮类** 石斛中的黄酮类成分共40个,苷元类型主要为芹菜素和金圣草素,多达35个以糖苷化合物形式存在。见表1。

表1 石斛属不同种类的黄酮类化合物

Table 1 Flavones compound of different species in *Dendrobium*

化合物	名称	来源
1	夏佛塔苷 schaftoside	铁皮石斛、紫皮石斛、霍山石斛
2	异夏佛塔苷 isoschaftoside	铁皮石斛、紫皮石斛、霍山石斛
3	新西兰牡荆苷 I vicenin-1	铁皮石斛、紫皮石斛、霍山石斛
4	新西兰牡荆苷 II vicenin-2	铁皮石斛、紫皮石斛、霍山石斛、叠鞘石斛、鼓槌石斛
5	佛菜心苷 violanthin	铁皮石斛、紫皮石斛
6	异佛菜心苷 isoviolanthin	铁皮石斛、紫皮石斛
7	芹菜素-6-C- $\alpha$ -L-阿拉伯糖-8-C- $\beta$ -D-木糖苷 apigenin-6-C- $\alpha$ -L-arabinoside-8-C- $\beta$ -D-xyloside	霍山石斛、铁皮石斛
8	芹菜素-6,8-二-C- $\alpha$ -L-阿拉伯糖苷 apigenin-6,8-di-C- $\alpha$ -L-arabinoside	霍山石斛、铁皮石斛
9	芹菜素-6-C- $\beta$ -D-xyloside-8-C- $\alpha$ -L-rhamnosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-葡萄糖苷 apigenin-6-C- $\beta$ -D-xyloside-8-C- $\alpha$ -L-rhamnosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-glucoside	霍山石斛、铁皮石斛
10	芹菜素 apigenin	杯鞘石斛、铁皮石斛、棒节石斛
11	2''-O-葡萄糖牡荆素 2''-O-glucopyranosylvitexin	铁皮石斛
12	芹菜素-6-C- $\alpha$ -L-鼠李糖-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-葡萄糖-8-C- $\alpha$ -L-木糖苷 apigenin-6-C- $\alpha$ -L-rhamnosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-glucoside-8-C- $\alpha$ -L-xyloside	霍山石斛
13	芹菜素-6,8-二-C- $\beta$ -D-木糖苷 apigenin-6,8-di-C- $\beta$ -D-xyloside	霍山石斛
14	芹菜素-6-C- $\alpha$ -L-鼠李糖-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-葡萄糖-8-C- $\alpha$ -L-阿拉伯糖 apigenin-6-C- $\alpha$ -L-rhamnosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-glucoside-8-C- $\alpha$ -L-arabinoside	霍山石斛
15	芹菜素-6-C- $\alpha$ -L-木糖-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-鼠李糖-8-C- $\alpha$ -L-葡萄糖阿拉伯 apigenin-6-C- $\alpha$ -L-xylopyranosyl-8-C- $\alpha$ -L-rhamnosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-glucoside	霍山石斛
16	芹菜素-6-C- $\alpha$ -L-阿拉伯糖-8-C- $\alpha$ -L-鼠李糖-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-葡萄糖苷 apigenin-6-C- $\alpha$ -L-arabinoside-8-C- $\alpha$ -L-rhamnosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-glucoside	霍山石斛
17	芹菜素-6-C- $\alpha$ -L-阿拉伯糖-8-C- $\alpha$ -L-鼠李糖-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-半乳糖 apigenin-6-C- $\alpha$ -L-arabinopyranosyl-8-C- $\alpha$ -L-rhamnosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-galactopyranosyl	霍山石斛
18	芹菜素-6-C- $\beta$ -木糖-8-C- $\alpha$ -L-阿拉伯糖 apigenin-6-C- $\beta$ -xyloside-8-C- $\alpha$ -L-arabinoside	霍山石斛
19	牡荆苷 vitexin-2''-O-rhamnoside	霍山石斛、晶帽石斛
20	异牡荆苷 isovitexin-2''-O-rhamnoside	霍山石斛
21	金圣草素-6-C- $\beta$ -D-葡萄糖苷-8-C- $\alpha$ -L-阿拉伯糖苷 chrysoeriol-6-C- $\beta$ -D-glucoside-8-C- $\alpha$ -L-arabinoside	霍山石斛
22	金圣草素-6,8-二-C- $\beta$ -D-葡萄糖苷 chrysoeriol-6,8-di-C- $\beta$ -D-glucoside	霍山石斛
23	金圣草素-6-C- $\alpha$ -L-阿拉伯糖苷-8-C- $\beta$ -D-葡萄糖苷 chrysoeriol-6-C- $\alpha$ -L-arabinoside-8-C- $\beta$ -D-glucoside	霍山石斛
24	金圣草素-6-C- $\beta$ -D-葡萄糖苷-8-C- $\beta$ -D-木糖苷 chrysoeriol-6-C- $\beta$ -D-glucoside-8-C- $\beta$ -D-xyloside	霍山石斛

