

铁皮石斛不同花期及花朵不同部位活性组分分析

辛小雪¹, 王雪香¹, 李明宇¹, 郭红艳², 王晓洁², 苏钛³, 徐萍⁴, 程瑾¹

(1. 北京林业大学 生物科学与技术学院 花卉种质创新与分子育种北京市重点实验室, 北京 100083;
2. 国家林业和草原局 野生动植物保护与自然保护区管理司, 北京 100714; 3. 云南省药物研究所, 云南
昆明 650111; 4. 北京延庆区果品服务中心, 北京 102100)

摘要: 铁皮石斛 *Dendrobium officinale* 花中含有丰富的活性成分, 具有重要的开发价值, 其中花的采收期和采收部位是影响铁皮石斛花类产品质量的关键因素。以铁皮石斛花苞期、微开期、盛花期全花以及盛花期花的花被、合蕊柱、子房的烘干样品为实验材料, 采用苯酚-硫酸法、亚硝酸钠-硝酸铝-氢氧化钠法及福林酚法, 探讨了不同花期铁皮石斛花及盛花期花朵不同部位多糖、总黄酮及总酚质量分数的差异, 进而确定了铁皮石斛花的最佳采收期和最佳采收部位。结果表明: ①不同花期中盛花期铁皮石斛花中多糖质量分数($61.5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)与微开期($55.3 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)及花苞期($45.6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)花中多糖质量分数具有显著差异($P < 0.05$); 微开期花中总黄酮质量分数($17.4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)显著低于花苞期($19.9 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)和盛花期($19.2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)($P < 0.05$); 盛花期花中总酚质量分数($22.2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)显著高于微开期($19.6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)及花苞期($18.5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)($P < 0.05$)。②整体而言, 盛花期不同部位中花被相应活性组分即多糖、总黄酮、总酚质量分数显著高于合蕊柱及子房, 分别为 64.5, 24.2 及 $26.5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ($P < 0.05$)。因此从活性组分质量分数方面考虑, 盛花期可作为铁皮石斛花采收的最佳时期, 花被是最有开发与利用价值的部位。图 1 表 2 参 31

关键词: 中草药学; 铁皮石斛; 花期; 花部位; 活性组分

中图分类号: S567.9 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2019)01-0200-06

Active components of flowers in different flowering stages and floral structures of *Dendrobium officinale*

XIN Xiaoxue¹, WANG Xuexiang¹, LI Mingyu¹, GUO Hongyan², WANG Xiaojie², SU Tai³, XU Ping⁴, CHENG Jin¹

(1. Beijing Key Laboratory of Ornamental Plants Germplasm Innovation Molecular Breeding, College of Biological Sciences and Biotechnology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Department of Wildlife Conservation and Nature Reserve Management of National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100714, China; 3. Yunnan Institute of Material Medical, Kunming 650111, Yunnan, China; 4. Beijing Fruit Service Center in Yanqing District, Beijing 102100, China)

Abstract: The flower of *Dendrobium officinale* has important development value for its rich active ingredients. The harvest time and the harvest parts are the key factors that influence the quality of *D. officinale* flower products. The contents of polysaccharides, total flavonoids and total phenols of dried materials at different flowering stages (bud stage, slightly flowering stage, and flourishing flowering stage) and different parts (perianth, gynostemium, and ovary of flower at flourishing flowering stage) were measured by the methods called phenol-sulfuric acid method, $\text{NaNO}_2\text{-Al}(\text{NO}_3)_3\text{-NaOH}$ method and Folin-Cioealteau method, and the optimum harvest time and the best harvest parts of *D. officinale* flower were determined. Results showed that (1) For the different flowering stages, the polysaccharides content in the flourishing flowering stage ($61.5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) differed sig-

收稿日期: 2018-02-01; 修回日期: 2018-05-28

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2016ZCQ02, 2017PT05); 国家林业和草原局野生植物保护管理项目(20160401); 广西重点研发计划项目(桂科 AB16380061)

