

铁皮石斛花营养成分分析

范家坤^{1,2,3}, 刘倩葶¹, 罗慧^{1,2,3}, 李崇萍¹, 唐卿雁^{2,3,4}, 赵菊润⁵, 张新风^{6*}, 赵明^{1,2,3*}

- (1. 云南农业大学茶学院, 昆明 650201; 2. 云南农业大学, 西南中药材种质创新与利用国家地方联合工程研究中心, 昆明 650201; 3. 云南农业大学, 云南省药用植物生物学重点实验室, 昆明 650201; 4. 云南农业大学食品科学技术学院, 昆明 650201; 5. 龙陵县石斛研究所, 保山 678300; 6. 浙江农林大学, 省部共建亚热带森林培育国家重点实验室, 杭州 311300)

摘要: 目的 明确铁皮石斛花的营养价值, 促进其开发利用。**方法** 以烘干后的铁皮石斛花为原料, 采用国家标准方法测定铁皮石斛花的蛋白质、可溶性糖、多糖、游离氨基酸总含量, 应用高效液相色谱法、气相色谱-质谱法、液相色谱-质谱法和电感耦合等离子体发射光谱法检测游离氨基酸、可溶性糖、中长链脂肪酸、维生素和矿物质含量。**结果** 铁皮石斛花中游离氨基酸和可溶性糖含量分别为(23.73±0.73)和(45.74±1.77)%, 从铁皮石斛花中检测到16种氨基酸、13种可溶性糖、13种矿物质元素、8种中长链脂肪酸、10种B族维生素以及维生素E、维生素C和维生素K₁。**结论** 铁皮石斛花富含亚油酸、维生素B₄、维生素C等多种营养物质, 可作为功能食品的开发原料。

关键词: 铁皮石斛花; 营养成分; 可溶性糖; 脂肪酸; 维生素

Analysis of nutrients in flowers of *Dendrobium officinale*

FAN Jia-Kun^{1,2,3}, LIU Qian-Ting¹, LUO Hui^{1,2,3}, LI Chong-Ping¹, TANG Qing-Yan^{2,3,4},
ZHAO Ju-Run⁵, ZHANG Xin-Feng^{6*}, ZHAO Ming^{1,2,3*}

- (1. College of Tea Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. National-Local Joint Engineering Research Center on Germplasm Innovation & Utilization of Chinese Medicinal Materials in Southwest China, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 3. Yunnan Provincial Key Laboratory of Medicinal Plant Biology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 4. College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 5. Longling Institute of Dendrobium, Baoshan 678300, China; 6. China State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Zhejiang A & F University, Hangzhou 311300, China)

ABSTRACT: Objective To clarify the nutritional value in flowers of *Dendrobium officinale*, and promote its development and utilization. **Methods** Dried flowers of *D. officinale* were used as test samples, the total content of protein, soluble sugar, polysaccharide and free amino acid were determined by a series of national standard methods, and the content of free amino acid, soluble sugar, medium and long chain fatty acids, vitamins and minerals were measured by high performance liquid chromatography, gas chromatography-mass spectrometry, liquid

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC1702205)、云南省重大科技专项(2017ZF003)

Fund: Supported by the National Key Research and Development Program of China (2017ZF003), and the Major Science and Technology Special Projects in Yunnan Province (2017ZF003)

***通信作者:** 张新风, 博士, 教授, 主要研究方向为中药资源。E-mail: zhangxf73@163.com

赵明, 博士, 教授, 主要研究方向为植物精深加工。E-mail: zhaoming02292002@aliyun.com

***Corresponding author:** ZHANG Xin-Feng, Ph.D, Professor, China State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Zhejiang A & F University, No.666 Wusu Street, Lin'an District, Hangzhou 311300, China. E-mail: zhangxf73@163.com

ZHAO Ming, Ph.D, Professor, College of Tea Science, Yunnan Agricultural University, No.452 Fengyuan Road, Pan'long District, Kunming 650201, China. E-mail: zhaoming02292002@aliyun.com

chromatography-mass spectrometry, and inductively coupled plasma mass spectrometry, respectively. **Results** The content of free amino acids and soluble sugar in flowers of *D. officinale* were (23.73±0.73) and (45.74±1.77)%, respectively, 16 kinds of amino acids, 13 kinds of soluble sugar, 13 kinds of mineral elements, 8 kinds of long chain fatty acids, 10 kinds of vitamins B, as well as vitamin E, vitamins C and K₁ were detected, respectively. **Conclusion** Flowers of *D. officinale* are rich in methyl linoleate, adenine, vitamin C and other various nutrients, which can be used as raw materials for the development of functional food.