续表1

化合物	名称	来源
25	金圣草素-6-C- $\alpha$ -L-鼠李糖基-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-葡萄糖苷-8-C- $\alpha$ -L-阿拉伯糖苷 chrysoeriol-6-C- $\alpha$ -L-rhamnosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-glucoside-8-C- $\alpha$ -L-arabinoside	霍山石斛
26	金圣草素-6-C- $\alpha$ -L-阿拉伯糖苷-8-C- $\alpha$ -L-鼠李糖基-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-葡萄糖苷 chrysoeriol-6-C- $\alpha$ -L-arabinoside-8-C- $\alpha$ -L-rhamnosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-glucoside	霍山石斛
27	芹菜素-7-O-芸香糖苷 apigenin-7-O-rutinoside	紫皮石斛
28	大波斯菊苷 pureonebio(apigenin-7-O- $\beta$ -D-glucoside)	紫皮石斛、铁皮石斛
29	芹菜素-8-C-葡萄糖基-2''-O-木糖苷 apigenin-8-C-glucosyl-2''-O-xyloside	紫皮石斛
30	异野漆树苷 isorhoifolin	紫皮石斛
31	芹菜素-6-C-葡萄糖-2''-O-木糖苷 apigenin-6-C-glucosyl-2''-O-xyloside	大苞鞘石斛
32	苜蓿素 7-O- $\beta$ -D-葡萄糖苷 tricin-7-O- $\beta$ -D-glucopyranoside	大苞鞘石斛
33	金圣草(黄)素 chrysoeriol	球花石斛、铁皮石斛
34	苜蓿素 tricin	兜唇石斛、大苞鞘石斛
35	4-甲氧基苜蓿素 4-methoxy-tricin	兜唇石斛
36	7,3',5'-tri-O-methylricetin	兜唇石斛
37	五羟黄酮-三甲醚-吡喃葡萄糖苷 tricetin 3',4',5'-trimethyl ether 7-O- $\beta$ -glucopyranoside	兜唇石斛
38	木犀草素 luteolin	叠鞘石斛、棒节石斛
39	7-O- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖-6-C- $\alpha$ -吡喃鼠李糖芹菜苷 6-C- $\alpha$ -L-rhamnopyranosylapigenin-7-O- $\beta$ -D-glucopyranoside	杯鞘石斛
40	淫羊藿苷 apigenin-6-C- $\beta$ -D-glucoside-8-C- $\beta$ -D-xyloside(vicenin-3)	紫皮石斛、霍山石斛

铁皮石斛、霍山石斛和紫皮石斛中,皆发现以芹菜素为苷元的新西兰牡荆苷I,新西兰牡荆苷II,新西兰牡荆苷III,夏佛塔苷和异夏佛塔苷等<sup>[18]</sup>。芹菜素是天然抗氧化剂,有降血压和舒张血管、预防动脉粥样硬化、抑制肿瘤等作用。研究发现它通过在G<sub>2</sub>/M阶段阻止细胞周期来抑制细胞增殖。铁皮石斛中以芹菜素为苷元的成分为佛来心苷和异佛来心苷<sup>[35]</sup>。周桂芬等<sup>[36]</sup>从铁皮石斛叶中,发现和鉴定了苷元均为芹菜素的8个黄酮二碳糖苷类化合物,单糖均连接在C-6位和C-8位。霍山石斛以芹菜素为苷元的黄酮有8个。LIANG等<sup>[20]</sup>从霍山石斛中分离鉴定出6个以圣金草素为苷元的黄酮类化合物。廖娴等<sup>[19]</sup>建立了紫皮石斛中以上5个黄酮苷类成分的含量测定方法,发现不同批次的紫皮石斛中含量差异较大,可能与来源、生长环境、生长年限、采收时间等有关,其中,apigenin-6-C- $\beta$ -D-xyloside-8-C- $\alpha$ -L-rhamnosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-glucoside与apigenin-6-C- $\alpha$ -L-xylopyranosyl-8-C- $\alpha$ -L-rhamnosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-glucoside互为同分异构体。沈妍等<sup>[17]</sup>通过硅胶,LH-20型羟丙基葡聚糖凝胶(Sephadex LH-20)反复柱色谱、纯化,从紫皮石斛的茎中分离得了芹菜素-7-O-芸香糖苷、芹菜素-7-O-葡萄糖苷。

石斛属植物中含有黄酮类成分的石斛有杯鞘石斛、兜唇石斛、叠鞘石斛等10种。王敏等<sup>[31]</sup>采用工业乙醇冷浸提取,从杯鞘石斛中鉴定出芹菜素。邵莉等<sup>[29]</sup>从兜唇石斛中,鉴定出苜蓿素等3个黄酮类成分。LIU等<sup>[37]</sup>还从叠鞘石斛中分离提取了木犀草素。李小红<sup>[38]</sup>从叠鞘石斛中分离提取了新西兰牡荆苷II。杨丹<sup>[39]</sup>研究3种石斛的化学成分,在棒节石斛中分离鉴定出芹菜素和木犀草素。

**1.2.2 黄烷酮(二氢黄酮)类** 黄烷酮类以2-苯基-2,3-二氢色原酮基为基本母核,有一个不对称碳原子C-2。石斛中共检测鉴定出20个黄烷酮类成分,其中黄烷酮型苷元有13个,常见的有柚皮素、圣草酚和高圣草酚等。有20余种石斛含有黄烷酮类成分,见表2。

其中柚皮素是石斛中最常见的黄烷酮类成分。罗阳<sup>[40]</sup>利用反相高效液相色谱-紫外光谱检测法(RP-HPLC-UV),从21种石斛中检测到20种石斛中含有柚皮素。孟志霞等<sup>[41]</sup>研究紫皮石斛的化学成分,从中分离鉴定出了柚皮素。吕朝耕等<sup>[12]</sup>利用UPLC-MS/MS,测定铁皮石斛黄酮成分,各成分中,柚皮素含量最高,平均达26.87  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ,其次为圣草酚。王磊等<sup>[42]</sup>还从晶帽石斛中首次提取到了柚皮素。FAN等<sup>[43]</sup>从密花石斛中分离鉴定出了柚皮素。

