

基于UPLC-QE-Orbitrap-MS的赣南地区产铁皮石斛茎和根水提物的成分表征

谢树春¹, 李小军², 程齐来², 范平龙²

(1. 赣南医学院2021级硕士研究生; 2. 赣南医学院药学院, 江西 赣州 341000)

摘要:目的:采用超高效液相色谱-四级杆-静电轨道串联高分辨质谱法(UPLC-QE-Orbitrap-MS)对赣南地区产铁皮石斛茎和根水提物的化学成分进行表征。方法:使用Welch Ultimate XB-C₁₈型色谱柱(50 mm×2.1 mm, 1.8 μm),以甲醇-0.1%甲酸水溶液为流动相进行梯度洗脱,流速为0.3 mL·min⁻¹;采用电喷雾电离源(ESI),正负离子切换扫描模式进行Full mass/dd-MS₂数据采集,通过mzCloud数据库检索比对和参考已报道文献对赣南地区产铁皮石斛茎和根的化学成分进行表征。结果:结合数据库和文献报道对铁皮石斛茎和根水提物中的29个共有成分、4个根差异成分和1个茎差异成分进行了初步表征,包括有机酚酸类、黄酮类、核苷类、脂肪酸类及酰胺类,并通过铁皮石斛茎和根化学成分进行PCA分析和Venn差异分析,根和茎成分种类较为一致。结论:UPLC-QE-Orbitrap-MS法灵敏度高,分析快速,结果准确、可靠,能够全面快速分析和鉴定铁皮石斛不同部位水提物中的化学成分,为其质量控制、进一步药理研究和扩大应用提供了科学依据。

关键词:铁皮石斛;超高效液相色谱-四级杆-静电轨道串联高分辨质谱法;成分分析

中图分类号:R284.1 文献标志码:A 文章编号:1001-5779(2022)09-0917-06

DOI:10.3969/j.issn.1001-5779.2022.09.003

Chemical constituents characterization of aqueous extracts from stems and roots of *Dendrobium officinale* Kimura et Migo produced in southern Jiangxi based on UPLC-QE-Orbitrap-MS

XIE Shu-chun¹, LI Xiao-jun², CHENG Qi-lai², FAN Ping-long²

(1. Postgraduate student of Grade 2021, Gannan Medical University; 2. School of Pharmacy, Gannan Medical University, Ganzhou, Jiangxi 341000)

Abstract: **Objective:** To reveal the chemical constituents characterization of aqueous extracts from stems and roots of *Dendrobium officinale* Kimura et Migo produced in southern Jiangxi based on UPLC-QE-Orbitrap-MS. **Methods:** A Welch Ultimate XB-C₁₈ column(50 mm×2.1 mm, 1.8 μm) was used with methanol as mobile phase A and 0.1% methanoic acid aqueous solution (0.3 mL·min⁻¹) as mobile phase B, the separation and determination of the selected phytochemicals were carried out by ultra high-performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry (UPLC-MS/MS), using electrospray ionization source (ESI) in positive and negative ion modes, retrieving comparison and reference through mzCloud database and reported literature. **Results:** According to retention time, precise molecular weight and characteristic fragmentation ions, 29 same chemical components, 4 characteristic chemical compositions of root and 1 characteristic chemical composition of stem were tentatively characterized and identified from the stem and root of *Dendrobium officinale* Kimura et Migo by comparing with mzCloud mass spectral library and published references, mainly including flavonoids, organic and phenolic acids, nucleosides, fatty acids and amides. The stems and roots were similar in chemical composition. **Conclusion:** This method can be used for rapid and comprehensive qualitative analysis of the

基金项目:江西省自然科学基金项目(20202BABL216070);江西省教育厅科学技术研究项目(GJJ2015046);赣南医学院科研课题(YB201941)

通信作者:范平龙,男,硕士,讲师,研究方向:中药药效物质研究与功能产品开发。E-mail:fpinglong@163.com

投稿网址:http://gnyxyxb.gmu.cn

— 917 —

chemical constituents of different parts from *Dendrobium officinale* Kimura et Migo produced, which provides references for the quality control and comprehensive utilization of *Dendrobium officinale*.

