

铁皮石斛活性成分及其功能研究进展

聂少平, 蔡海兰

(南昌大学 食品科学与技术国家重点实验室, 江西 南昌 330047)

摘 要: 铁皮石斛为我国传统滋阴名贵中药, 其保健价值为人们所共识。本文综述近30年来国内外有关铁皮石斛的种质鉴定方法, 着重论述铁皮石斛中的多糖、石斛碱、芪类及其衍生物、挥发性成分等天然活性物质及其功能, 为合理的开发应用铁皮石斛资源提供科学依据。

关键词: 铁皮石斛; 种质鉴定; 活性物质; 功能活性

Research Progress in Bioactive Components and Functions of *Dendrobium officinale*

NIE Shao-ping, CAI Hai-lan

(State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University, Nanchang 330047, China)

Abstract: *Dendrobium officinale*, is widely used in traditional Chinese and folk medicine for centuries to nourish stomach and promote the production of body fluid. In this article, the research progress in identification is summarized. The bioactive components extracted from *Dendrobium officinale*, such as polysaccharides, dendrobine, stillnoids and volatile oil as well as their biological functions are discussed. All of these studies will provide a scientific basis for expanding the application of *Dendrobium officinale*.

Key words: *Dendrobium officinale*; identification; bioactive components; biological functions

中图分类号: Q94

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)23-0356-06

铁皮石斛为兰科石斛属植物铁皮石斛(*Dendrobium officinale* Kimura et Migo)的干燥茎^[1], 因表皮呈铁绿色而得名。石斛属植物按形态、产地等可分为铁皮、金钗、霍山、黄草、环草、马鞭等数十个品种, 其中以铁皮石斛最为珍贵。野生铁皮石斛生于海拔100~3000m之间的山地半阴湿岩石、树皮上, 喜温暖湿润气候和半阴湿的环境, 不耐寒。铁皮石斛的鲜茎可直接食用, 或炖汤, 或泡茶, 或浸酒^[2], 通常加工成干品, 如铁皮枫斗、铁皮石斛功能性饮料^[3]等。近年来以铁皮石斛为原料生产的高级保健品越来越多, 畅销欧美及东南亚沿海发达地区。但由于野生铁皮石斛特殊的生长环境和自身繁殖极为困难^[4-5], 再加上经济价值极高, 长期无限制地采挖和不合理地开发利用导致资源越来越少, 现已成为国家二级保护植物^[6]。为保护这一珍稀植物, 从20世纪70年代起, 国内外有关机构便开始了铁皮石斛的研发工作^[7-10], 尤其在铁皮石斛的组织培养与快速繁殖技术、人工栽培技术方面进行了大量研究, 已为铁皮石斛规模化栽培提供了较强的技术保障, 但对铁皮石斛活性成分的研究还不是很深入。本文在前人工作的基础上, 着重对铁皮石斛的种

质鉴定、天然活性成分和功能等进行综述, 特别关注铁皮石斛多糖结构与其活性之间的关系, 旨在为进一步研究开发铁皮石斛资源提供依据。

1 铁皮石斛的鉴定

传统的石斛鉴定主要是根据石斛的表型特征, 如表皮、角质层、皮下层细胞、硅质块、草酸钙针晶束等^[11], 常用的方法包括显微鉴定、色谱法分析^[12]。近年来不少学者探索从分子水平建立有效的铁皮石斛鉴定方法, 如基于PCR的DNA分子标定技术^[13]、基于DNA序列分析的分子标记技术^[14]、基因芯片技术^[15]等。Ding Xiaoyu等^[16]在铁皮石斛与其他37种石斛的rDNA ITS序列分析的基础上, 设计了一对位点特异性PCR引物TP-JB01S和TP-JB01X鉴别铁皮石斛, 结果显示, 当退火温度降到66℃, 只有铁皮石斛有阳性反应。徐程等^[17]采用内部简单重复序列分子标记技术(ISSR-PCR)对铁皮石斛种间和种内DNA指纹图谱分析, 同时采用流式细胞仪检测DNA2C值, 发现8种不同地域铁皮石斛DNA 2C值不

收稿日期: 2012-07-09

基金项目: 国家自然科学基金资助重点项目(31130041); “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD33B06);

食品科学与技术国家重点实验室目标导向项目(SKLF-MB-201001); 江西省青年科学家(井冈之星)培养对象资助项目

作者简介: 聂少平(1978—), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品化学与分析、食品营养与安全、糖化学与糖生物学。