表2 石斛属不同种类的黄烷酮类化合物

Table 2 Flavonoid compound of different species in *Dendrobium*

化合物	名称	来源
41	柚皮素 naringenin	细茎石斛、铁皮石斛、美花石斛、霍山石斛、密花石斛、球花石斛、紫皮石斛、晶帽石斛、细叶石斛、麝香石斛、喇叭唇石斛、鼓槌石斛、叠鞘石斛、长距石斛、蜻蜓石斛、景洪石斛、黄喉石斛、长苏石斛、玫瑰石斛、紫菟石斛、金钗石斛、尖刀唇石斛、小黄花石斛、翅梗石斛、杯鞘石斛、大苞鞘石斛、棒节石斛
42	5,7,3',5'-四羟基黄烷酮 5,7,3',5'-tetrahydroxy-dihydroflavone	铁皮石斛、棒节石斛
43	二氢毛蕊花素 dihydrotricetin	铁皮石斛
44	圣草酚 eriodictyol	铁皮石斛
45	柚皮素-7-O-阿拉伯糖苷 naringenin-7-O-arabinoside	霍山石斛、铁皮石斛
46	新甘草苷 neoliquiritin	紫皮石斛
47	二氢苜蓿素-7-O-β-D-葡萄糖苷 dihydrotricetin-7-O-β-D-glucopyranoside	大苞鞘石斛
48	二氢苜蓿素-4-O-D-葡萄糖苷 dihydrotricetin-4-O-D-glucopyranoside	大苞鞘石斛
49	二氢苜蓿素-4'-O-D-吡喃葡萄糖苷 dihydrotricetin-4'-O-D-glucopyranoside	大苞鞘石斛
50	3',4',5'-三甲氧基黄烷酮 3',4',5'-trimethoxyflavanone	大苞鞘石斛
51	二氢麦黄酮 2-hydrotricin	球花石斛、大苞鞘石斛、美花石斛
52	高圣草酚 homoeriodictyol	球花石斛、铁皮石斛、大苞鞘石斛、密花石斛
53	安告佛醇 angophorol	晶帽石斛
54	橙皮素(3',5,7-三羟基-4'-甲氧基黄烷酮) hesperetin	晶帽石斛、霍山石斛、铁皮石斛
55	4',5,7-三羟基-6-甲氧基黄烷酮 4',5,7-trihydroxy-6-methoxyflavanone	晶帽石斛
56	红花素 carthamine	尖刀唇石斛
57	5,4'-二羟基-7,3',5'-三甲氧基黄烷酮 5,4'-dihydroxy-7,3',5'-trimethoxyflavanone	美花石斛
58	橙皮苷 hesperidin	报春石斛
59	艾纳香素(5,3',5'-三羟基-7-甲氧基黄烷酮) blumeatin	报春石斛
60	5,7,4'-三羟基-3',5'-二甲氧基二氢黄酮 5,7,4'-trihydroxy-3',5'-dimethoxyflavanone	大苞鞘石斛

和高圣草酚。李燕等<sup>[44-45]</sup>研究铁皮石斛的化学成分,分离出了柚皮素和5,7,3',5'-四羟基黄烷酮,并检测出5,7,3',5'-四羟基黄烷酮具有抗氧化活性。

钟伟萍等<sup>[46]</sup>还发现铁皮石斛中柚皮素含量较高且铁皮石斛中的柚皮素含量季节性变化明显。周桂芬等<sup>[47]</sup>运用高效液相色谱法测定铁皮石斛中柚皮素的含量,发现随着生长年限的增加柚皮素的含量先增加后降低,3年生铁皮石斛中柚皮素的含量最高。孟海涛<sup>[48]</sup>发现铁皮石斛的柚皮素含量,在2月份或3月份升至最高点,后在秋冬季节降低至谷点。石斛中的总黄酮含量趋势和柚皮素含量趋势相似。孙恒等<sup>[49]</sup>利用红外光谱结合化学计量学,得出总黄酮含量随时间变化,趋势呈现先

升高后降低,6~8月样品含量较高,平均质量分数>64.10 mg·g<sup>-1</sup>。石斛中的黄酮含量除了与时间相关,还受地理因素影响,田红怡等<sup>[50]</sup>发现,在一定区间内的海拔高度与金钗石斛次生代谢产物黄酮的积累呈负相关。

柚皮素的功效较为广泛。具有抗菌、抗炎、清除自由基、抗氧化、止咳祛痰、降血脂、抗癌抗肿瘤、解痉和利胆、预防和治疗肝病、抑制血小板凝集、抗粥样动脉硬化等作用,可被广泛地应用于医药、食品等领域<sup>[13]</sup>。

除了铁皮石斛以外,大苞鞘石斛、尖刀唇石斛和晶帽石斛中黄烷酮的成分也较多。2017年,张聪<sup>[51]</sup>从大苞鞘石斛中分离得到了3',4',5'-三甲氧基黄烷酮、高圣草素。范卫卫<sup>[21]</sup>对大苞鞘石斛分离

提纯,鉴定了3个以二氢苜蓿素为苷元的黄酮化合物。此外,一些研究还从大苞鞘石斛中分离鉴定出了高圣草酚、3',4',5'-三甲氧基黄烷酮、二氢麦黄酮等黄酮化合物<sup>[52-53]</sup>。2017年,杨丹等<sup>[54]</sup>利用硅胶、凝胶、小孔树脂(聚苯乙烯基的反相树脂填料)、中压制备色谱/MPLC和高效液相半制备色谱等方法,对晶帽石斛进行了化学成分研究,从中分离鉴定出安告佛醇、3',5,7-三羟基-4'-甲氧基黄烷酮和