作者简介: 辛小雪, 从事植物系统进化、次生代谢产物调控研究。E-mail: xinxiaoxue0910@163.com。通信作者: 程瑾, 副教授, 从事植物系统进化、次生代谢产物调控研究。E-mail: chengjin@bjfu.edu.cn

nificantly from those in the slightly flowering stage ($55.3 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) and the bud stage ($45.6 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) ($P<0.05$). The content of total flavonoids in the slightly flowering stage ($17.4 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) was significantly lower than the bud stage ($19.9 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) and the flourishing flowering stage ($19.2 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) ($P<0.05$). The content of total phenols in the flourishing flowering stage ($22.2 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) was significantly higher than the slightly flowering stage ($19.6 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) and the bud stage ($18.5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) ($P<0.05$). (2) On the whole, detection of active components in different floral structures at the flourishing flowering stage showed that the contents of polysaccharides ($64.5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$), total flavonoids ($24.2 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) and total phenols ($26.5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) of perianth were significantly higher than those of gynostemium and ovary, respectively ($P<0.05$). Consequently, in terms of contents of active components of the *D. officinale* flower, the flourishing flowering stage was considered as the best harvest time and the perianth was the most valuable part. [Ch, 1 fig. 2 tab. 31 ref.]

Key words: Chinese herbology; *Dendrobium officinale*; flowering stage; floral structure; active component

石斛属 *Dendrobium* 为兰科 Orchidaceae 多年生草本附生植物, 全世界有 1 500 ~ 2 000 种, 广泛分布于亚洲热带、亚热带地区以及大洋洲^[1-2]。在中国, 石斛属植物主要分布于华南、西南和华东地区, 常用的药用栽培石斛有 30 余种^[3-4]。其中铁皮石斛 *Dendrobium officinale* 作为药用价值较高的一种, 因具有益胃生津、滋阴清热的功效, 其新鲜或干燥茎被单列收载于 2015 版《中华人民共和国药典》中, 以区别于其他药用石斛^[5]。现代研究表明, 铁皮石斛在提高免疫力, 抗肿瘤, 降血糖血压, 抗疲劳, 促消化, 抗肝损伤等方面有显著功效^[6-8]。近年来, 铁皮石斛的人工繁育和培植技术取得了一系列的进展^[9-10], 并在云南、浙江、安徽、福建、广西、贵州等地开展了规范化人工大棚栽培和生态化的仿野生种植, 其栽培品已成为与野生铁皮石斛药用成分指标相近的绝佳替代品。铁皮石斛常以茎入药, 其主要功能成分为多糖、黄酮类、酚类、联苄类、菲类、氨基酸、矿质元素等^[11-14]。其中多糖是铁皮石斛重要的功能活性物质, 酚类和黄酮类化合物含量也被认为与自由基清除能力有显著相关性, 具有抗氧化, 抗肿瘤的药理活性^[15-17]。随着铁皮石斛多样性产品的开发, 铁皮石斛花因具有与茎相似的多糖、黄酮类、有机酸类和萜类等资源性成分和功效而逐渐被关注^[18-20]。但相关研究多限于花中单一活性成分的提取或水提物的功能鉴定, 对花中主要化学成分的积累及分布研究相对较少, 使铁皮石斛花产品停留在初加工水平, 造成了资源浪费。本研究通过对铁皮石斛花苞期、微开期及盛花期 3 个不同花期及盛花期花被、合蕊柱和子房 3 个不同花部位的多糖、总黄酮、总酚质量分数的研究, 旨在探讨铁皮石斛花的活性成分组成, 确定铁皮石斛花的最佳采收期及最佳采收部位, 进一步优化铁皮石斛花产品的精加工工艺。