KEY WORDS: flowers of *Dendrobium officinale*; nutrients; soluble sugar; fatty acids; vitamins

0 引言

铁皮石斛(*Dendrobium officinale* Kimura et Migo)是兰科(Orchidaceae)石斛属(*Dendrobium*)的植物^[1],其干燥茎为我国名贵中药材,收录于 2020 版药典^[2],具有保肝、抗癌、降血糖、抗疲劳、保护肠胃等药理作用^[3]。随着组织培养技术的发展,目前铁皮石斛广泛采用人工遮阴栽培^[4]。截至 2017 年,全国铁皮石斛种植面积超过 0.8 万 hm²,产量 2.7 万 t,产值超 100 亿元^[5]。

在大规模人工种植过程中,铁皮石斛产生了大量的花。前期研究发现,铁皮石斛花富含多种营养成分及生物活性成分,包括 17 种氨基酸^[6-7],以及 K、Ca、Na、Mg 等常量元素,Se、Co、Cu、Mn、Fe、Cr、Sr、Zn、B 等微量元素^[8];且富含多糖、黄酮等酚类化合物^[9-11]、多种挥发性成分^[12-14]等。动物实验表明,铁皮石斛花具有抗氧化^[15]、降血压^[16]等生理功能,能减轻衰老大鼠脑老化、提高其空间学习能力^[17],还能改善甲亢型阴虚小鼠模型“颧红、心悸”等阴虚症状和甲状腺轴功能亢进导致的肝功能损伤^[18]。由此可见,铁皮石斛花具有多种保健功效,具有较大的开发潜力。

目前,铁皮石斛花已被广泛应用于功能和普通食品加工中^[19]。2018 年 6 月,国家卫健委发布通告铁皮石斛花作为新食品原料终止审查,按照地方特色食品进行管理。随后浙江(DB 33/3011—2020《浙江省食品安全地方标准干制铁皮石斛花》)、福建(DBS 35/001—2020《福建省食品安全地方标准 铁皮石斛花》)、广西(DBS 45/062—2019《广西壮族自治区食品安全地方标准 铁皮石斛花》)、贵州(DBS 52/045—2020《贵州省食品安全地方标准 铁皮石斛花干制品》)、云南(DBS 53/030—2021《云南省食品安全地方标准 干制铁皮石斛花》)等省或自治区相继颁布与实施了铁皮石斛花的地方食品安全标准,促进了铁皮石斛花的开发利用,更为科学评价铁皮石斛花提出更高的要求。目前,铁皮石斛花成分的研究仍不够系统,其营养特征还不甚清楚^[20]。为能科学地开发高价值的铁皮石斛花功能性产品,本研究拟测定铁皮石斛花蛋白质、碳水化合物、矿物质等营养成分含量,并首次对其可溶性糖、中长链脂肪酸、维生素的组成与含量进行测定,为铁皮石斛花营养成分补充新数据,为其深入研究利用提供了依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

铁皮石斛鲜花于 2019 年 5 月采摘自云南省龙陵县龙陵石斛研究所石斛种植基地(坐标: 98.696 °E, 24.593 °N),鲜花采摘后,经 50 °C 烘干,避光保存。

16 种氨基酸标准品: 丙氨酸(Ala)、精氨酸(Arg)、天冬氨酸(Asp)、半胱氨酸(Cys)、谷氨酸(Glu)、甘氨酸(Gly)、组氨酸(His)、异亮氨酸(Ile)、亮氨酸(Leu)、甲硫氨酸(Met)、苯丙氨酸(Phe)、脯氨酸(Pro)、丝氨酸(Ser)、苏氨酸(Thr)、酪氨酸(Tyr)、缬氨酸(Val)(纯度>98%,美国安捷伦公司)。

36 种脂肪酸甲酯标准品: 己酸甲酯、辛酸甲酯、癸酸甲酯、十一酸甲酯、月桂酸甲酯、十三酸甲酯、肉豆蔻酸甲酯、肉豆蔻脑酸甲酯、十五烷酸甲酯、十五碳烯酸甲酯、棕榈酸甲酯、棕榈油酸甲酯、十七烷酸甲酯、十七烯酸甲酯、硬脂酸甲酯、反-9-十八碳烯酸甲酯、油酸甲酯、反亚油酸甲酯、亚油酸甲酯、花生酸甲酯、*r*-亚麻酸甲酯、11-二十碳烯酸甲酯、亚麻酸甲酯、二十一烷酸甲酯、11,14-二十碳二烯酸甲酯、山嵛酸甲酯、顺-8,11,14-二十烷三烯酸甲酯、芥酸甲酯、顺-11,14,17-二十碳三烯酸甲酯、二十三烷酸甲酯、花生四烯酸甲酯、二十二碳二烯酸甲酯、木蜡酸甲酯、二十碳五烯酸甲酯、神经酸甲酯、二十二碳六烯酸甲酯、*cis*-15-十四酸甲酯标准品(纯度>98%,美国 Supelco 公司)。