4',5,7-三羟基-6-甲氧基黄烷酮。2019年,杨晓蓓等<sup>[55]</sup>研究了尖刀唇石斛中的化学成分及其抗炎、抗氧化活性,首次从石斛属植物中提取出了红花素。

**1.2.3 黄酮醇类** 黄酮醇类指具有2-苯基色原酮-3-醇的衍生物。石斛中黄酮醇类化合物共15个,见表3。石斛属的黄酮醇类常见的以山柰酚、槲皮素为苷元的糖苷分别有5个,7个。含有该类化合物的石斛有15种。

表3 石斛属不同种类的黄酮醇类化合物

Table 3 Flavonols compound of different species in *Dendrobium*

化合物	名称	来源
61	芦丁 rutin	铁皮石斛、紫皮石斛
62	槲皮素 quercetin	铁皮石斛、鼓槌石斛、紫菀石斛、苏瓣石斛、细茎石斛、黄喉石斛、球花石斛、小黄花石斛、景洪石斛
63	异鼠李素 isorhamnetin	铁皮石斛
64	金丝桃苷 hyperoside	铁皮石斛
65	槲皮素-3-O-葡萄糖苷 quercetin-3-O-glucoside	霍山石斛、铁皮石斛
66	槲皮素-3-O-阿拉伯糖苷 quercetin-3-O-arabinoside	霍山石斛、铁皮石斛
67	3,5-二羟基黄酮-7-O-葡萄糖醛酸苷 3,5-dihydroxyflavone-7-O-glucuronopyranoside	紫皮石斛
68	山柰酚-3-O-芸香糖苷 kaempferol-3-O-rutinoside	紫皮石斛、短棒石斛
69	山柰酚-7-O-芸香糖苷 kaempferol-7-O-rutinoside	紫皮石斛
70	槲皮素-3-O-芸香糖苷-7-O-葡萄糖苷 quercetin-3-O-rutinoside-7-O-glucoside	紫皮石斛
71	槲皮素-7-O-芸香糖苷 quercetin-7-O-rutinoside	紫皮石斛
72	山柰酚 kaempferol	叠鞘石斛、晶帽石斛
73	槲皮素-3-O- $\alpha$ -L-鼠李糖-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-木糖 quercetin-3-O- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-xylopyranoside	短棒石斛
74	山柰酚-3-O- $\alpha$ -L-鼠李糖-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-木糖 kaempferol-3-O- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-xylopyranoside	短棒石斛
75	槲皮素-3-O- $\beta$ -D-芸香糖苷 quercetin-3-O- $\beta$ -D-rutinoside	大苞鞘石斛

近期研究发现,铁皮石斛和紫皮石斛中的黄酮醇种类最多,其中槲皮素在石斛中较为普遍。铁皮石斛中含有较多以槲皮素为苷元的糖苷,2019年,贡小辉<sup>[56]</sup>在对铁皮石斛与霍山石斛化学成分及抗氧化活性初步研究中,分离鉴定出槲皮素-3-O-葡萄糖苷、槲皮素-3-O-阿拉伯糖苷。除此之外,2018年,罗阳<sup>[40]</sup>利用反相高效液相色谱法,得出鼓槌石斛和小黄花石斛中槲皮素含量较高,质量分数达0.0021%。槲皮素可通过抗脂质过氧化、清除活性自由基、对体内酶等作用发挥抗氧化活性。芦丁以槲皮素为苷元,有维生素P样作用,能降低血管脆性及异常的通透性,可用作防治高血压及动脉硬化的辅助治疗剂<sup>[51]</sup>。

2006年,YANG等<sup>[57]</sup>还从叠鞘石斛中分离提取

出山柰酚。2012年,PHECHRMEEKHA等<sup>[58]</sup>在短棒石斛中分离鉴定出了3个黄酮醇类化合物,包括山柰酚-3-O- $\alpha$ -L-鼠李糖-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-木糖、槲皮素-3-O- $\alpha$ -L-鼠李糖-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-木糖、山柰酚-3-O-芸香糖苷,其中槲皮素-3-O- $\alpha$ -L-鼠李糖-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-木糖是首次从棒节石斛中提取出。

**1.2.4 二氢黄酮醇类** 二氢黄酮醇类是指具有2-苯基-2,3-二氢色原酮-3-醇母核。仅在铁皮石斛中分离鉴定出3个二氢黄酮醇类化合物,分别为紫杉叶醇、二氢杨梅素、二氢山柰酚<sup>[14]</sup>。

**1.2.5 花色素类** 花色素又称花青素,石斛属植物仅在铁皮石斛中分离得到。林江波等<sup>[14]</sup>在分析铁皮石斛黄酮的生物合成途径及相关基因中,发现了天竺葵素、矢车菊素、飞燕草素、无色矢车菊素、无

色飞燕草素(5个花色素。花色素具有一定的抗氧化作用。

**1.2.6 查耳酮类** 查耳酮类骨架是黄烷酮的C环开环形成的。石斛中的查耳酮包括5个成分,见表4。

表4 石斛属不同种类的查耳酮类化合物

Table 4 Chalcone compound of different species in *Dendrobium*

化合物	名称	来源
84	柚皮素查耳酮 naringenin chalcone	铁皮石斛
85	2',3,4,4',6'-五羟基查耳酮 2',3,4,4',6'-pentahydroxy-chalcone	铁皮石斛
86	4,2',4',6'-四羟基-3-甲氧基查耳酮 4,2',4',6'-tetrahydroxy-3-methoxy-chalcone	铁皮石斛
87	2',4'-二羟基查耳酮 2',4'-dihydroxy-chalcone	华石斛
88	异甘草素 isoliquiritigenin	叉唇石斛