1 材料与方法

1.1 植物材料

铁皮石斛花样品采自广西乐业县雅长兰科植物国家级自然保护区铁皮石斛种植基地, 分别采集处于花苞期、微开期、盛花期的铁皮石斛花鲜品, 以及盛花期铁皮石斛花被、合蕊柱和子房 3 个部位的鲜品。所有鲜品均于 80°C 干燥箱中干燥 4 h 后得干燥样品, 铁皮石斛不同花期及盛花期不同花部位的干燥样品经粉碎后过 60 目筛, 得各处理待测样品。

1.2 试剂与仪器

1.2.1 实验试剂 D-无水葡萄糖(上海源叶生物科技有限公司); 芦丁(北京索莱宝科技有限公司); 没食子酸、硝酸铝(国药集团化学试剂有限公司); 无水乙醇、亚硝酸钠、碳酸钠、浓硫酸(北京化工厂); 氢氧化钠(西陇科学股份有限公司); 苯酚[赛默飞世尔科技(中国)有限公司]。其中 D-无水葡萄糖、芦丁为色谱纯, 其余为分析纯。

1.2.2 实验仪器 电子分析天平 ML 104(梅特勒-托利多仪器有限公司); 恒温水浴锅 DZKW-D-2(北京市永光明医疗仪器有限公司); 紫外可见分光光度计 Bio Mate 3S[赛默飞世尔科技(中国)有限公司]; 真空泵 GM-0.33A(天津市津腾实验设备有限公司); 旋转蒸发仪 IKA RV10(艾卡仪器设备有限公司); 恒温循环器 HX-1050[赛默飞世尔科技(中国)有限公司]; 超声波清洗器 KQ 5200E(昆山市超声仪器有限公司)。

1.3 实验方法

采用2015版《中华人民共和国药典》^[5]中水溶醇沉法提取花中多糖成分，苯酚-硫酸法测定多糖质量分数。参照唐静月等^[21]总黄酮测定方法，以体积分数为80%乙醇超声波法提取花中总黄酮成分，亚硝酸钠-硝酸铝-氢氧化钠法测定总黄酮质量分数。参考GB/T 31740.2-2015《茶制品第2部分：茶多酚》，以体积分数为80%乙醇超声波法提取花中总酚成分，采用福林酚法测定其总酚质量分数。

1.4 数据处理

铁皮石斛花不同花期及盛花期不同部位的多糖、总黄酮、总酚的质量分数用均值±标准差表示，并运用SPSS 17.0进行单因素方差分析(one-way ANOVA)。

2 结果与分析

2.1 铁皮石斛花不同花期及盛花期不同部位花形态特征

铁皮石斛花苞期花为绿色，花瓣完全包裹在内(图1A)；微开期花瓣微张，向内倾斜(图1B)；盛花期花完全张开，花为黄色，花各部位清晰可见(图1C)。铁皮石斛盛花期各部位解剖如图1D所示，其雌蕊和雄蕊合生特化成合蕊柱，为兰科植物所特有的结构；花萼、花瓣及唇瓣统称为花被。



图1 铁皮石斛鲜花不同花期及盛花期花解剖结构

Figure 1 *Dendrobium officinale* flower at different flowering stages and anatomic structures at flourishing flowering stage

2.2 铁皮石斛花不同花期及盛花期不同部位多糖质量分数变化

如表1和表2所示：从花苞期到微开期再到完全开放的盛花期过程中，铁皮石斛花中多糖成分逐渐积累，其中盛花期多糖质量分数为 $61.5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，显著高于花苞期和微开期；微开期为 $55.3 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，花苞期为 $45.6 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，二者无显著差异。盛花期花不同部位多糖质量分数的测定结果显示：花被中多糖质量分数最高，为 $64.5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，合蕊柱次之为 $61.2 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，二者无显著差异。子房与花被、合蕊柱的多糖质量分数具有显著差异($P < 0.05$)，仅为 $52.3 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。结果表明铁皮石斛花不同花期多糖质量分数为盛花期>微开期>花苞期；盛花期花不同部位多糖质量分数为花被>合蕊柱>子房。