E-mail: spnie@ncu.edu.cn

表1 铁皮石斛多糖的结构特征与其功能活性
Table 1 Structural characteristics and functional activities of polysaccharides from *D. officinale*

功能活性	多糖名称	分子质量/ku	结构特征
增强免疫功能	水溶性多糖 ^[30]		由D-木糖、L-阿拉伯糖和D-葡萄糖组成
	DOP-1 ^[35]	533.7	主要由甘露糖和葡萄糖组成，含有微量的半乳糖和阿拉伯糖，物质的量比为3.13:1.34:0.02:0.01
	DOP-2 ^[35]	159.5	主要由甘露糖和葡萄糖组成，含有微量的半乳糖和阿拉伯糖，物质的量比为3.13:1.24:0.12:0.02
	铁皮石斛多糖片段 ^[36]	533.7	主要由甘露糖、葡萄糖和鼠李糖组成，物质的量比为7.3:1.3:1
	DSP ^[34]	15.7~157	
	DSP1 ^[34]	14.8	
	DSP2 ^[34]	35.3~74.4	
抗氧化	DSP3 ^[34]	115.1~157	
	DCPP 1a-1 ^[32]	189	由甘露糖和葡萄糖按7.015:1的物质的量比组成，具有 α -呋喃糖苷键，分子中1 $\rightarrow$ 6键、1 $\rightarrow$ 2/1 $\rightarrow$ 4键、1 $\rightarrow$ 3键所占的比例分别为4.0%、52.1%和44.9%
	DCPP 3c-1 ^[33]	72.4	由甘露糖、鼠李糖、半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖和阿拉伯糖组成，其物质的量比为1.1204:1:1.046:23.354:3.828:1.046，含有 α -吡喃糖苷键，分子中1 $\rightarrow$ 6残基、1 $\rightarrow$ 2/1 $\rightarrow$ 4键、1 $\rightarrow$ 3键所占的比例分别为14%、40.7%和45.3%
抗炎、抗氧化	中性糖DOP-1 ^[25]	128	为葡甘露聚糖，由D-Man、D-Glc以及D-Ara按物质的量40.2:8.40:1比例组成，其骨架由(1 $\rightarrow$ 4)- β -D-Manp、 β -D-Glcp(6:1)构成
抗肿瘤	DCPP 1a-1 ^[32]	189	结构同抗氧化活性中的DCPP 1a-1
未知	铁皮石斛多糖 I ^[29]	1000	
	铁皮石斛多糖 II ^[29]	500	由几个 β -(1 $\rightarrow$ 3)-D-甘露吡喃糖基和一个 β -(1 $\rightarrow$ 4)-D-葡萄糖吡喃糖基重复构成主链
	铁皮石斛多糖III ^[29]	120	
	DOP-2-A1、3-A1、4-A1、5-A1、6-A1 ^[25]		为含 β -D-甘露糖基的蛋白聚糖
	DT2 ^[31]	740	主要含有葡萄糖、半乳糖、木糖及少量阿拉伯糖和甘露糖，物质的量比为5.9:1.0:0.8:0.5，以 α -(1 $\rightarrow$ 4)-D-Glc为主链
	DT3 ^[31]	540	主要含有葡萄糖、半乳糖、木糖及少量阿拉伯糖和甘露糖，物质的量比为7.9:1.3:1.0:0.5:0.7，以 α -(1 $\rightarrow$ 4)-D-Glc为主链

酶水解，但是水解物经柱前衍生化(PMP)后进行液相-紫外-质谱(LC-DAD-MS)分析其结构不尽相同^[37]。

2.1.2 石斛碱

生物碱类成分是石斛属植物中最早分离并进行结构确认的化合物，其含量为0.02%，低于金钗石斛，虽然总生物碱类成分含量较低，但就其中所含的特有生物碱类成分而言，铁皮石斛的质量好于金钗石斛^[22]。与多糖类似，不同来源、组织器官、年份的铁皮石斛其生物碱的积累不同。尚喜雨^[38]对铁皮石斛不同部位、采收阶段以及干燥方法测定的生物碱含量进行了系统的比较分析，发现铁皮石斛的生物碱含量、人工栽培的石斛叶的生物碱含量：一年生>两年生，尤其是晒干处理的一年生叶的石斛碱含量要比两年生的高出许多。野生型植株根部的石斛碱含量都比人工栽培的根部石斛碱含量高，这可能与野生状态的石斛根部小环境比较适宜有关。诸燕等^[39]研究发现云南产铁皮石斛总生物碱明显高于浙江产铁皮石斛，正宗的铁皮石斛总生物碱含量具有明显限量范围，总生物碱含量明显偏离限量范围的样品可以基本确定为非铁皮石斛。