**1.2.7 紫檀素类** 石斛植物中的紫檀素类化合物,仅有美迪紫檀素一种。秦泽敏等<sup>[59]</sup>对叉唇石斛化学成分进行研究,分离鉴定出了(6aR, 11aR)-medicarpin。

## 2 石斛黄酮活性

石斛的茎是名贵的中药材,在《道藏》中更是被列为“中华九大仙草之首”,素有“药中黄金”之美称,具有生津益胃,滋阴清热,延年益寿,增强免疫力之功效。《神农本草经》记载石斛:“味甘,平。主伤中,除痹,下气,补五脏虚劳羸弱,强阴,久服厚肠胃”<sup>[61]</sup>。天然存在的黄酮功效多样,具有抗氧化性、降血糖、促进伤口愈合等多种作用,石斛中的黄酮成分同样具有多种活性作用。

研究表明,铁皮石斛花中的黄酮活性成分具有抗氧化性。缪园欣等<sup>[62]</sup>发现铁皮石斛花中总黄酮,对1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH),OH有明显的清除作用,当质量浓度达10 g·L<sup>-1</sup>时,其清除率分别为89.77%,80.01%。张四杰等<sup>[63]</sup>研究表明,铁皮石斛花提取液清除3种自由基的能力都与花色苷含量呈显著正相关,花色苷类成分是铁皮石斛花中主要的抗氧化物质。

铁皮石斛叶中黄酮成分也具有较强的抗氧化性<sup>[64]</sup>。高海立等<sup>[65]</sup>研究铁皮石斛叶抗氧化性,发现叶总黄酮抗氧化活性具有浓度依赖性,清除DPPH, 2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸(ABTS<sup>+</sup>)和Fe<sup>2+</sup>的半数抑制浓度(IC<sub>50</sub>)分别为0.112 3, 0.784 5, 0.643 4 g·L<sup>-1</sup>,叶总黄酮对DPPH的清除能力最强,具有较强的提供氢原子的能力。

李芳等<sup>[66]</sup>测定了黄酮的DPPH自由基清除率, ABTS自由基清除率及超氧阴离子清除率,发现铁皮石斛茎、叶、花中黄酮成分具有较高抗氧化活性,

在铁皮石斛等3种石斛中发现,铁皮石斛有3个查耳酮类成分,叉唇石斛有1个查耳酮类成分<sup>[59]</sup>。2017年,谭彩银等<sup>[60]</sup>在对华石斛采用多种柱色谱技术,从其全草中分离出2',4'-二羟基查耳酮。

尤其是铁皮石斛花中的黄酮。邵尉<sup>[67]</sup>也发现铁皮石斛茎、叶、花抗氧化活性较高,其中黄酮成分的抗氧化活性高于多糖。

其他石斛中的黄酮活性成分同样具有抗氧化性。高华山等<sup>[68]</sup>发现金钗石斛总黄酮对ABTS, DPPH等自由基有较好的清除效果,与提取液质量浓度成正比,抗氧化性较强。王彦兵等<sup>[69]</sup>研究鼓槌石斛体外抗氧化活性,花中黄酮对DPPH自由基、羟自由基清除能力,优于2,6-二叔丁基对甲酚,弱于L-抗坏血酸。

石斛黄酮的功效不只局限于抗氧化性。罗颖懿等<sup>[70]</sup>发现铁皮石斛中新西兰牡荆苷II,能有效抑制HepG2细胞增殖。金钗石斛叶中总黄酮具有抑制β-淀粉样蛋白(Aβ)<sub>42</sub>聚集及螯合金属离子的能力,有一定的体外抗阿尔茨海默病活性<sup>[71]</sup>。姜一鸣<sup>[72]</sup>发现,铁皮石斛黄酮化合物,能恢复小鼠运动后免疫功能。此外,还有研究以铁皮石斛花和乌龙茶开发固体饮料,研究工艺流程和条件,产品感官特性优良,黄酮化合物均显著高于乌龙茶<sup>[73]</sup>。

## 3 讨论与展望

随着石斛种类的成分与药理研究的不断深入,除多糖、生物碱、倍半萜等药理活性成分外,进一步发现石斛中黄酮成分广泛存在,种类丰富。本文在34种石斛属植物中发现了89个黄酮成分。在多糖含量高、药用价值大的铁皮石斛、霍山石斛、紫皮石斛中,富含黄酮。其中铁皮石斛最多,含有39个黄酮活性成分;霍山石斛中含有大量以芹菜素为苷元的黄酮活性成分;紫皮石斛中,含有多数以山柰酚和槲皮素为苷元的黄酮活性成分。

黄酮是我国茶叶、黄芪、银杏、山楂、沙棘等保健或药用植物的重要活性成分,具有较强的药理价

值。黄酮可抑制络氨酸酶,有促进皮肤新陈代谢、减少色素沉着的美白功效<sup>[74]</sup>。和石斛多糖相比较,黄酮成分的药理功能具有很强的抑制活性氧、减少自由基作用,有增强免疫之功效。

多种石斛中广泛存在的黄酮成分,有柚皮素、圣高草酚、槲皮素和芦丁等,通常柚皮素的含量最高。石斛黄酮中的山柰酚、槲皮素、木犀草素等均具有抗氧化作用<sup>[6]</sup>,芦丁、槲皮素、葛根素等均有明显的扩冠作用,可用于冠心病治疗并已用于临床。重视石斛植物中的黄酮化合物,探究不同石斛种类、茎叶花的黄酮含量、功效,探究中药石斛黄酮、生物碱、多糖的功能差异,以及黄酮活性成分的功效和机制,具有广阔的研究价值和市场前景。

#### [参考文献]

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:94.