Key words: Root of *Dendrobium officinale* Kimura et Migo; UPLC-QE-Orbitrap-MS; Chemical constituents characterization

兰科石斛属铁皮石斛(*Dendrobium officinale* Kimura et Migo),为2020年版《中国药典》中药品种铁皮石斛的基原植物,具有“益胃生津,滋阴清热”的功效,中医临床用于热病伤津、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、筋骨痿软等病症^[1]。唐代医学典籍《道藏》将铁皮石斛列为“中华九大仙草之首”,历来受人追捧。现代药理研究表明,铁皮石斛具有增强免疫功能^[2]、抗肿瘤^[3]、延缓衰老^[4]、抗疲劳^[5]、降血糖^[6]、改善胃肠功能^[7]等作用。从我国铁皮石斛产量分布来看,铁皮石斛主要分布在浙江、云南、广东、广西等地,其中浙江省铁皮石斛的产量最多,占42%,其次是云南省,占28%^[8]。江西省铁皮石斛的规模种植在2010年以前就已出现,主要途径是由浙江投资者在我省建立的苗木基地引进铁皮石斛种植^[9]。野生铁皮石斛对生长环境的温度、湿度、水源等条件有着苛刻要求,而仿野生栽培的兴起,加上赣南地区自然环境适合铁皮石斛的仿野生栽培,铁皮石斛种植得以在赣南地区迅速发展。

铁皮石斛主要开发利用部位是茎,富含多糖、生物碱、有机酸、黄酮类等成分^[10]。铁皮石斛药用资源中还有小量的根、叶和花等组成,但迄今为止,文献对铁皮石斛根、叶、花的研究报道较少、较浅,特别是对铁皮石斛根的化学成分研究及药理研究十分匮乏。因此,在采收时,大量的根作为药材废弃物直接丢弃,造成了一定的生物资源浪费。为了提高铁皮石斛植物资源的综合利用度,加上目前对赣南地区产铁皮石斛化学成分研究资料空白,本实验采用超高效液相色谱-四级杆-静电轨道串联高分辨质谱法(UPLC-QE-Orbitrap-MS)对赣南地区产铁皮石斛茎和根的化学成分进行定性分析,初步比较二者成分差异,以期为进一步中药成分体内代谢研究及药效物质研究奠定基础,为后续进一步扩大药用部位提供依据。

1 仪器与材料

1.1 仪器 Ultimate 3000 RS型超高效液相色谱仪,赛默飞世尔科技(中国)有限公司;Q Exactive 高分辨质谱仪,赛默飞世尔科技(中国)有限公司;Direct-Q®5纯水/超纯水一体机系统,德国默克密理

博;MS105DU半微量电子天平,梅特勒·托利多国际贸易有限公司;D3024R速微量冷冻离心机,北京大龙兴创实验仪器有限公司;MX-F涡旋振荡器,武汉赛维尔生物科技有限公司;MTV-100多管涡旋混合仪,杭州奥盛仪器有限公司;JP-040S超声波清洗器,深圳洁盟清洗设备有限公司。

1.2 材料 铁皮石斛,2020年12月采集于江西省龙南市江西新灵倍康石斛科技有限公司铁皮石斛种植基地。药材样本由赣南医学院药学院程齐来教授鉴定为铁皮石斛(*Dendrobium officinale* Kimura et Migo),凭证标本(GY2020125YC)保存在赣南医学院药学院中药标本馆。色谱纯甲醇、甲酸(上海阿拉丁生化科技股份有限公司),其他所用试剂均为分析纯(西陇化工股份有限公司)。

2 实验方法

2.1 供试品溶液制备 将采集的鲜药铁皮石斛分离茎和根,去除杂质,阴干。茎和根分别进行粉碎,加10倍量蒸馏水浸泡1 h,煮沸提取2次,每次2 h,抽滤得提取液,合并2次提取液。所得提取液,浓缩至5倍水体积,3 000 r·min⁻¹离心10 min,收集上清液,减压浓缩并进行真空冷冻干燥,分别得到铁皮石斛茎和根的冻干水提物。精密称取10 mg的冻干水提物样本,加入80%甲醇1 mL,研磨5 min,再涡旋5 min,4℃条件下离心10 min,离心力20 000×g,取上清,经0.22 μm的微孔滤膜过滤,即得供试品溶液,每组平行设置3个重复,放置4℃冰箱备用。