2.1.3 氨基酸及金属元素

游离氨基酸和微量元素也是铁皮石斛中的主要有效成分。何铁光等^[40]研究发现铁皮石斛含有17种氨基酸，铁皮石斛野生品及其悬浮培养的原球茎氨基酸含量分别达到133.1、120.4mg/g，其中，谷氨酸、天冬氨酸的含量在野生品和原球茎中都比较低，说明石斛之所以性味、甘淡、微咸，与其氨基酸的组成特性有关。铁皮石斛野

生品的必需氨基酸含量高于原球茎，两者的人体必需氨基酸含量分别占总量的37.9%、26.2%，相差约12%^[41]。诸燕等^[42]发现铁皮石斛含有大量人体所需金属元素，如Ca、K、Na、Mg、Fe、Zn、Mn、Cu、Sr，且不同种质含量存在显著差异；22个铁皮石斛供试品中砷、汞、铅3种重金属元素含量均在《药用植物及制剂外经贸绿色行业标准》规定限度范围内，仅1个样品镉元素含量超过规定限度，但重金属含量远低于全国中药材中铅、砷、镉、汞平均超标12.0%、9.7%、28.5%、6.9%的现状，说明铁皮石斛重金属限量整体上是安全的。

2.1.4 挥发性化学成分

康连伟等^[43]对铁皮石斛全草(包括根、茎、叶)进行了分析，共鉴定出总挥发油中的14种化合物，包括烷烃类、醛类、酮类、烯烃类、醇类和酯类化合物，分别占挥发油总成分的28.57%、28.57%、214.29%、7.14%、7.14%和7.14%，主要为反-2-辛烯醛(29.96%)、 β -紫罗兰酮(15.78%)、芳樟醇(5.36%)、任醛(4.39%)、 β -环柠檬醛(3.40%)、正癸醛(3.14%)，其中 β -紫罗兰酮具有抑制肿瘤生长的作用^[44]。霍昕等^[45]从铁皮石斛花挥发性成分中分离出89个成分，共鉴定出59个化学成分，约占76.54%，发现铁皮石斛花中挥发性成分含量最高的是壬醛(9.21%)，具有强烈的油脂气味和甜橙气息，可用于调制香水和用制食品调料。全草中也含有壬醛(4.39%)，但不是含量最高的成分。

2.1.5 芪类及其衍生物

Li Yan等^[46-47]从铁皮石斛茎中分离得到芪类及其衍

生物27个: 铁皮石斛素A~Q、4,4'-二羟基-3,5-二甲氧基联苳、3,4-二羟基-5,4'-二甲氧基联苳、3'-羟基-3,4,5'-三甲氧基联苳、4,4'-二羟基-3,3',5'-三甲氧基联苳、3,4'-二羟基-5-甲氧基联苳、3',4'-二羟基-3,5'-二甲氧基联苳、二氢白黎芦醇、双苳葡萄糖苷E、金钗石斛菲醌、2,4,7-三羟基-9,10-二氢菲。李榕生等^[48]从铁皮石斛根茎中纯化得到6个菲类化合物, 2,3,4,7-四甲氧基菲(I)、1,5-二羧基-1,2,3,4-四甲氧基菲(II)、2,5-二羟基-3,4-二甲氧基菲(III)、2,7-二羧基-3,4,8-三甲氧基菲(IV)、2,5-二羧基-3,4-二甲氧基菲(V)、3,5-二羧基-2,4-二甲氧基菲(VI)。对部分单体化合物进行了抗氧化和抗肿瘤活性初筛, 发现大多数联苳类化合物具有抗氧化活性, 有2个联苳类化合物具有抗肿瘤活性。

2.1.6 酚类化合物

从铁皮石斛中分离鉴定的酚类包括: *N-p*-香豆酰酪胺、反-*N*-(4-羟基苯乙基)阿魏酸酰胺、二氢松柏醇、二氢对羟基桂皮酸酯、二氢阿魏酸酰胺、对羟基苯丙酰酪胺、丁香酸、丁香醛、香草酸、对羟基苯丙酸、对羟基桂皮酸、阿魏酸、对羟基苯甲酸、2-甲氧基苯基-1-*O*- β -D-芹糖-(1 $\rightarrow$ 4)- β -D-葡萄糖苷等^[19,49]。