2.3 铁皮石斛花不同花期及盛花期不同部位总黄酮质量分数变化

如表1和表2所示：铁皮石斛不同花期总黄酮质量分数在花苞期最高，为 $19.9 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，盛花期为 $19.2 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，二者无显著差异；微开期最低，为 $17.4 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，与花苞期和盛花期存在显著差异($P < 0.05$)。盛花期铁皮石斛花被中总黄酮质量分数最高($24.2 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$)，其次是合蕊柱，为 $14.3 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，子房最低，为 $11.4 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。因此铁皮石斛花不同花期总黄酮质量分数为花苞期>盛花期>微开期。盛花期花不同部位总黄酮质量分数为花被>合蕊柱>子房，三者差异显著。

2.4 铁皮石斛花不同花期及盛花期不同部位总酚质量分数变化

铁皮石斛花中酚类物质质量分数随花的逐渐开放而积累，盛花期花中总酚质量分数达到最大值为 $22.2 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，显著高于微开期和花苞期；微开期为 $19.6 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，花苞期最低，为 $18.5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (表1)。盛花期铁皮石斛花不同部位总酚质量分数存在显著差异($P < 0.05$)，其中花被最高，为 $26.5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，合蕊柱次之，子房最低，总酚质量分数分别是 19.2 和 $13.9 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (表2)。结果表明铁皮石斛花不同花期总酚质量分数为盛花期>微开期>花苞期；盛花期花不同部位总酚质量分数为花被>合蕊柱>子房。

表1 不同花期铁皮石斛全花多糖、总黄酮及总酚质量分数

Table 1 Contents of polysaccharides, total flavonoids and total phenols in entire flower of *Dendrobium officinale* at different flowering stages

花期	w 多糖/(mg·g ⁻¹)	w 总黄酮/(mg·g ⁻¹)	w 总酚/(mg·g ⁻¹)
花苞期	45.6 ± 3.5 b	19.9 ± 0.9 a	18.5 ± 0.8 b
微开期	55.3 ± 5.3 b	17.4 ± 1.1 b	19.6 ± 0.9 b
盛花期	61.5 ± 2.4 a	19.2 ± 0.8 a	22.2 ± 0.7 a

说明: 同列不同小写字母代表处理间在0.05水平差异显著($P<0.05$)

表2 盛花期铁皮石斛花不同部位多糖、总黄酮及总酚质量分数

Table 2 Contents of polysaccharides, total flavonoids and total phenols in different parts of *D. officinale* flower at flourishing flowering stage

花部位	w 多糖/(mg·g ⁻¹)	w 总黄酮/(mg·g ⁻¹)	w 总酚/(mg·g ⁻¹)
花被	64.5 ± 3.3 a	24.2 ± 0.6 a	26.5 ± 0.7 a
合蕊柱	61.2 ± 3.7 a	14.3 ± 0.6 b	19.2 ± 0.7 b
子房	52.3 ± 1.9 b	11.4 ± 0.5 c	13.9 ± 0.8 c

说明: 同列不同小写字母代表处理间在0.05水平差异显著($P<0.05$)

3 讨论

铁皮石斛花中多糖随花的开放而逐渐积累, 表现在盛花期花多糖质量分数显著高于微开期, 高于花苞期, 这种规律性与黄秀红等^[22]的研究结果相同。铁皮石斛花不同部位均含有一定的多糖成分, 其中花被中多糖质量分数最高。铁皮石斛花中多糖质量分数虽与茎中差异较大^[19,23], 但花中多糖的单糖组成与茎相似, 且花中多糖有非常强的DPPH自由基和ABTS自由基清除能力^[20,24]。