23 种矿物质标准品: 镁(Mg)、钙(Ca)、锰(Mn)、铁(Fe)、锌(Zn)、镉(Cd)、钾(K)、铜(Cu)、硼(B)、钠(Na)、钴(Co)、镍(Ni)、砷(As)、钼(Mo)、铅(Pb)、铝(Al)、铬(Cr)、硒(Se)、锶(Sr)、锂(Li)、铍(Be)、磷(P)、钒(V)(纯度>98%,混合标准样品,美国 PerkinElmer ELAN 公司); 14 种可溶性糖标准品和 15 种维生素标准品: 葡萄糖(glucose, Glu)、果糖(fructose, Fru)、鼠李糖(rhamnose, Rha)、海藻糖(trehalose, Tre)、麦芽糖(maltose, Mal)、蔗糖(sucrose, Suc)、岩藻糖(fucose, Fuc)、阿拉伯糖(arabinose, Ara)、半乳糖(galactose, Gal)、甘露糖(mannose, Man)、核糖(ribose, Rib)、乳糖(lactose, Lac)、水苏糖(stachyose, Sta)、棉子糖(raffinose, Raf)、硫胺素(thiamine, VB₁)、核黄素(riboflavin, VB₂)、烟酰胺(nicotinamide, VB₃)、

腺嘌呤(adenine, VB₄)、泛酸(pantothenic acid, VB₅)、吡哆醇(pyridoxine, VB₆)、生物素(biotin, VB₇)、5'-单磷酸腺苷(vitamin B₈, VB₈)、叶酸(folic acid, VB₉)、氰钴胺(cyanocobalamin, VB₁₂)、 α -维生素 E (α -vitamin E, α -VE)、 γ -维生素 E (γ -vitamin E, γ -VE)、 δ -维生素 E (δ -vitamin E, δ -VE)、维生素 C (vitamin C, VC)和维生素 K₁ (vitamin K₁, VK₁)(纯度>98%, 美国 Sigma 公司)。

甲醇、乙腈、乙酸、正己烷(色谱纯, 德国 Merck 公司)。

1.2 仪器与设备

756CRT 紫外可见分光光度计(上海菁华科技仪器有限公司); 1200 型高速液相色谱系统(美国 Agilent 公司); A13204-N 电子分析天平(美国 OHAUS 公司); Smart-Q30 实验室纯水系统(上海和泰仪器有限公司); DHG-9140 型电热鼓风干燥箱(上海中友仪器设备有限公司); Avio 200 电感耦合等离子体发射光谱仪(新加坡 PerkinElmer 公司); Thermo DGLC 双三元超高效液相色谱仪、Q exactive 高分辨质谱检测系统(美国 Thermo Fisher Scientific 公司)。

1.3 实验方法

铁皮石斛花蛋白质含量参照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中的分光光度法测定, 总游离氨基酸含量参照 GB/T 8314—2013《茶游离氨基酸总量的测定》中的茚三酮比色法测定, 应用实验室建立的高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)测定游离氨基酸组分^[21], 并根据峰面积使用外标法进行定量分析; 可溶性糖和多糖含量分别采用硫酸蒽酮比色法^[22]和苯酚硫酸法^[23]测定, 并应用 HPLC 测定可溶性糖组成与单体含量; 中长链脂肪酸含量采用气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)测定; 维生素含量采用液相色谱-质谱法(liquid chromatography-mass spectrometry, LC-MS)测定; 矿物质含量采用电感耦合等离子体质谱法(inductively coupled plasma-mass spectrometry, ICP-MS)测定; 另外, 应用 GC-MS 和 ICP-MS 技术测定铁皮石斛花中的农药残留、金属离子和重金属离子含量。

1.4 数据处理与统计分析

每个样品设置 3 次重复, 应用软件 IBM Spss Statistics 22 和 Origin 8.0 进行数据处理, 以平均值 \pm 标准偏差表示。

2 结果与分析

2.1 基本营养素含量

为了明确铁皮石斛花的营养价值, 本研究首先测定了铁皮石斛干花的含水量和粗蛋白、游离氨基酸含量, 分别为(4.74 \pm 0.07)%、(0.93 \pm 0.48)%和(23.73 \pm 0.73) mg/g。采用邻苯二甲醛(O-phthalaldehyde, OPA)衍生, HPLC 法从样品中检测到 16

种游离氨基酸, 详见表 1, 各氨基酸含量在 0.03~1.51 mg/g 之间, 含量最高的为丝氨酸[(1.51 \pm 0.09) mg/g]。从氨基酸组成来看, 龚庆芳等^[24]采用液相色谱-串联质谱法在铁皮石斛花中仅检测到 13 种氨基酸, 而曲继旭等^[6]、张珍林等^[25]采用氨基酸自动分析仪均在铁皮石斛花中检测到了 17 种氨基酸; 与之相比, 本研究未检测到赖氨酸(Lys), 这可能是因为本研究采用 OPA 衍生, 而据报道, OPA 不能衍生二级氨基酸^[26], 故未检测到赖氨酸。综合本研究及已有报道可知, 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(0.17~1.00 mg/g)、异亮氨酸(0.06~2.50 mg/g)、苏氨酸(0.04~2.60 mg/g)、亮氨酸(0.18~4.50 mg/g)、甲硫氨酸(0.19~0.37 mg/g)、赖氨酸(0.17~2.90 mg/g)、缬氨酸(0.05~2.90 mg/g)和苯丙氨酸(0.10~2.50 mg/g)共 8 种人体必需氨基酸。