[2] WOOD J J. *Dendrobium* of Borneo [M]. New York: Natu Hist P, 2014.

[3] 包雪声, 顺庆生, 陈立钻. 中国药用石斛彩色图谱 [M]. 上海:复旦大学出版社,2001.

[4] YAU L, BUN N T, MING Y R, et al. Evaluation of chemical constituents and important mechanism of pharmacological biology in *Dendrobium* plants [J]. *Evid Based Compl Alternat Med*, 2015, doi: 10.1155/2015/841752.

[5] XU J, HAN Q B, LI S L, et al. Chemistry, bioactivity and quality control of *Dendrobium*, a commonly used tonic herb in traditional Chinese medicine [J]. *Phytochem Rev*, 2013, 12(2):341-367.

[6] 汪蒙蒙, 季兆洁, 甘江华, 等. 霍山石斛的抗炎作用 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2019, 25(20):76-81.

[7] WU C F, GUI S H, HUANG Y C, et al. Characteristic fingerprint analysis of *Dendrobium huoshanense* by ultra-high performance liquid chromatography-electrospray ionization-tandem mass spectrometry [J]. *Anal Meth*, 2016, 8(18):3802-3808

[8] 周楚娟, 任晋, 张俊仪, 等. 美花石斛 HPLC 特征图谱研究及其与水煎液相关性分析 [J]. *中药新药与临床药理*, 2017, 28(5):663-667.

[9] 袁亚男, 陈承瑜, 杨滨, 等. 31种黄酮、酚酸类化合物和10种中药清除 DPPH 能力考察 [J]. *中国中药杂志*, 2009, 34(13):1695-1700.

[10] XIAO J, CAPANOGLU E, JASSBI A R, et al. Advanced on the flavonoid C-glycosides and health benefits [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2016, 56(Sup 1): S29-S45.

[11] 张帮磊, 杨豪男, 沈晓静, 等. 铁皮石斛化学成分及其

药理功效研究进展 [J]. *临床医用文献电子杂志*, 2019, 6(54):3-8.

[12] 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.

[13] 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.

[14] 林江波, 王伟英, 邹晖, 等. 基于转录组测序的铁皮石斛黄酮代谢途径及相关基因解析 [J]. *福建农业学报*, 2019, 34(9):1019-1025.

[15] 黎晶晶, 李琳, 徐柏颐. 一测多评法测定铁皮石斛黄酮类共有成分 [J]. *浙江农业科学*, 2016, 57(9):1497-1500.

[16] 陈晓梅, 王芳菲, 王云强, 等. 基于柚皮素、联苜和多糖分析的珍贵药用植物铁皮石斛鉴别分析 [J]. *中国科学:生命科学*, 2012, 42(12):1002-1009.

[17] 沈妍, 周志宏, 杨耀文, 等. 齿瓣石斛化学成分的研究 [J]. *天然产物研究与开发*, 2012, 24(3):339-341.

[18] ZHOU C H, LUO Y Y, LEI Z X, et al. UHPLC-ESI-MS analysis of purified flavonoids fraction from stem of *Dendrobium denneaum* Paxt. and its preliminary study in inducing apoptosis of HepG2 cells [J]. *Evid Based Comp Alter Med*, 2018, doi: 10.1155/2018/8936307.

[19] 廖娴, 谢镇山, 梁芷韵, 等. 齿瓣石斛中5种黄酮苷类成分的含量测定 [J]. *中药材*, 2018, 41(12):2863-2865.

[20] LIANG Z Y, ZHANG J Y, HYANG Y C, et al. Identification of flavonoids in *Dendrobium huoshanense* and comparison with those in allied species of *Dendrobium* by TLC, HPLC and HPLC coupled with electrospray ionization multi-stage tandem MS analyses [J]. *J Sep Sci*, 2019, 42(5):1088-1104.

[21] 范卫卫. 四种石斛的化学成分及生物活性研究 [D]. 北京:中国科学院大学, 2013.

[22] CHANG C C, KU A F, TSENG Y Y, et al. 6, 8-Di-c-glycosyl flavonoids from *Dendrobium huoshanense* [J]. *J Nat Prod*, 2010, 73(2):229-232.

[23] 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, 1155.

[24] 魏刚, 顺庆生, 戴亚峰, 等. 霍山石斛 HPLC 特征图谱研究 [J]. *中成药*, 2014, 36(12):2642-2644.

[25] 杨丽娥, 叶家宏, 周楚娟, 等. HPLC 法测定霍山石斛中夏佛塔苷、异夏佛塔苷的含量 [J]. *广州中医药大学学报*, 2019, 36(9):1431-1437.