2.1.7 木脂素类化合物

从铁皮石斛中分离鉴定的酚类包括: (+)-丁香脂素-*O*- β -D-吡喃葡萄糖苷、淫羊藿醇A₂-4-*O*- β -D-吡喃葡萄糖苷、(+)-南烛木树脂酚-3 α -*O*- β -D-吡喃葡萄糖苷、裂异落叶松脂醇、丁香脂素-4,4'-*O*-双- β -D-葡萄糖苷和丁香脂素^[19,50]。

2.1.8 其他

从铁皮石斛中分离鉴定的内酯类化合物有2个: 钩状石斛素和洋地黄内酯; 二氢黄酮类化合物有2个: 柚皮素和3',5,5',7-四羟基二氢黄酮。其他类型化合物16个: 铁皮石斛素R、灯盏花苷II、腺苷、尿苷、蔗糖、5-羟甲基糠醛、3,5-二甲基-4-羟基苯基-1-*O*- β -D-葡萄糖苷、反式阿魏酸二十八烷基酯、对羟基反式肉桂酸三十烷基酯、对羟基顺式肉桂酸三十烷基酯、胡萝卜苷、 β -谷甾醇、十六烷酸、十七烷、三十一烷醇、十七烷酸。

2.2 铁皮石斛的功能活性

历代药学经典对铁皮石斛的功能价值进行了详细记载: 秦汉时期的《神农本草经》记载铁皮石斛“味甘, 平。主伤中, 除痹, 下气, 补五脏虚劳、羸瘦, 强阴。久服, 厚肠胃、轻身、延年。”; 成书于一千多年前的道家医学经典《道藏》将铁皮石斛列为“中华九大仙草”之首; 李时珍在《本草纲目》中评价其“主治胃中虚热, 发热自汗, 痈疽排脓内塞”; 《日华子本草》记载其“治虚损劣弱, 壮筋骨, 暖水脏, 益智, 平胃气, 逐虚邪”; 《药性论》说铁皮石斛能补肾积精、养胃阴、益气力; 《本草思辨录》记载铁皮石斛为肾药、肺药、脾药、肠胃药; 《滇南本草》中评价铁皮石斛味

甘、淡, 性平。升也, 阴中之阳也。平胃气, 能壮元阳, 升托, 发散伤寒。

现代研究证明, 铁皮石斛具有抗衰老、抗肿瘤、降低血糖、提高免疫功能等作用, 对恶性肿瘤、胃肠道疾病、糖尿病、白内障、关节炎、血栓闭塞性脉管炎及慢性咽炎等疾病具有很好的疗效^[7], 因此, 被国际药用植物界称为“药界大熊猫”。

2.2.1 养阴生津

以铁皮石斛为主药的铁皮枫斗晶对胃阴虚证的药效学实验表明, 该药能明显促进大鼠胃液分泌, 增加胃液量、胃酸排出量与胃蛋白酶排出量, 证实了传统医学中有关铁皮石斛的养阴、益胃、生津作用^[51]。研究表明用铁皮石斛提取物治疗口腔干燥综合症病人, 治疗组病人唾液分泌量提高65%, 同时在治疗组病人的活组织切片中发现水通道蛋白AQP-5的大量表达, 表明铁皮石斛可调节AQP-5的表达, 促进干燥症病人唾液分泌^[52]。

2.2.2 抗肿瘤和抗突变

何铁光等^[32]发现铁皮石斛原球茎水溶性多糖主要成分DCPP la-1对肝癌小鼠有不同程度的抑瘤作用, 其中以低剂量组的抑瘤效果最好, 并显著提高了胸腺和脾指数。张红玉等^[53]报道, 铁皮石斛多糖对S₁₈₀实体瘤均有一定的抑制作用, 其抑瘤率为9.7%~26.8%。张沂平等^[54]对铁皮枫斗晶进行了临床验证, 发现铁皮枫斗晶治疗肿瘤患者的气阴两虚、肝肾阴虚疗效确切, 同时可以调节肿瘤患者的免疫功能, 特别对放疗化疗肿瘤患者伴有阴虚证者具有很好的对症辅助治疗效果。邓鹏^[55]用铁皮石斛粗提物处理鼻咽癌细胞CNE1和CNE2, 发现粗提物可抑制CNE1和CNE2细胞增殖, 诱导其凋亡。郭洪波^[56]发现铁皮石斛含药血清能够显著抑制胃癌SGC7901细胞增殖, 促进SGC7901细胞凋亡, 其抗肿瘤作用可能与抑制*bcl-2*基因表达和促进*p53*基因表达有关。