测定发现铁皮石斛花多糖含量为(5.73 \pm 0.04)%, 该结果与辛小雪等^[27]报道花苞期和微开期的铁皮石斛花多糖质量分数分别为(45.6 \pm 3.5) mg/g 和(55.3 \pm 5.3) mg/g, 以及吕素华等^[9]报道 1 \times 6 杂交家系铁皮石斛花多糖质量分数为(56.70 \pm 0.19) mg/g 的结果基本相符。有趣的是, 采用硫酸蒽酮法测定时, 发现铁皮石斛花的可溶性糖含量为(45.74 \pm 1.77)%。为了验证该结果, 进一步采用 HPLC 测定了样品的可溶性糖组成与含量。在铁皮石斛花中检测海藻糖(Tre)、岩藻糖(Fuc)、鼠李糖(Rha)等 13 种可溶性糖(表 2), 含量在 0.002~78.97 mg/g 之间, 葡萄糖[(78.97 \pm 0.71) mg/g]和蔗糖[(24.45 \pm 0.38) mg/g]含量相对较高。可溶性糖作为绿色植物光合作用的重要产物, 能够参与植物体内诸多重要的代谢过程^[28]。同时充当衡量果实甜度和风味品质的重要指标^[29], 也是色素、氨基酸、维生素和芳香物质等其他营养成分合成的基础原料^[30], 其含量能够影响产品品质鉴定、加工利用以及遗传育种、植株生长^[31], 对铁皮石斛花的良好风味和营养价值有重要贡献。

2.2 中长链脂肪酸含量

脂肪酸是一类具有重要功能的生物分子, 广泛存在于动植物体内, 是人的重要组成成分^[32]。脂肪酸能显著改善神经类疾病、内分泌失调以及代谢综合征等疾病^[33], 具有重要的营养价值与药理活性。本研究在铁皮石斛花中共检测到 8 种中长链脂肪酸, 包括十五烷酸、棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、11-二十碳烯酸、亚麻酸和木蜡酸, 含量较高的包括亚油酸[(16.09 \pm 0.44) mg/g]、亚麻酸[(6.28 \pm 0.11) mg/g]和棕榈酸[(5.20 \pm 0.13) mg/g] (表 3)。据报道, 饮食摄入亚油酸可降低心血管疾病^[34]和癌症^[35]发生, 亚麻酸是人类健康所必需的一种脂肪酸, 具有心血管保护、抗癌、神经保护、抗骨质疏松、抗炎和抗氧化作用^[36], 棕榈酸是人体摄入量最多的脂肪酸之一, 其以甘油酯的形式广泛存在于动植物油脂中^[37]。铁皮石斛花含有以亚油酸、亚麻酸和棕榈酸为主的脂肪酸体系, 是否具有其的保健功效, 值得进一步评估。

表 1 铁皮石斛花游离氨基酸含量
Table 1 Content of free amino acid in flowers of *D. officinale*

种类	游离氨基酸含量/(mg/g)			
	本研究	龚庆芳等 ^[24]	曲继旭等 ^[6]	张珍林等 ^[25]
组氨酸(His [*])	0.42±0.04	—	1.00	0.17
缬氨酸(Val [*])	0.05±0.002	0.28	2.90	0.24
苏氨酸(Thr [*])	0.04±0.003	0.31	2.60	0.39
异亮氨酸(Ile [*])	0.06±0.005	0.26	2.50	0.18
亮氨酸(Leu [*])	0.18±0.01	0.71	4.50	0.40
甲硫氨酸(Met [*])	0.19±0.02	—	0.20	0.37
苯丙氨酸(Phe [*])	0.10±0.008	0.41	2.50	0.33
赖氨酸(Lys [*])	—	—	2.90	0.17
精氨酸(Arg [#])	0.51±0.09	4.31	2.80	0.49
天冬氨酸(Asp [#])	0.19±0.01	0.07	5.10	0.30
谷氨酸(Glu [#])	0.07±0.03	0.37	6.20	0.87
甘氨酸(Gly [#])	0.17±0.02	0.10	2.40	0.08
半胱氨酸(Cys [#])	1.16±0.08	—	0.20	0.04
丙氨酸(Ala [#])	0.08±0.008	0.28	3.30	0.54
脯氨酸(Pro [#])	0.03±0.005	0.98	1.80	0.15
丝氨酸(Ser [#])	1.51±0.09	0.22	2.70	0.30
酪氨酸(Tyr [#])	0.08±0.006	0.40	2.20	0.65
氨基酸总量(T)	23.73±0.73	8.70	45.80	5.65
必需氨基酸总量(E)	1.04±0.09	1.97	18.10	2.07
非必需氨基酸总量(N)	3.80±0.34	6.73	23.90	2.93
E/N/%	26.92±0.64	29.27	75.73	70.61
E/T/%	8.36±5.62	22.64	39.52	36.61

注: *为必需氨基酸, #为非必需氨基酸, —表示未检出, 下同。

表 2 铁皮石斛花检测到的可溶性糖含量
Table 2 Content of soluble sugar in extraction of flowers of *D. officinale*