2.2 色谱条件 Welch Ultimate XB-C18型色谱柱(50 mm×2.1 mm,1.8 μm);流动相为甲醇(A)-0.1%甲酸水溶液(B),梯度洗脱(0~1 min,2% A;1~5 min,2%~20% A;5~10 min,20%~50% A;10~15 min,50%~80% A;15~20 min,80%~95% A;20~25 min,95% A;25~26 min,95%~2% A;26~30 min,2% A);流量:0.3 mL·min⁻¹;柱温箱温度:35.0℃;自动进样器温度:10.0℃;自动进样器进样体积量:5.00 μL。

2.3 质谱条件 采用电喷雾离子源(ESI),在正负离子切换扫描模式下分别进行质谱检测分析。扫描模式:Full mass/dd-MS₂,Full mass分辨率为70 000,dd-MS₂分辨率为17 500;扫描范围:150.0~2 000 m·z⁻¹;电喷雾电压:3 800 V(Positive);毛细管温度:300℃;

碰撞气:高纯氦气(纯度 $\geq 99.999\%$);鞘气:氮气(纯度 $\geq 99.999\%$), 40 Arb;辅助气:氮气(纯度 $\geq 99.999\%$), 350 $^{\circ}\text{C}$;数据采集时间为 30 min。

2.4 数据分析 UPLC-QE-Orbitrap-MS采集的数据通过 CD2.1(Thermo Fisher)完成数据初步整理后进行数据库检索比对(mzCloud, mzVault),筛选出赣南地区产铁皮石斛茎和根可能存在的化合物。在此基础上,利用 Thermo Xcalibur 2.2 分析软件对质谱数据进一步分析和处理,并结合相关参考文献推导拆分碎片,最终确定赣南地区产铁皮石斛茎和根的化合物。得到的数据输入 SIMCA-P 14.1 软件进行无监督的主成分分析(PCA),从总体上得到茎和根之间的总体成分差异和变异度大小,并使用 Draw Venn Diagram 软件对根和茎化学成分进行 Venn 差异分析。

3 结果

3.1 赣南地区产铁皮石斛茎和根的化学成分定性分析 本实验基于 UPLC-QE-Orbitrap-MS 技术对赣南地区产铁皮石斛茎和根的水提物进行化学成分表征,通过比较赣南地区产铁皮石斛茎和根的总离子流图(见图 1),发现茎和根间成分种类差异较小。从两个不同部位总离子流图中分离出 598 个质量峰,结合参考文献和 mzCloud 数据库,综合考虑保留时间、分子式、精确分子量、特征性离子碎片,分别鉴定了 29 个共有化学成分(包括 12 个有机酚酸类、10 个黄酮类、3 个核苷类、3 个脂肪酸类及 1 个酰胺类物质,见表 1)和 5 个差异化学成分(根:3 个有机酸类、1 个黄酮类;茎:1 个脂肪酸。见表 2)。