此外, 铁皮石斛水提液在小鼠微核实验中对CP有较强抗诱变性, 对大鼠、小鼠经LD₅₀均大于20.0g/kg, 属实际无毒; Ames实验和精子畸形实验中均未见致突变作用, 说明铁皮石斛多糖对小鼠无急性毒性和致突变性作用。铁皮石斛煎剂在给药质量浓度0~100mg/mL范围内, 对人正常皮肤成纤维细胞GM0639细胞没有细胞毒性, 并可降低辐照后GM063细胞微核率及微核细胞率, 证明铁皮石斛具有较好的抗辐射作用^[57]。

2.2.3 降血糖

铁皮石斛膏3g(生药)/kg剂量灌胃给药可降低四氧嘧啶所致糖尿病模型小鼠的血糖值, 并明显改善该模型小鼠的糖耐量, 减少其血糖曲线下面积; 6g(生药)/kg剂量对正常小鼠糖耐量也有一定改善作用^[58]。吴昊妹等^[59]对铁皮石斛浸膏的降血糖作用及其机制进行了深入研究, 发现铁皮石斛能明显降低链脲佐菌素性糖尿病(STZ-DM)

大鼠的血糖值,它能促进胰岛 β 细胞分泌胰岛素,提高血清胰岛素水平,并能抑制胰岛 α 细胞分泌胰高血糖素,使血清胰高血糖素水平降低。还发现铁皮石斛能增加肾上腺素性高血糖小鼠的肝糖原含量,降低肾上腺素性高血糖小鼠的血糖值,但铁皮石斛与口服降血糖药磺酰脲类不同,它对小鼠正常血糖无降低作用,也不提高正常小鼠的血清胰岛素水平,提示铁皮石斛对STZ诱发大鼠糖尿病具有一定的预防和治疗效果。

2.2.4 增强机体免疫力及抗氧化

铁皮石斛原药材及超微粉末均能显著增强刀豆蛋白A诱导的脾淋巴细胞的增殖,可增强巨噬细胞的吞噬功能及NK细胞的活性,并能明显提高增强小鼠产生抗体生成细胞的能力和血清溶血素的能力,表明铁皮石斛无论是对非特异性免疫功能或是特异性细胞免疫以及体液免疫功能,均有一定的提高作用^[60]。体外实验发现,铁皮石斛粗多糖及纯品DOP-1、DOP-2均能促进巨噬细胞吞噬、淋巴细胞增殖,增强NK细胞活性,增强细胞因子TNF- α 、IL-1 β 、IL-2的分泌及炎症因子NO的分泌^[35]。高建平等^[61]对铁皮石斛原球茎与原药材免疫调节作用进行了对比,结果显示,铁皮石斛原球茎可升高环磷酰胺模型小鼠外周血白细胞数,增加模型鼠胸腺或脾脏指数,增强巨噬细胞的吞噬功能,促进体内淋巴细胞的转化;实验还表明原球茎能提高机体的非特异性免疫功能和细胞免疫功能,与原药材相比作用相似,可作为野生铁皮石斛的替代资源加以开发,这为铁皮石斛资源的保护和可持续利用提供了实验依据。

何铁光等^[32-33]对比了铁皮石斛原球茎多糖粗品DCPP和纯品DCPP 3c-1的体外抗氧化活性,发现两者均能抑制小鼠肝组织自发性氧化和Fe²⁺、H₂O₂诱导的脂质过氧化,其中粗品DCPP的抑制作用最强。最新研究发现声波刺激铁皮石斛可显著提高超氧化物歧化酶、氧化氢酶、氧化物酶及抗坏血酸过氧化物酶的活性,且不同组织器官不同时间内抗氧化能力不同^[62]。此外,研究表明铁皮石斛多糖抗氧化活性大小与其分子质量有关,分子质量较小和分子质量较大的多糖抗氧化能力较强,中间分子质量的铁皮石斛多糖抗氧化能力较小,不同分子质量铁皮石斛多糖可能具有协同抗氧化作用^[34]。