种类	含量/(mg/g)
海藻糖(Tre)	1.02±0.02
岩藻糖(Fuc)	0.03±0.01
鼠李糖(Rha)	0.09±0.01
阿拉伯糖(Ara)	0.04±0.01
半乳糖(Gal)	0.42±0.02
葡萄糖(Glu)	78.97±0.71
蔗糖(Suc)	24.45±0.38
果糖(Fru)	7.71±0.12
核糖(Rib)	1.00±0.09
乳糖(Lac)	0.01±0.01
棉子糖(Raf)	1.47±0.04
水苏糖(Sta)	0.002±0.001
麦芽糖(Mal)	0.34±0.01
甘露糖(Man)	—

2.3 维生素含量

从铁皮石斛花中共检测到 10 种 B 族维生素, 包括 VB₁、VB₂、VB₃、VB₄、VB₅、VB₆、VB₇、VB₈、VB₉、VB₁₂, 由表 4 可知, 其中 VB₄ 含量最高[(530.78±29.37) μg/g], 占维生素 B 总量的 90.68%。维生素 B₄ 又称为腺嘌呤, 腺嘌呤是核酸合成的前体物质, 在体内参与 RNA 和 DNA 合成, 并能促进白细胞增生, 可用于防治各种原因引起的白细胞减少症^[38]。VB₁₂ 在铁皮石斛花中含量最低。共检测到 3 种生育酚, 分别是 α-VE、γ-VE 和 δ-VE, 其中 α-VE 含量最高[(19.73±1.18) μg/g]; 其次是 γ-VE 和 δ-VE。检测到铁皮石斛花中 VC 含量为[(201.28±0.01) μg/g], 即为 20.1 mg/100 g, 占维生素总量的 24.76%。与杨诗瑶等^[39]报道相比, 铁皮石斛花中 VC 含量远远高于西红柿(9.46 mg/100 g)、黄瓜(0.76 mg/100 g)、洋葱(0.14 mg/100 g)中的 VC 含量, 也高于柠檬(18.55 mg/100 g)、桔子(15.38 mg/100 g)中维生素 C 含量, 低于番石榴(96.91 mg/100 g)、猕猴桃(68.09 mg/100 g)和柚子(30.78 mg/100 g)中的 VC 含量。由此可见, 与常见的蔬菜水果相比, 铁皮石斛花中 VC 含量较高, 具有重要的营养价值。

表3 铁皮石斛花的中长链脂肪酸含量
Table 3 Content of long chain fatty acids in flowers of *D. officinale*

名称	含量/(mg/g)
十五酸	0.35±0.03
棕榈酸	5.20±0.13
硬脂酸	1.98±0.07
油酸	2.80±0.11
亚油酸	16.09±0.44
11-二十碳烯酸	0.58±0.00
亚麻酸	6.28±0.11
木蜡酸	1.73±0.02

2.4 矿物元素含量

矿物质是人体必需的营养素之一,在体内无法自行产生、合成,必须由外界环境供给,适量摄入有助于维持机体的正常生命活动^[40]。应用 ICP-MS 从铁皮石斛花中检测到 13 种矿物元素,详见表 5,各矿物元素含量在 2.77~18289.63 mg/kg 之间,含量最高的矿物元素为钾 [(18289.63±1398.96) mg/kg],与黄彪等^[41]报道相符。归纳各研究结果,可以得出铁皮石斛花至少含有 13 种矿物元

素,其中常量元素含量由高到低依次为 K (18289.63~19600.00 mg/kg)、Ca (9001.32~9785.00 mg/kg)、P (3034.09±57.43 mg/kg)、Mg (1360.00~2402.89 mg/kg)、Na (106.50~182.24 mg/kg),呈现出高钾低钠的特点。铁皮石斛花含有钾、钙、磷、镁、钠、铁、铝等矿物质,可作为人体矿物质良好的补充剂。

表4 铁皮石斛花维生素含量
Table 4 Content of vitamins in flowers of *D. officinale*

化合物	含量(μg/g)	化合物	含量(μg/g)
VB ₁	1.09±0.04	VB ₉	0.01±0.01
VB ₂	5.61±0.06	VB ₁₂	0.004±0.001
VB ₃	29.86±0.60	α-VE	19.73±1.18
VB ₄	530.78±29.37	γ-VE	4.60±0.22
VB ₅	10.88±0.10	δ-VE	0.14±0.04
VB ₆	3.61±0.06	VC	201.28±0.01
VB ₇	0.009±0.001	VK ₁	0.19±0.01
VB ₈	3.47±0.07	-	-

注: -表示无此项。

表5 铁皮石斛花中矿物元素含量
Table 5 Content of mineral elements in flowers of *D. officinale*