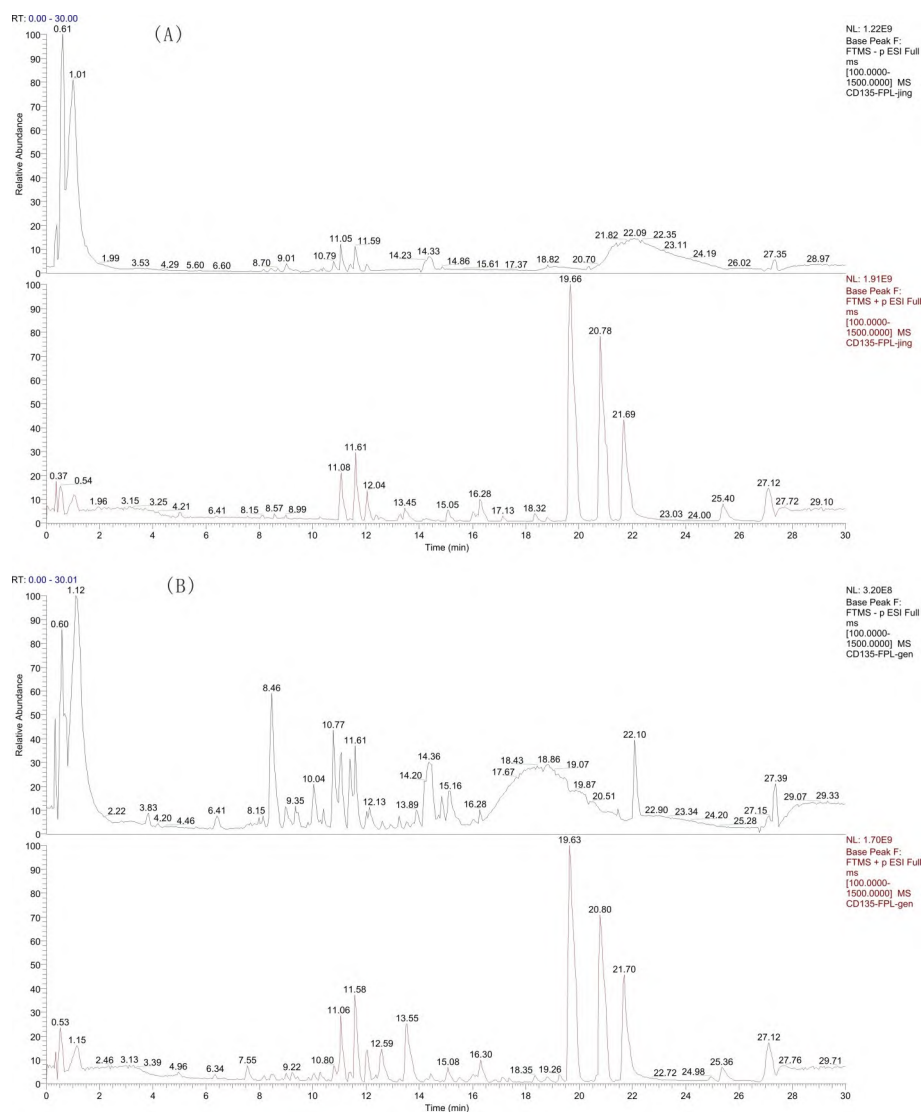


图1 赣南地区产铁皮石斛茎(A)和根(B)的水提物UPLC-QE-Orbitrap-MS总离子流图

表1 赣南地区产铁皮石斛茎和根水提取物中29个共有化合物的定性分析结果

Peak	t _R /min	Molecular formula	Quasimolecular ion/m·z ⁻¹		Product ions/m·z ⁻¹	Identification
			Measured	ppm		
1	1.65	C ₉ H ₁₂ N ₂ O ₆	[M-H] ⁻ 243.06239	-0.53	82,110,200	Uridine(尿苷)
2	2.80	C ₁₀ H ₁₄ N ₅ O ₄	[M+H] ⁺ 268.10394	0.34	85,94,136,137	Adenosine(腺苷)
3	3.82	C ₅ H ₅ N ₅ O	[M+H] ⁺ 152.05679	-0.69	107,110,134	Guanine(鸟嘌呤)
4	4.20	C ₇ H ₆ O ₄	[M-H] ⁻ 153.01845	5.73	109	Protocatechuic acid(原儿茶酸)
5	5.58	C ₇ H ₆ O ₃	[M-H] ⁻ 137.02339	7.44	93	Salicylic acid(水杨酸)
6	6.40	C ₇ H ₆ O ₂	[M+H] ⁺ 123.04434	-2.33	95	Benzoic acid(苯甲酸)
7	6.87	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	[M-H] ⁻ 289.07227	-1.75	245,271	Catechin(儿茶素)
8	6.44	C ₈ H ₈ O ₄	[M-H] ⁻ 167.03413	5.07	152,108	Vanillic acid(香草酸)
9	7.66	C ₉ H ₁₀ O ₅	[M+H] ⁺ 199.06023	-0.66	95,123,140,155	Syringic acid(丁香酸)
10	8.47	C ₉ H ₈ O ₃	[M+H] ⁺ 165.05453	0.55	91,119,147	p-Hydroxycinnamic acid(对羟基肉桂酸)
11	8.67	C ₁₅ H ₂₂ O ₄	[M+H] ⁺ 289.10690	0.52	111,181	Eriodictyol(圣草酚)
12	8.73	C ₁₆ H ₁₄ O ₇	[M+H] ⁺ 319.08087	1.13	123,151,177,293	Padmatin(李属素)
13	8.81	C ₉ H ₈ O ₂	[M-H] ⁻ 147.04414	-0.58	/	Cinnamic acid(肉桂酸)
14	9.01	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	[M+H] ⁺ 195.06516	0.13	89,117,145,177	Ferulic acid(阿魏酸)
15	9.26	C ₁₀ H ₁₀ O ₃	[M+H] ⁺ 179.07013	0.79	133,137,161	4-Methoxycinnamic acid(4-甲氧基肉桂酸)
16	9.77	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀	[M-H] ⁻ 431.09872	-0.81	108,151,283	Vitexin(牡荆素)
17	9.84	C ₁₆ H ₁₄ O ₆	[M+H] ⁺ 303.08627	0.15	167,201,261,285	Hesperetin(橙皮素)
18	9.88	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₅	[M-H] ⁻ 593.15173	-0.9	293,413	Kaempferol-3-O-robinobioside(山柰酚3-O-洋槐糖苷)
19	10.35	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₄	[M-H] ⁻ 577.15764	-0.8	297,353,383	Violanthin(三色堇黄苷)
20	10.77	C ₁₇ H ₁₇ NO ₃	[M+H] ⁺ 284.12784	0.99	121,147,164	N-p-trans-Coumaroyltyramine(N-p-香豆酰酪胺)
21	10.80	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	[M-H] ⁻ 447.09357	-0.64	227,255,284	Luteolin-7-O-rutinoside(木犀草素-7-O-芸香糖苷)
22	11.40	C ₉ H ₁₀ O ₃	[M+H] ⁺ 167.07013	0.85	123,135	4-hydroxyphenylpropionic acid(4-羟基苯丙酸)
23	12.00	C ₁₅ H ₁₂ O ₅	[M-H] ⁻ 271.06165	-1.66	119,151	Naringenin(柚皮素)
24	11.84	C ₁₆ H ₁₈ O ₄	[M+H] ⁺ 275.12732	1.7	121,181	Gigantol(石斛酚)
25	13.68	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	[M+H] ⁺ 271.09634	3.06	211,225,239,253	Apigenin(芹菜素)
26	16.68	C ₁₆ H ₁₂ O ₇	[M+H] ⁺ 317.20853	-3.12	299	Isorhamnetin(异鼠李素)
27	17.10	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	[M-H] ⁻ 255.23294	0.05	69,197	Palmitic acid(十六烷酸)
28	19.66	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	[M+H] ⁺ 271.26263	1.95	57,103,117	Margaric acid(十七烷酸)
29	20.70	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	[M-H] ⁻ 281.24881	-0.73	67,87,99	Oleic acid(十八烯酸)