2.2.5 其他

以铁皮石斛为主制成的铁皮枫斗颗粒和铁皮枫斗胶囊有效改善慢性萎缩性胃炎气阴两虚证,临床未发现任何副作用^[63];负重游泳的小鼠经口灌胃不同剂量铁皮石斛样品后,游泳时间显著延长,血乳酸和肌酸激酶含量显著降低,表明铁皮石斛具有良好的抗疲劳功效^[64];铁皮石斛颗粒对脑科重症监护病房经口气插管患者的口腔溃疡恢复有良好的疗效^[65],这与《中国药典》中铁皮石斛适用于病后虚热相符。铁皮石斛提取物对易卒中型高

血压大鼠具有降低血压、预防中风作用,现已用于临床治疗高血压^[66]。

3 结 语

近年来,随着绿色消费的兴起,特别是人们对人工合成化学品安全性问题的关注,促使天然产物在国际学术界日益得到重视。铁皮石斛作为一种具有广泛经济用途和优良保健作用的天然药食同源食品越来越受到关注,近30年来取得的进展为铁皮石斛资源的充分利用和规模化栽培提供良好的技术保障。目前,我国已有多项关于铁皮石斛的产品和专利,国家食品药品监督管理局收录的以石斛为原料的保健品共51种,其中42种以铁皮石斛为主要原料,如铁皮枫斗颗粒、石斛含片、铁皮石斛口服液等,但这些产品大多停留在铁皮石斛整体功能上,其中的天然活性物质的开发利用的深度和广度还远远不够。比较国内外的文献报道,目前铁皮石斛的研究主要集中在铁皮石斛的种质鉴定、快速组织培养方法的研究上,对铁皮石斛多糖等天然产物的研究还多处于提取和一级结构分析上,关于其结构与功能活性关系的研究报道还很少,因为天然大分子物质如多糖的高级结构、侧链分支以及糖苷键的结合方式与功能活性密切相关,多糖的聚合度、分子质量等也影响其活性^[67]。历代医书记载铁皮石斛具有多种药理活性,而现代医学研究并未充分证明生物活性与其物质基础之间的关系。因此,对铁皮石斛今后的研究应特别注意天然产物结构和生物活性的紧密结合,揭示其作用机理和物质结构之间的关系,这将为铁皮石斛资源保护以及深入开发有保健价值的天然产物提供科学依据和理论基础。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中国药典(一部)[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010.
- [2] 王伟英, 邹晖, 陈永快. 铁皮石斛的综合利用与展望[J]. 中国园艺文摘, 2011(1): 189-192.
- [3] 杨兵勋, 沈春香, 王增, 等. HPLC法测定铁皮石斛饮料中D-甘露糖的含量[J]. 食品科学, 2011, 32(8): 275-277.
- [4] 高学敏. 中药学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2002: 553.
- [5] VELLUPILLAI M, SWARUP S, CHONG J H. Histological and protein change during early stages of seed germination in the orchid, *Dendrobium crumenatum*[J]. J Hort Sci, 1997, 72(6): 941-948.
- [6] 陈立钻, 孙继军. 珍稀濒危物种铁皮石斛的保育与开发利用[J]. 中国林业, 2003, 11(22): 34-34.
- [7] 李玲, 邓晓兰, 赵兴兵, 等. 铁皮石斛化学成分及药理作用研究进展[J]. 肿瘤药学, 2011, 1(2): 90-94.
- [8] 李桂峰, 李进进, 许继勇. 铁皮石斛研究综述[J]. 中药材, 2010, 33(1): 150-153.
- [9] 柳莲芳. 铁皮石斛的最新研究进展[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(11): 6426-6428; 6430.
- [10] NG T B, LIU Jingyi, WONG J H. Review of research on *Dendrobium*, a prized folk medicine[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2012, 93: 1795-1803.