铁皮石斛茎、叶、花中均含有大量黄酮类化合物, 并具有清除自由基、抗氧化和降血糖等药理活性, 其中花中黄酮类化合物质量分数及抗氧化能力显著高于茎^[18,23,25-27]。本研究结果发现铁皮石斛花苞期及盛花期花中总黄酮质量分数较高, 并高于黄秀红等^[22]的测定结果, 但低于龚庆芳等^[23]的测定结果, 这可能与品种及提取方法不同有关。铁皮石斛各花期总黄酮质量分数均显著高于其他石斛花中总黄酮质量分数, 如球花石斛 *Dendrobium thyrsiflorum*, 鼓槌石斛 *D. chrysotoxum*^[22,28]。因此若以黄酮类物质作为药用产品开发, 可优先选择铁皮石斛花作为提取材料, 以花苞期或盛花期作为最佳采收期。

酚类是植物中的天然抗氧化剂, 也是铁皮石斛的药用活性成分之一, 具有较强的清除自由基和抗衰老的功效^[23,29-30]。铁皮石斛花中总酚质量分数随花的开放而逐渐积累, 盛花期最高, 花被是酚类物质的主要积累部位。有研究发现: 铁皮石斛花中总酚质量分数与茎中相近, 抗氧化作用也无较大差异^[23], 因此若以总酚作为铁皮石斛的目标产物, 花材料可作为茎的补充材料加以利用, 盛花期为花的最佳采收期, 花被为精加工产品的最佳采收部位。此外铁皮石斛花中总酚与总黄酮质量分数较高且相近, 使得铁皮石斛花具有很强的抗氧化活性, 这可能也是铁皮石斛花具有“滋阴”功效的原因之一^[31], 但花中酚类与黄酮类物质的具体活性成分还有待进一步研究。

雅长铁皮石斛2014年成为国家地理标志保护产品, 这是广西乐业县迄今为止唯一获得国家地理标志产品保护的产品。从节约生产成本及药用效益最大化的方面考虑, 建议选择盛花期作为铁皮石斛花的最佳采收期; 盛花期花被作为最佳采收部位。多糖, 黄酮类及酚类化合物是铁皮石斛花中的主要活性组分, 其中花中总黄酮及总酚质量分数较高, 可作为药用组分进一步开发研究。铁皮石斛花中活性组分含量受品种、生长地和生长周期的影响, 铁皮石斛栽培品种多, 栽植范围广, 有关铁皮石斛种源和栽培方法与其活性组分积累的关系值得开展深入研究。

4 参考文献

- [1] HOU Beiwei, LUO Jing, ZHANG Yusi, et al. Iteration expansion and regional evolution: phylogeography of *Dendrobium officinale* and four related taxa in southern China [J]. *Sci Rep*, 2017, 7: 43525 – 43537.
- [2] WOOD H P. *The Dendrobiums* [M]. Ruggell: ARG Gantner Verlag KG, 2006.
- [3] 白音, 包英华, 金家兴, 等. 我国药用石斛资源调查研究[J]. 中草药, 2006, 37(9): 1440 – 1442.
BAI Yin, BAO Yinghua, JIN Jiaxing, et al. Study on the resources of medicinal plants of *Dendrobium* Sw. in China [J]. *Chin Tradit Herbal Drugs*, 2006, 37(9): 1440 – 1442.
- [4] 邵曰凤, 胡粉青, 邹澄, 等. 石斛属植物化学成分和药理活性研究现状[J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24(S1): 152 – 157, 121.
SHAO Yuefeng, HU Fenqing, ZOU Cheng, et al. Advances on studies of chemical constituents and pharmacology of