[26] 章金辉, 王再花, 李杰, 等. 大苞鞘石斛与铁皮石斛主要活性成分比较分析 [J]. *热带作物学报*, 2015, 36

- (12):2192-2197.
- [27] CHEN Y P, LI Y P, ZHANG Z, et al. Chemical constituents from the flowers of *Dendrobium thrysiflorum* [J]. J Kunming Med Univ, 2016, 37(1): 5-7.
- [28] 张光浓,张朝凤,王峥涛,等. 球花石斛的化学成分研究(1)[J]. 中国天然药物,2004,2(2):78-81.
- [29] 邵莉,黄卫华,张朝凤,等. 兜唇石斛的化学成分研究[J]. 中国中药杂志,2008,33(14):1693-1695.
- [30] 赵昕,张朝凤,张勉,等. 玫瑰石斛中的非生物碱类成分研究[J]. 药学与临床研究,2011,19(2):136-138.
- [31] 王敏,张朝凤,王峥涛,等. 杯鞘石斛化学成分研究[J]. 中国中药杂志,2007,32(8):701-703.
- [32] 高巍,杨柳,李慧慧,等. 杯鞘石斛的化学成分研究[J]. 中国现代中药,2015,17(4):311-314.
- [33] 李雪文,陈慧萍,何伟波,等. 环草石斛多酚成份及其生物活性[J]. 中山大学学报:自然科学版,2019,58(2):96-102.
- [34] 杨天友,杨文明,杨业勤,等. 梵净山石斛营养成分分析与评价[J]. 食品工业,2020,41(7):344-348.
- [35] 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.
- [36] 周桂芬,吕圭源. 基于高效液相色谱-二极管阵列光谱检测-电喷雾离子化质谱联用鉴定铁皮石斛叶中8种黄酮碳苷化合物及裂解规律研究[J]. 中国药学杂志,2012,47(1):13-18.
- [37] LIU Y, JIANG J H, ZHANG Y, et al. Chemical constituents of *Dendrobium aurantiacum* var. *denneanum* [J]. Chem Nat Comp, 2009, 45 (4) : 525-527.
- [38] 李小红. 广藿香和叠鞘石斛的化学成分研究[D]. 成都:成都中医药大学,2015.
- [39] 杨丹. 三种石斛的化学成分及活性研究[D]. 昆明:云南大学,2015.
- [40] 罗阳. 川滇地区21种石斛植物资源评价[D]. 成都:四川农业大学,2018.
- [41] 孟志霞,董海玲,王春兰,等. 齿瓣石斛化学成分研究[J]. 中国药学杂志,2013,48(11):855-859.
- [42] 王磊,张朝凤,王峥涛,等. 晶帽石斛化学成分的研究[J]. 中国中药杂志,2008,33(15):1847-1848.
- [43] FAN C Q, WANG W, WANG Y P, et al. Chemical constituents from *Dendrobium densiflorum* [J]. Phytochemistry, 2001, 57(8):1255-1258.
- [44] 李燕,王春兰,王芳菲,等. 铁皮石斛中的酚酸类及二氢黄酮类成分[J]. 中国药学杂志,2010,45(13):975-979.
- [45] 李燕. 铁皮石斛化学成分的研究[D]. 北京:中国协和医科大学,2009.
- [46] 钟伟萍,罗阳,陈懿瑶,等. 基于两种主成分分析方法分析石斛化学成分差异[J]. 天然产物研究与开发, 2018,30(12):2049-2055.
- [47] 周桂芬,陈素红,吕圭源,等. 高效液相色谱法测定铁皮石斛中柚皮素的含量[J]. 中国中药杂志,2013,38(4):520-523.
- [48] 孟海涛. 安徽霍山产三种石斛HPLC化学指纹研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2015.
- [49] 孙恒,金航,胡强,等. 红外光谱结合化学计量学快速预测铁皮石斛中总黄酮含量[J]. 光谱学与光谱分析,2018,38(6):1702-1707.
- [50] 田红怡,淳泽,王刚,等. 生态因子与金钗石斛生理及有效成分的相关性研究[J]. 中药材,2020,43(3):558-563.
- [51] 张聪. 大苞鞘石斛的化学成分研究及12种石斛的毛兰素含量测定[D]. 合肥:安徽中医药大学,2017.
- [52] 李安华,周志宏,沈妍,等. 大苞鞘石斛化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发,2012,24(4):479-480.
- [53] 袁明焱. 山竹果壳与大苞鞘石斛的活性成分研究[D]. 合肥:安徽中医药大学,2018.
- [54] 杨丹,程忠泉,丁中涛,等. 晶帽石斛的化学成分研究[J]. 广西植物,2017,37(9):1182-1186.
- [55] 杨晓蓓,颜莎,胡江苗,等. 尖刀唇石斛化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发,2019,31(10):1745-1752.
- [56] 贡小辉. 霍山石斛与霍山产铁皮石斛化学成分及抗氧化活性初步研究[D]. 南京:江苏大学,2019.
- [57] YANG L, WANG Z, XU L. Phenols and a triterpene from *Dendrobium aurantiacum* var. *denneanum* (Orchidaceae) [J]. Bioch Syst Ecol, 2006, 34 (8) : 658-660.
- [58] PHECHRMEEKHA T, SRITULARAK B, LIKHITWITAYAWUID K. New phenolic compounds from *Dendrobium capillipes* and *Dendrobium secundum* [J]. J Asian Nat Prod Res, 2012, 14 (8) , 748-754.
- [59] 秦泽敏,朱秀英,付欢,等. 叉唇石斛的化学成分研究[J]. 中国民族民间医药杂志,2019,28(2):19-22.
- [60] 谭彩银,梅文莉,赵友兴,等. 华石斛化学成分研究[J]. 热带亚热带植物学报,2017,25(2):189-194.
- [61] 丁小余,张卫明,王峥涛,徐璐珊,等. 石斛属民族药用植物的分类及生药学研究[J]. 中国医学生物技术应用,2003(1):1-14.
- [62] 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.
- [63] 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(8):2025-2031.
- [64] ZHANG Y, ZHANG L H, LIU J J, et al. *Dendrobium officinale* leaves as a new antioxidant source [J]. J Funct Foods, 2017, 37:400-415.