- [11] 马国祥, 徐国钧, 徐络珊, 等. 中药石斛显微鉴定研究Ⅳ[J]. 中国药科大学, 1995, 26(3): 134-138.
- [12] 李兆奎, 孙彩华, 李美琴. 铁皮石斛与几种常用混淆品的红外光谱鉴别[J]. 海峡药学, 2005, 17(3): 91-93.
- [13] 丁鸽, 丁小余, 沈洁, 等. 铁皮石斛野生居群遗传多样性的RAPD分析与鉴别[J]. 药学报, 2005, 40(11): 1028-1032.
- [14] ZHANG Weichao, DING Xiaoyu, XIE Minglu, et al. Authentication of three valuable *Dendrobium* species by adapter ligation-mediated allele-specific amplification[J]. Eur Food Res Technol, 2009, 229: 1-7.
- [15] 应依, 徐红, 王峰涛. DNA分子标记技术在中药石斛类药材鉴定中的应用[J]. 世界科学技术: 中医药现代化, 2006, 8(3): 65-70.
- [16] DING Xiaoyu, WANG Zhengtao, ZHOU Kaiya, et al. Allele-specific primers for diagnostic PCR authentication of *Dendrobium officinale*[J]. Planta Medica, 2003, 69(6): 587-588.
- [17] 徐程, 詹忠根, 廖苏梅. 8种不同地域铁皮石斛农艺性状及多糖和纤维素分析[J]. 浙江大学学报: 理学版, 2008(5): 576-579.
- [18] ZHA Xueqiang, LUO Jianping, BANSAL V, et al. Enzymatic fingerprints of polysaccharides of *Dendrobium officinale* and their application in identification of *Dendrobium* species[J]. J Nat Med, 2012, 66(3): 525-534.
- [19] 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.
- [20] 李满飞, 徐国钧. 中药石斛类多糖的含量测定[J]. 中草药, 1990, 21(10): 10-12.
- [21] 孙卓然, 刘圆, 李小云, 等. 石斛不同种、不同药用部位中多糖含量测定[J]. 时珍国医国药, 2009, 20(8): 1886-1888.
- [22] 陈晓梅, 肖盛元, 郭顺星. 铁皮石斛与金钗石斛化学成分的比较[J]. 中国医学科学院学报, 2006, 28(4): 524-529.
- [23] 华允芬, 陈云龙, 张铭. 三种药用石斛多糖成分的比较研究[J]. 浙江大学学报: 工学版, 2004, 38(2): 249-252.
- [24] 诸燕. 铁皮石斛种质资源收集与评价[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2010.
- [25] 华允芬. 铁皮石斛多糖成分研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [26] 李彩霞, 竹剑平. 不同采收期铁皮石斛中多糖含量比较[J]. 药物分析杂志, 2010, 30(6): 1138-1139.
- [27] 黎万奎, 胡之璧. 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.
- [28] HSIEH Y S Y, CHIEN C, LIAO S K S, et al. Structure identification of a new immunostimulating polysaccharide from the stems of *Dendrobium huoshanense*[J]. Carbohydr Polym, 2007, 69: 86-93.
- [29] 王世林, 郑光植, 何静波, 等. 黑节草多糖的研究[J]. 云南植物研究, 1988, 10(4): 389-395.
- [30] 黄民权, 黄步汉, 蔡体育, 等. 铁皮石斛多糖的提取、分离和分析[J]. 中草药, 1994, 25(3): 128-129.
- [31] 杨虹, 王顺春, 王峰涛, 等. 铁皮石斛多糖的研究[J]. 中国药理学杂志, 2004, 39(4): 254-256.
- [32] 何铁光, 杨丽涛, 李杨瑞, 等. 铁皮石斛原球茎多糖DCPP1a-1 的理化性质及抗肿瘤活性[J]. 天然产物研究与开发, 2007, 19(4): 578-583.
- [33] 何铁光, 杨丽涛, 李杨瑞, 等. 铁皮石斛原球茎多糖DCPP3c-1 的分离纯化及结构初步分析[J]. 分析测试学报, 2008, 27(2): 143-147.
- [34] 鲍素华, 查学强, 罗建平, 等. 不同分子质量铁皮石斛多糖体外抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2009, 30(21): 123-127.
- [35] XIA Linjing, LIU Xiaofei, REN Fazheng, et al. Partial characterization and immunomodulatory activity of polysaccharides from the stem of *Dendrobium officinale* in vitro[J]. Journal of Functional Foods, 2012, 4: 294-301.
- [36] LIU Xiaofei, ZHU Jun, REN Fazheng, 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.
- [37] XU Jun, GUAN Jia, LI Shaoping, et al. Comparison of polysaccharides from different *Dendrobium* using saccharide mapping[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2011, 55: 977-983.