- plants from *Dendrobium* Sw. [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2012, **24**(S1): 152 – 157, 121.
- [5] 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, 2015.
- [6] HUANG Xiaojun, NIE Shaoping, CAI Hailan, et al. Study on *Dendrobium officinale* O-acetyl-glucomannan (Dendronan): Part IV. Immunomodulatory activity in vivo [J]. *J Funct Foods*, 2015, **15**: 525 – 532.
- [7] WEI Wei, LEI Feng, BAO Wanrong, et al. Structure characterization and immunomodulating effects of polysaccharides isolated from *Dendrobium officinale* [J]. *J Agric Food Chem*, 2016, **64**(4): 881 – 889.
- [8] 吕圭源, 颜美秋, 陈素红. 铁皮石斛功效相关药理作用研究进展[J]. 中国中药杂志, 2013, **38**(4): 489 – 493.
LÜ Guiyuan, YAN Meiqiu, CHEN Suhong. Review of pharmacological activities of *Dendrobium officinale* based on traditional functions [J]. *China J Chin Mat Med*, 2013, **38**(4): 489 – 493.
- [9] 刘晓芳. 铁皮石斛快速繁殖体系的优化[D]. 太原: 山西大学, 2017.
LIU Xiaofang. Optimization of Rapid Propagation System of *Dendrobium candidum* [D]. Taiyuan: Shanxi University, 2017.
- [10] 张玲菊, 高亭亭, 章晓玲, 等. 5个种源铁皮石斛的光合特性[J]. 浙江农林大学学报, 2013, **30**(3): 359 – 363.
ZHANG Lingju, GAO Tingting, ZHANG Xiaoling, et al. Photosynthetic characteristics of *Dendrobium officinale* from five provenances [J]. *J Zhejiang A&F Univ*, 2013, **30**(3): 359 – 363.
- [11] 诸燕, 苑鹤, 李国栋, 等. 铁皮石斛中11种金属元素含量的研究[J]. 中国中药杂志, 2011, **36**(3): 356 – 360.
ZHU Yan, YUAN He, LI Guodong, et al. Study on 11 metal element contents in *Dendrobium officinale* [J]. *China J Chin Mat Med*, 2011, **36**(3): 356 – 360.
- [12] 李娟, 李顺祥, 黄丹, 等. 铁皮石斛资源、化学成分及药理作用研究进展[J]. 科技导报, 2011, **29**(18): 74 – 79.
LI Juan, LI Shunxiang, HUANG Dan, et al. Advances in the resources, constituents and pharmacological effects of *Dendrobium officinale* [J]. *Sci Technol Rev*, 2011, **29**(18): 74 – 79.
- [13] TANG Hanxiao, ZHAO Tianwen, SHENG Yunjie, et al. *Dendrobium officinale* Kimura et Migo: a review on its ethnopharmacology, phytochemistry, pharmacology, and industrialization [J]. *Evid-Based Compl Alt*, 2017, 10.1155/2017/7436259.
- [14] 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 Heng, HU Qiang, JIN Hang, et al. Research advances in chemical constituents and pharmacological activities of *Dendrobii officinalis* Caulis [J]. *Chin J Exp Tradit Med Form*, 2017, **23**(11): 225 – 234.
- [15] CAI Hailan, HUANG Xiaojun, NIE Shaoping, et al. Study on *Dendrobium officinale* O-acetyl-glucomannan (Dendronan®): Part III-Immunomodulatory activity in vitro [J]. *Bioact Carbohydr Diet Fibre*, 2015, **5**(2): 99 – 105.
- [16] LIU Xiaofei, ZHU Jun, GE Shaoyang, et al. Orally administered *Dendrobium officinale* and its polysaccharides enhance immune functions in BALB/c mice [J]. *Nat Prod Commun*, 2011, **6**(6): 867 – 870.
- [17] 黄琴, 沈杨霞, 张成静, 等. 铁皮石斛多酚和黄酮含量及与抗氧化活性的相关性[J]. 应用与环境生物学报, 2014, **20**(3): 438 – 442.
HUANG Qin, SHEN Yangxia, ZHANG Chengjing, et al. Correlation of the antioxidant property with the total phenolic content and total flavonoids of different *Dendrobium officinale* extracts [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2014, **20**(3): 438 – 442.
- [18] 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.
ZHOU Guifen, LÜ Guiyuan. Comparative studies on scavenging DPPH free radicals activity of flavone C-glycosides from different parts of *Dendrobium officinale* [J]. *China J Chin Mat Med*, 2012, **37**(11): 1536 – 1540.
- [19] 吕素华, 徐萌, 张新凤, 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.
LÜ Suhua, XU Meng, ZHANG Xinfeng, et al. Polysaccharides, extracts, and amino acids in hybrid *Dendrobium officinale* flowers [J]. *J Zhejiang A&F Univ*, 2016, **33**(5): 749 – 755.