类别	矿物元素	含量/(mg/kg)		
		本研究	罗红等 ^[42]	黄彪等 ^[41]
常量元素	K	18289.63±1398.96	—	19600.00±600.00
	Ca	9001.32±295.68	—	9785.00±315.00
	P	3034.09±57.43	—	—
	Mg	2402.89±52.48	—	1360.00±54.00
	Na	182.24±1.52	—	106.50±4.50
	Fe	129.97±2.95	102.43±68.51	856.00±11.00
微量元素	Al	56.25±4.35	—	—
	B	45.89±5.02	—	—
	Mn	44.93±1.01	52.54±24.18	156.50±0.50
	Sr	22.87±0.20	—	—
	Cu	13.10±0.98	5.85±2.20	3.98±0.13
	Li	12.77±0.06	—	—
	Ba	2.77±0.29	—	—
	Zn	—	36.60±12.74	28.90±0.40
	Se	—	0.31±0.28	—

2.5 农药与重金属残留

本研究对铁皮石斛花的烯丙酰草胺、六六六(α 、 β 、 δ)和七氟菊酯等 198 种农药残留进行了检测, 在样品中仅检测到甲霜灵(0.98 mg/kg), 其含量符合 GB 2763—2019《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》的规定。另外, 在铁皮石斛花中未检测到有害重金属元素(镉、砷、铅、铬)。依照本研究农药与重金属残留的检测结果来看, 铁皮石斛花较为安全。

3 结论与讨论

铁皮石斛在我国的云南、浙江、贵州、福建、广东等地均有广泛的种植, 目前已经报道了广西^[7,24,27,42]、浙江^[6,9,23,42]、云南^[6,8]、贵州^[6,42]、福建^[41,42]、湖北^[15]、安徽^[8]和山东^[15]等地的铁皮石斛花营养成分。但是由于栽培措施、品种以及环境因子的不同, 各报道的成分变化较大。如曲继旭等^[6]报道采集于浙江的铁皮石斛花游离氨基酸总量达到了 45.80 mg/g, 而与之相比, 广西、安徽和包括本研究采集于云南的铁皮石斛花在内的游离氨基酸总量分别为 8.70 mg/g、5.67 mg/g、(23.73±0.73) mg/g, 后 3 者报道的检测结果均与曲继旭的检测结果差距变化较大, 差距成因有待进一步考证和研究, 后续研究可加大取样量, 分析不同栽培区域、不同品种, 以及不同栽培模式的铁皮石斛花营养成分, 以系统评价铁皮石斛花的营养价值。

综合已有报道与本研究结果, 可以看出铁皮石斛花含有 1%左右的蛋白以及 8 种必需氨基酸在内的 17 种氨基酸, 含有 5%左右的多糖和以葡萄糖和蔗糖为主的 13 种可溶性糖, 以亚油酸、亚麻酸和棕榈酸为主的 8 种中长链脂肪酸, 以 VB₄ 和维生素 C 为主的 15 种维生素, 以 K、Ca、P、Mg、Fe 为主的 13 种矿物元素。作为一种可食用花卉, 铁皮石斛花含有上述成分, 具有一定的营养价值, 值得深度研究开发。

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]. *Mol Plant*, 2015, 8(6): 922–934.
- [2] 国家药典委员会. 中国药典(一部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
Chinese Pharmacopoeia Commission. *China Pharmacopoeia (Volume 1)* [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020.
- [3] TANG H, ZHAO T, SHENG Y, *et al.* *Dendrobium officinale* Kimura et Migo: A review on its ethnopharmacology, phytochemistry, pharmacology, and industrialization [J]. *Evid-Based Compl Alt Med*, 2017. DOI: 10.1155/2017/7436259
- [4] CHENG J, DANG PP, ZHAO Z, *et al.* An assessment of the Chinese medicinal *Dendrobium* industry: Supply, demand and sustainability [J]. *J Ethnopharmacol*, 2019, 229: 81–88.
- [5] 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.
WANG F, SHI HQ. Research on the development of *Dendrobium officinale* ironbark industry in China [J]. *China Forest Econ*, 2019, 3: 88–90.
- [6] 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.
QU JX, HE YX, SUN ZR, *et al.* Comparison of amino acid and volatile components of four *Dendrobium* species flowers [J]. *Mod Chin Med*, 2018, 20(4): 387–394.
- [7] 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.
ZHOU JY, SUN MY, DENG JL, *et al.* Effects of species, drying and storage methods on the amino acid content of *Dendrobium officinale* flowers [J]. *Food Sci Technol*, 2019, 44(2): 88–93.
- [8] 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.
ZHANG ZL, HAN BX, LIU LB, *et al.* Determination of multiple elements in the dried flowers of *Dendrobium officinale* by ICP-OES [J]. *Chin Wild Plant Resour*, 2020, 39(1): 4–8.
- [9] 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.
LV SH, XU M, ZHANG XF, *et al.* Analysis of polysaccharide, leachate and amino acid mass fractions of *Dendrobium officinale* flowers from different hybrid family lines [J]. *J Zhejiang Agric Forest Univ*, 2016, 33(5): 749–755.
- [10] 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 JY, YAN MQ, QI FF, *et al.* Optimization of extraction process and *in vitro* antioxidant activity of total flavonoids from *Dendrobium officinale* flowers [J]. *J Zhejiang Chin Med Univ*, 2017, 41(3): 235–242.
- [11] 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.
LI F, WEI Y, CHEN YJ. Study on the flavonoid content and *in vitro* antioxidant activity of *Dendrobium officinale* stems, leaves and flowers [J]. *Acta Chin Med*, 2019, 34(5): 1020–1023.
- [12] 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*, 2020, 42(10): 262–268.
HUANG B, HE W, WU JH, *et al.* Simultaneous determination of phenolic fractions in the stems, leaves, and flowers of *Dendrobium officinale* perfringens by UPLC-MS/MS [J]. *Food Sci*, 2020, 42(10): 262–268.
- [13] 霍昕, 周建华, 杨迺嘉, 等. 铁皮石斛挥发性成分研究 [J]. *中华中医药杂志*, 2008, 23(8): 735–737.
HUO X, ZHOU JH, YANG NJ, *et al.* Study on the volatile components of *Dendrobium officinale* flowers [J]. *China J Tradit Chin Med Pharm*, 2008, 23(8): 735–737.
- [14] 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.
LV SH, XU M, ZHANG XF, *et al.* Analysis of volatile components of flowers from 11 *Dendrobium officinale* hybrid family lines [J]. *Chin J Exp Tradit Med Formulae*, 2016, 22(6): 52–57.
- [15] 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.