- [65] 高海立,郁吉锋,黄路瑶,等. 铁皮石斛叶总黄酮的大孔树脂纯化工艺及抗氧化活性[J]. 浙江理工大学学报:自然科学版,2019,41(3):380-386.
- [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.
- [67] 邵尉. 铁皮石斛含量检测及其茎、叶、花多糖和黄酮类成分抗氧化活性研究[D]. 济南:山东中医药大学,2018.
- [68] 高华山,陈明辉,齐光,等. 金钗石斛总黄酮提取工艺优化及抗氧化活性[J]. 江苏农业科学,2019,47(24):194-199.
- [69] 王彦兵,黄家卫,李国明,等. 响应面优化鼓槌石斛花总黄酮提取工艺及其体外抗氧化活性[J]. 福建农业学报,2019,34(6):730-738.
- [70] 罗颖懿,李运容,雷青熙,等. 铁皮石斛共性黄酮类成分新西兰牡荆苷II的体外抗氧化与诱导HepG2细胞凋亡的作用[J]. 中国实验方剂学杂志,2019,25(1):43-50.
- [71] 李艳萍,李海燕,纪晓婉,等. 金钗石斛叶中总黄酮的提取分离及体外抗阿尔茨海默病活性研究[J]. 中国药房,2018,29(3):330-333.
- [72] 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.
- [73] 刘倩葶,刘琨毅,李崇萍,等. 铁皮石斛花固体饮料工艺初探及功能性物质鉴定[J]. 美食研究,2020,37(2):70-76.
- [74] 王雪,乔博,张健鑫,等. 黄酮类化合物的应用研究进展[J]. 中国食品添加剂,2020,31(4):159-163.

[责任编辑 顾雪竹]

·书讯·

## 中药学专业化学实验的教育教学发展 ——评《药物化学合成实验》

医药行业相关科学技术近几年发展迅速,社会对创新应用型的药学专业人才求贤若渴。各大高等院校加大了中医药专业人才的培养力度,力图能够适应和满足社会发展的综合型人才。化学实验教学正是为了实现这一目标而开设的重要课程。有机化学实验课程作为中医药院校药理学、制药工程、药物制剂等相关专业的课程,其特点为应用范围广、实践性较强。化学实验课程能够与其他药学专业相互融合,对药学专业人才的综合素质和实践技能的培养有重要意义。目前我国大多数中医药高等学校已经同步对中药学及药学专业本科学员展开招生,随着各大院校办学条件的提升及实验室的逐渐完善,为培养具有中医药特色又具有现代药学思维的创新应用型人才,北京科学技术出版社于2017年出版了《药物化学合成实验》,全书共分为四章,主要内容包含:实验室基础安全知识、基本分离与纯化技术、药物合成技术及基础操作、药物制备相关实验等。

中药的化学实验课程具有较强实践性,是一门需要通过大量实验来进行学习的基础学科。作为本学科最重要的部分,中药化学课程中超过一半以上的内容为实验课。《药物化学合成实验》对化学实验课程的内容进行了总结,采用最基础的教学方法,能够让学生在学习过程中打下良好的基础,同时也培养学生的创新思维能力。本书的实验教学内容将中药化学实验和操作过程进行了规范和优化,同时也细化了实验步骤,对装置的操作进行了详细讲解,让学习过程能够更加直观容易理解。

现阶段我国的中医药院校在化学实验教学方面存在着一些问题,首先,实验内容过于简单,无法突出专业特点与难点。其次是教学方式过于单一,一些院校仍然坚持以传统的单方面输出教学方法为主。一方面个别院校的实验资源配置方面不够完善,更新不够及时,学生无法充分使用实验室来进行实验;另一方面教师更加注重学生理论知识的掌握,忽略了实验课程的重要性。最后一点,中药化学实验中涉及到大量的有毒试剂,极易挥发,学生在实验过程中必须要重视污染物的产生。如何对化学实验教学进行合理调整,改善实验环境确保学生安全,也是中医药院校在设置化学实验课时需要考虑的重要问题。

《药物化学合成实验》一书,结合实际实验操作来充分掌握实验技能,自主查阅文献和相关资料,设计实验方案来完成课题。这样的学习方式不仅能够培养学生的实践操作能力,还能够培养学生的团队合作以及自主学习能力。教师对小组提出的方案进行审核后,小组将实验方案、实验过程、实验数据、文献资料等相关内容进行汇总,以专题实验报告的形式上交,并以小组为单位对实验专题进行答辩,可以通过多媒体的形式来对本小组的专题实验内容进行汇报,教师对其进行评价后给出相应的成绩。在中药化学的教学过程中,中药化学实验课程无处不在,这也是培养中药专业人才的重要环节。通过结合《药物化学合成实验》对实验课程的内容和教学方法进行改革,学生能够在学习过程中有效巩固理论知识,并且将理论知识与实际操作联系在一起。化学实验课程更加符合中医药专业学生的发展需求,通过改革教育教学方法来培养学生的自主学习能力,让学生能够积极主动参与到实验课程中来。学生根据《药物化学合成实验》设计实验方案、准备实验器材、进行实验操作,最后对实验进行总结,能够达到极好的教学效果。

《药物化学合成实验》作为中药化学实验课程的教材,适用于相关专业学生的化学实验课教学,也可作为相关专业在职人员的参考资料来使用。

(作者侯霞,河北北方学院附属第一医院,河北保定 075000)