表2 赣南地区产铁皮石斛茎和根水提取物中5个差异化合物的定性分析结果

Peak	Official part	t _R /min	Molecular formula	Quasimolecular ion/m·z ⁻¹		Product ions /m·z ⁻¹	Identification
				Measured	ppm		
1	root	4.37	C ₉ H ₁₇ NO ₅	[M-H] ⁻ 218.10324	0.71	68,71,146	Pantothenic acid(泛酸)
2		5.05	C ₆ H ₁₀ O ₄	[M-H] ⁻ 145.04965	6.73	83,101	3-Methylglutaric acid(3-甲基戊二酸)
3		11.66	C ₉ H ₁₀ O ₃	[M+H] ⁺ 167.07013	0.85	78,123	Apocynin(夹竹桃麻素)
4		17.08	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	[M+H] ⁺ 255.23170	0.62	69,219,225	Palmitoleic acid(棕榈油酸)
5	stem	19.68	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	[M-H] ⁻ 279.23315	-0.7	96	Linoleic acid(亚油酸)

3.2 赣南地区产铁皮石斛茎和根差异成分分析

利用SIMCA-P 14.1软件对预处理后的数据进行PCA分析及Draw Venn Diagram软件进行Venn差异分析,筛选差异成分。通过PCA主成分分析得分散点图,能够直观地显示出二者之间的整体差异,结

果见图2。横坐标为描述多维数据矩阵中最显著的特性;纵坐标为除横坐标以外的所能描述多维数据矩阵中最显著的特性。在横坐标上,根和茎并未明显分离,这说明两个部位不同化学成分种类的差异并不明显。在纵坐标上,茎与根明显分离,且茎、根

分别分布在不同侧,这说明部位之间的化学成分含量是第二显著的特性,二者成分含量相差较大。使用 Draw Venn Diagram 软件对二者成分进行差异分析发现,茎和根有 520 个共有质量峰,18 个茎特有质量峰和 60 个根特有质量峰,进一步表明二者成分种类大致相同(见图 3)。