- CAO XY, TANG YN, JIANG XM, *et al.* Study on content and antioxidant activity of polysaccharides in different parts of *Dendrobium officinale* Kimura et Migo [J]. Food Drug, 2018, 20(3): 227–230.
- [16] 梁凯伦, 方萍, 施秋秋, 等. 铁皮石斛花对高糖高脂饮酒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.
- LIANG KL, FANG P, SHI QQ, *et al.* Hypotensive effect and mechanism of *Dendrobium officinale* flowers on hypertension caused by high sugar and high fat drinking in rats [J]. China J Chin Mater Med, 2018, 43(1): 147–153.
- [17] LI LZ, LEI SS, 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]. Comb Chem High T Screen, 2020, 23(5): 402–410.
- [18] 雷珊珊, 吕圭源, 金泽武, 等. 铁皮石斛花提取物对甲型腺垂体小鼠的影响[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(9): 1793–1797.
- LEI SS, LV GY, JIN ZW, *et al.* Effect of extracts from *Dendrobium officinalis* flos on hyperthyroidism Yin deficiency mice [J]. China J Chin Mater Med, 2015, 40(9): 1793–1797.
- [19] 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): 1–10.
- YAN J, CAI YX, CHEN YL, *et al.* Research progress on the active ingredients and comprehensive utilization of *Dendrobium officinale* stems, leaves and flowers [J]. Food Ferment Ind, 2021, 47(17): 1–10.
- [20] 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 XH, WANG ZH, LI J, *et al.* Analysis of main nutrients and quality comparison of *Dendrobium* flowers at different flowering stages [J]. Chin J Trop Crops, 2017, 38(1): 45–52.
- [21] ZHAO M, MA Y, DAI L, *et al.* A High-performance liquid chromatographic method for simultaneous determination of 21 free amino acids in tea [J]. Food Anal Methods, 2013, 6(1): 69–75.
- [22] 徐美蓉, 李晓蓉, 李婷. 响应面分析优化蒽酮硫酸法测定葡萄叶片中可溶性糖的含量[J]. 甘肃农业科技, 2017, 11: 25–29.
- XU MR, LI XR, LI T. Optimization of anthranilic sulfuric acid method for the determination of soluble sugars in grape leaves by response surface analysis [J]. Gansu Agric Sci Technol, 2017, 11: 25–29.
- [23] 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 SJ, QIAN Z, LIU JJ, *et al.* Relative molecular mass and monosaccharide composition of polysaccharide in *Dendrobium officinale* flowers [J]. China J Chin Mater Med, 2017, 42(20): 3919–3925.
- [24] 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 QF, HE JX, HUANG NZ, *et al.* Chemical composition and antioxidant activities effects of *Dendrobium officinale* flower [J]. Food Sci Technol, 2014, 39(12): 106–110.
- [25] 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.
- ZHANG ZL, MIN YJ, HUANG RS, *et al.* Comparison of dried *Dendrobium huoshanense* and *D. officinale* in component content and antioxidant activity [J]. Nat Prod Res Dev, 2020, 32(7): 1104–1110.
- [26] 辛敏通, 傅欣彤, 陈有根, 等. 柱前衍生化 UPLC 测定板蓝根颗粒中主要游离氨基酸的含量[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(23): 3306–3309.
- XIN MT, FU XT, CHEN YG, *et al.* Determination of main free amino acids in Banlangen Keli by UPLC [J]. China J Chin Mater Med, 2011, 36(23): 3306–3309.
- [27] 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.
- XIN XX, WANG XX, LI MY, *et al.* Active components of flowers in different flowering stages and floral structures of *Dendrobium officinale* [J]. J Zhejiang Agric Forest Univ, 2019, 36(1): 200–205.
- [28] 李云云, 李强, 余宏军, 等. 花期短期低氮处理对黄瓜抗坏血酸及可溶性糖含量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2019, (5): 46–52.
- LI YY, LI Q, YU HJ, *et al.* Effects of short-term low-nitrogen treatment on AsA and soluble sugar contents of cucumber during flowering stage [J]. Soil Fertilizer Sci Chin, 2019, (5): 46–52.
- [29] 杜改改, 李泰山, 刁松峰, 等. 6个杏李品种果实甜酸风味品质分析[J]. 果树学报, 2017, 34(1): 41–49.
- DU GG, LI TS, DIAO SF, *et al.* Evaluation of flavor quality in relation to sugars and acids of six *Prunus domestica*×*Armeniaca* cultivars [J]. J Fruit Sci, 2017, 34(1): 41–49.
- [30] 王瑜, 杨浩博, 仲帅, 等. HPLC-ELSD 法测定长白山笃斯越橘果实中可溶性糖含量[J]. 食品工业科技, 2020, 41(2): 238–243.
- WANG Y, YANG HB, ZHONG S, *et al.* Determination of soluble sugar in *Vaccinium uliginosum* fruit in Changbai mountain by HPLC-ELSD [J]. Sci Technol Food Ind, 2020, 41(2): 238–243.
- [31] 白涛, 田福利, 高安社, 等. 谷物样品中淀粉、非淀粉多糖和游离糖的流水序列测定法[J]. 分析测试学报, 1996, (3): 22–25.
- BAI T, TIAN FL, GAO ANS, *et al.* A stream-lined procedure for the determination of starch, non-starch polysaccharides and free sugars in cereal [J]. J Instrum Anal, 1996, (3): 22–25.
- [32] 韩璐, 盛灵慧, 高运华, 等. 脂肪酸标准物质的研究进展[J]. 生物技术通报, 2020, 36(5): 9–15.
- HAN L, SHENG LH, GAO YH, *et al.* Research progress on fatty acid standard reference material [J]. Biotechnol Bull, 2020, 36(5): 9–15.
- [33] 王苑力, 李桐, 郭咪咪, 等. 中长链脂肪酸结构脂质及其制备工艺研究进展[J]. 中国粮油学报, 2021, 36(1): 195–202.
- WANG YL, LI T, GUO MM, *et al.* Research progress of medium and long-chain triacylglycerols and its preparation technology [J]. J Chin Cere Oils Ass, 2021, 36(1): 195–202.
- [34] MARANGONI F, AGOSTONI C, BORGHI C, *et al.* Dietary linoleic acid and human health: Focus on cardiovascular and cardiometabolic effects [J]. Atherosclerosis, 2020, 292(1): 90–98.
- [35] LI J, GUASCH-FERRÉ M, LI YP, *et al.* Dietary intake and biomarkers of linoleic acid and mortality: Systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies [J]. Am J Clin Nutr, 2020, 112(1): 150–167.
- [36] KIM K, ANAM Y, KIM HS, *et al.* α -Linolenic acid: Nutraceutical, pharmacological and toxicological evaluation [J]. Food Chem Toxicol, 2014, 70: 163–178.
- [37] PARDO V, GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ Á, MUNTANÉ J, *et al.* Role of hepatocyte S6K1 in palmitic acid-induced endoplasmic reticulum stress, lipotoxicity, insulin resistance and in oleic acid-induced protection [J]. Food Chem Toxicol, 2015, 80: 298–309.
- [38] 李超. 维生素 B₄ 质量控制方法研究[D]. 石家庄: 河北医科大学, 2015.
- LI C. Study on the specification for vitamin B₄ [D]. Shijiazhuang: Hebei Medical University, 2015.