- [38] 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.
- [39] 诸燕, 张爱莲, 何伯伟, 等. 铁皮石斛总生物碱含量变异规律[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(18): 2388-2390.
- [40] 何铁光, 苏江, 王灿琴, 等. 铁皮石斛不同来源材料多糖和氨基酸含量的比较[J]. 广西农业科学, 2007, 38(1): 32-34.
- [41] 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, 6(4): 80-83.
- [42] 诸燕, 苑鹤, 李国栋. 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.
- [43] 康连伟, 宋银, 张媛. 铁皮石斛挥发油化学成分的SPME-GC-MS分析[J]. 中华中医药杂志, 2011, 26(10): 2279-2281.
- [44] 刘家仁, 杨艳梅, 董宏伟, 等. β -紫罗兰酮对人乳腺癌细胞(Er-) MAPK途径的影响[J]. 卫生研究, 2005, 34(6): 706-709.
- [45] 霍听, 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, 23(8): 735-737.
- [46] LI Yan, WANG Chunlan, GUO Shunxing, et al. Three new bibenzyl derivatives from *Dendrobium candidum*[J]. Chem Pharm Bull, 2009, 57(2): 218-219.
- [47] LI Yan, WANG Chunlan, WANG Yajun, et al. Four new bibenzyl derivatives from *Dendrobium candidum*[J]. Chem Pharm Bull, 2009, 57(9): 997-999.
- [48] 李榕生, 杨欣, 何平, 等. 铁皮石斛根茎中萜类化学成分分析[J]. 中药材, 2009, 32(2): 220-223.
- [49] 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]. 中国药理学杂志, 2010, 45(13): 975-979.
- [50] 王芳菲, 李燕, 董海玲, 等. 铁皮石斛中一个新化合物[J]. 中国药理学杂志, 2010, 45(12): 898-902.
- [51] 王立明, 徐建华, 陈立钻, 等. 铁皮枫斗晶对实验性胃阴虚证的药效学研究[J]. 中成药, 2002, 24(10): 803-805.
- [52] LIN Xiao, TZI B N, YI Binfeng. *Dendrobium candidum* extract increases the expression of aquaporin-5 in labia glands from patients with Sjögren's syndrome[J]. Phytomedicine, 2011, 18: 194-198.
- [53] 张红玉, 戴关海, 马翠, 等. 铁皮石斛多糖对S180肉瘤小鼠免疫功能的影响[J]. 浙江中医杂志, 2009, 44(5): 380-381.
- [54] 张沂平, 马胜林, 朱远. 铁皮枫斗晶对肿瘤患者放疗辅助治疗的疗效观察[J]. 中国中西医结合杂志, 2000, 20(8): 628.
- [55] 邓鹏. 铁皮石斛抗鼻咽癌作用的研究[D]. 南宁: 广西医科大学, 2010.
- [56] 郭洪波. 铁皮石斛组培快繁及其抗癌作用的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2008.
- [57] 张沛. 铁皮石斛对人正常皮肤纤维细胞GM0639辐射防护作用的研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2011.
- [58] 陈爱君, 李钦, 张信岳. 铁皮石斛降糖作用的研究[J]. 中国中医药科技, 2009, 16(6): 457-458.
- [59] 吴昊姝, 徐健华, 陈立钻, 等. 铁皮石斛降血糖作用及其机制的研究[J]. 中国中药杂志, 2004, 29(2): 160-163.
- [60] 吴维佳, 庞璐, 赵兴兵, 等. 铁皮石斛对小鼠免疫功能的影响[J]. 湖南中医药杂志, 2012, 28(2): 113-114.
- [61] 高建平, 金若敏, 吴耀平, 等. 铁皮石斛原球茎与原药材免疫调节作用的比较研究[J]. 中药材, 2002, 25(7): 487-488.
- [62] LI Biao, WEI Jinmin, WEI Xiaolan. Effect of sound wave stress on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation of *Dendrobium candidum*[J]. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 2008, 63: 269-275.
- [63] 吴人照, 徐红. 铁皮枫斗颗粒(胶囊)治疗慢性萎缩性胃炎气阴两虚证临床研究[J]. 上海中医药杂志, 2004, 38(4): 28-29.
- [64] 鹿伟, 陈玉满, 徐彩菊, 等. 铁皮石斛抗疲劳作用研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2010, 20(10): 2488-2490.
- [65] 俞群, 王海燕, 周云仙. 铁皮石斛在经口气管插管患者口腔溃疡中的应用[J]. 护士进修杂志, 2006, 21(4): 347-349.
- [66] 吴人照, 杨兵勋, 李亚平, 等. 铁皮石斛对易卒中型自发性高血压大鼠45周生存情况影响的实验研究[J]. 浙江中医杂志, 2010, 9(9): 647-650.
- [67] 董彩虹. 冬虫夏草多糖的研究进展[J]. 食品科学, 2004, 25(7): 195-198.