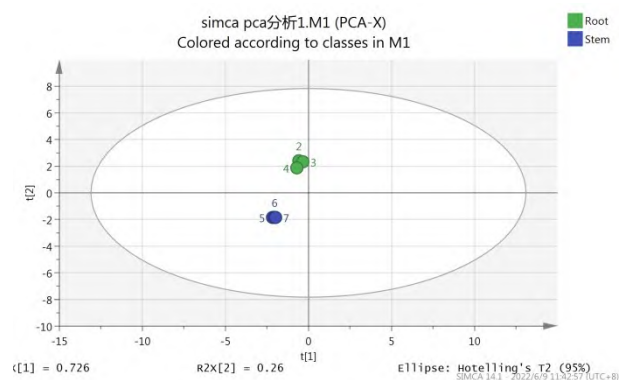


图2 赣南地区产铁皮石斛茎和根水提物成分的PCA分析

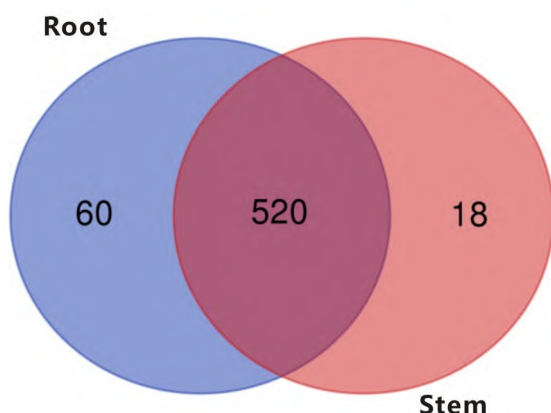


图3 赣南地区产铁皮石斛茎和根水提物成分的Venn差异分析

4 讨论

铁皮石斛属于名贵中草药,资源短缺,且铁皮石斛根为气生根,杂质污染少,较易净制,民间用于食疗较广泛。浙江、福建等地民间常将铁皮石斛根洗净晒干,煲汤服用,亦有酿酒时掺入进行发酵,取其保健功效。因此,对铁皮石斛根部的物质基础进行系统研究,为铁皮石斛根的进一步开发利用提供科学依据具有重要意义。本研究采用 UPLC-QE-Orbitrap-MS 技术对赣南地区产铁皮石斛根和茎水提物的主要化学成分进行了全面表征。通过参考已有的铁皮石斛化学成分研究报道^[11-16]并结合 mzCloud 数据库检索比对,共鉴定出 29 个共有化合物、4 个根差异化化合物及 1 个茎差异化化合物。对铁皮石斛茎和根水提

物化学成分进行 Venn 差异分析,茎水提物的差异成分有 18 个,根水提物的差异成分有 60 个,主要为有机酸和黄酮类。二者化学成分种类差异较小,成分相似,表明铁皮石斛根进一步开发其食疗、药用等功能具有可行性。

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,2020:295.
- [2] 李伟,张静,周雯,等. 铁皮石斛对免疫抑制小鼠的免疫调节作用和血清细胞因子的影响[J]. 卫生研究, 2016,45(1):137-139.
- [3] SUN J, GUO Y, FU X, et al. *Dendrobium candidum* inhibits MCF-7 cells proliferation by inducing cell cycle arrest at G2/M phase and regulating key biomarkers [J]. *Onco Targets Ther*, 2015,9:21-30.
- [4] LUO Q L, TANG Z H, ZHANG X F, et al. Chemical properties and antioxidant activity of a water-soluble polysaccharide from *Dendrobium officinale* [J]. *Int J Biol Macromol*, 2016,89:19-27.
- [5] WEI W, LI Z P, ZHU T, et al. Anti-fatigue effects of the unique oligosaccharide marker of *Dendrobium officinale* on BALB/c mice[J]. *Molecules*, 2017,22(1):155.
- [6] ZHAO M, HAN J. *Dendrobium officinale* Kimura et Migo ameliorates insulin resistance in rats with diabetic nephropathy [J]. *Med Sci Monit Basic Res*, 2018, 24: 84-92.
- [7] 杨传玉,刘帆,吴耽,等. 铁皮石斛抗阿司匹林诱导急性胃黏膜损伤活性组分筛选及作用研究[J]. 天然产物研究与开发,2016,28(11):1699-1705.
- [8] 王枫,石红青. 我国铁皮石斛产业发展研究[J]. 中国林业经济,2019(3):88-90.
- [9] 王富强,陈晓蓉,龚秋林,等. 江西省铁皮石斛发展现状及建议[J]. 农技术,2016,33(11):141-142.
- [10] WANG Y, TONG Y, ADEJOBI O I, et al. Research advances in multi-omics on the traditional Chinese herb *Dendrobium officinale* [J]. *Front Plant Sci*, 2022, 12: 808228.
- [11] GFAFE, MAHONEY J R, BRYANT R G, et al. Iron-catalyzed hydroxyl radical formation. Stringent requirement for free iron coordination site [J]. *Biol Chem*, 1984,259:3620-3624.
- [12] 姜港归,夏杰,杨健,等. 基于 UPLC-Q-TOF-MS/MS 代谢组学的铁皮石斛和玫瑰石斛化学成分差异研究[J]. 药学报,2021,56(12):3331-3344.