- [20] 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.
ZHANG Sijie, QIAN Zheng, LIU Jingjing, et al. Relative molecular mass and monosaccharide composition of polysaccharide in *Dendrobium officinale* flowers [J]. *China J Chin Mat Med*, 2017, **42**(20): 3919 – 3925.
- [21] 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.
TANG Jingyue, YAN Meiqiu, QI Fangfang, et al. Study on optimum extraction of total flavones in *Dendrobium officinale* flower and its antioxidant activity in vitro [J]. *J Zhejiang Chin Med Univ*, 2017, **41**(3): 235 – 242.
- [22] 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.
HUANG Xiuhong, WANG Zaihua, LI Jie, et al. Comparative analysis of quality properties and main nutrients in *Dendrobium* flowers during different flowering phases [J]. *Chin J Trop Crops*, 2017, **38**(1): 45 – 52.
- [23] 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.
GONG Qingfang, HE Jinxiang, HUANG Ningzhen, et al. Chemical composition and antioxidant activities effects of *Dendrobium officinale* flower [J]. *Food Sci Technol*, 2014, **39**(12): 106 – 110.
- [24] 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.
ZHANG Yong. *Physicochemical Properties, Antioxidant and Immunomodulatory Activities of Polysaccharides from the Stem, Leaf and Flower of Dendrobium candidum* [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016.
- [25] 马旖旎. 不同区域铁皮石斛成分差异分析与指纹图谱建立研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2017.
MA Yini. *Establishment of Fingerprints and Compounds Analysis of Dendrobium officinale Regions* [D]. Hangzhou: Zhejiang Sci-Tech University, 2017.
- [26] ZHANG Yuan, ZHANG Lihong, LIU Jingjing, et al. *Dendrobium officinale* leaves as a new antioxidant source [J]. *J Funct Foods*, 2017, **37**: 400 – 415.
- [27] 唐丽, 李菁, 龙华, 等. 不同生长龄铁皮石斛茎与叶中总多糖、总生物碱及总黄酮含量的差异[J]. 广东农业科学, 2015, **42**(8): 17 – 21.
TANG Li, LI Jing, LONG Hua, et al. Content differences of total polysaccharides, total alkaloids and total flavonoids from stems and leaves of *Dendrobium candidum* at different growth ages [J]. *Guangdong Agric Sci*, 2015, **42**(8): 17 – 21.
- [28] 张冬英, 范黎明, 龚舒静, 等. 鼓槌石斛花总黄酮及挥发性成分研究[J]. 食品科技, 2014, **39**(10): 198 – 202.
ZHANG Dongying, FAN Liming, GONG Shujing, et al. Total flavonoids and essential oil of *Dendrobium chrysotoxum* flower [J]. *Food Sci Technol*, 2014, **39**(10): 198 – 202.
- [29] 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.
LI Yan, WANG Chunlan, WANG Fangfei, et al. Phenolic components and flavanones from *Dendrobium candidum* [J]. *Chin Pharmacol J*, 2010, **45**(13): 975 – 979.
- [30] 李娟, 麻晓雪, 李顺祥, 等. 铁皮石斛中总酚的含量测定[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, **19**(24): 60 – 62.
LI Juan, MA Xiaoxue, LI Shunxiang, et al. Determination of total phenols in *Dendrobii officinalis* Caulis [J]. *Chin J Exp Tradit Med Form*, 2013, **19**(24): 60 – 62.
- [31] 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.
WANG Nannan, DAI Mingzhu, XU Yuyue, et al. Effect of *Dendrobium officinale* flower on mice with adrenal hyperfunction [J]. *Pharmacol Clin Chin Mater Med*, 2017, **33**(1): 116 – 119.