(下转第 936 页)

参考文献:

- [1] MARENGO R, ORTEGA MARTELL J A, ESPOSITO S. Paediatric recurrent ear, nose and throat infections and complications: can we do more [J]. *Infect Dis Ther*, 2020,9(2):275-290.
- [2] LI Y P, FU X M, MA J M, et al. Altered respiratory virome and serum cytokine profile associated with recurrent respiratory tract infections in children[J]. *Nat Commun*, 2019,10(1):2288.
- [3] 中华医学会,中华医学杂志社,中华医学会全科医学分会,等. 急性上呼吸道感染基层诊疗指南(2018年)[J]. *中华全科医师杂志*,2019,18(5):422-426.
- [4] 罗立梅,王晶,代春梅. 学龄前呼吸道感染患儿8种呼吸道病原体的流行病学特征[J]. *中国热带医学*,2019,19(12):1188-1190.
- [5] EVERARD M L. Paediatric respiratory infections [J]. *Eur Respir Rev*, 2016,25(139):36-40.
- [6] 白思远,郭素香,陈慧. 儿童反复呼吸道感染危险因素的Meta分析[J]. *中华医院感染学杂志*,2021,31(12):1811-1816.
- [7] MARKOVICH M P, GLATMAN-FREEDMAN A, BROMBERG M, et al. Back-to-school upper respiratory infection in preschool and primary school-age children in Israel[J]. *Pediatr Infect Dis J*, 2015,34(5):476-481.
- [8] 戴映雪,岳勇,杜训波,等. 托幼儿童健康相关行为与因上呼吸道感染症状缺勤关系研究[J]. *中国健康教育*,2021,37(8):723-727.
- [9] DAGNE H, ANDUALEM Z, DAGNEW B, et al. Acute respiratory infection and its associated factors among children under-five years attending pediatrics ward at University of gondar comprehensive specialized hospital, north-west ethiopia: institution-based cross-sectional study [J]. *BMC Pediatr*, 2020,20(1):93.
- [10] TEKLAY Z, AGOSH B, GEREAGIHER B, et al. Magnitude and factors associated with upper respiratory tract infection among under-five children in public health institutions of Aksum town, Tigray, northern ethiopia: an institutional based crosssectional study [J]. *Pan Afr Med J*, 2020,36:307.
- [11] 曾华钰琪. 环境污染对呼吸道系统疾病影响的分析[J]. *全科口腔医学电子杂志*,2019,6(12):15.
- [12] JEANNIN R, LEEUWEN K V. Associations between direct and indirect perceptions of parental differential treatment and child socio-emotional adaptation [J]. *J Child Fam Stud*, 2015,24(6):1838-1855.
- (收稿日期:2021-10-09)(责任编辑:刘仰斌)
- ~~~~~
- (上接第921页)
- [13] WANG Y H. Traditional uses, chemical constituents, pharmacological activities, and toxicological effects of dendrobium leaves: a review [J]. *J Ethnopharmacol*, 2021,270:113851.
- [14] WAN J Q, GONG X H, WANG F X, et al. Comparative analysis of chemical constituents by PLC-ESI-MS and antioxidant activities of dendrobium huoshanense and dendrobium officinale [J]. *Biomed Chromatogr*, 2022,36(1):e5250.
- [15] 李帆,金传高,任仙樱,等. 基于UPLC-MS/MS代谢组学技术分析不同栽培模式下铁皮石斛类黄酮化合物差异性[J]. *中草药*,2022,53(4):1156-1162.
- [16] 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.
- (收稿日期:2022-03-28)(责任编辑:敖慧斌)