- [39] 杨诗瑶, 李美英, 宋正蕊. 不同蔬菜水果中维生素 C (VC)含量检测分析[J]. 中国检验检疫, 2020, 28(2): 38-39.
YANG SY, LI MY, SONG ZR. Determination and analysis of vitamin C (VC) content in different vegetables and fruits [J]. China Inspect Body Lab, 2020, 28(2): 38-39.
- [40] 邓梦雅, 朱丽, 吴东慧, 等. 蔬菜中矿物质含量测定、营养评价及风险评估[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(9): 97-102.
DENG MY, ZHU L, WU DH, *et al.* Mineral content and nutritional value evaluation and risk assessment in vegetables [J]. Food Res Dev, 2018, 39(9): 97-102.
- [41] 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.
HUANG B, HE W, LIU WJ, *et al.* Determination of multiple mineral elements in *Dendrobium officinale* by microwave digestion-inductively coupled plasma-tandem mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(23): 8769-8774.
- [42] 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.
LUO H, SUN GQ, WANG Q, *et al.* analysis of 5 trace elements in *dendrobium officinale*'s flowers [J]. Guizhou For Sci Technol, 2021, 49(3):

11-15.

(责任编辑: 郑 丽 张晓寒)

作者简介



范家坤, 硕士研究生, 主要研究方向为植物精深加工。
E-mail: 1390437905@qq.com

张新凤, 博士, 教授, 主要研究方向为中药资源。
E-mail: zhangxf73@163.com



赵 明, 博士, 教授, 主要研究方向为植物精深加工。
E-mail: zhaoming02292002@aliyun.com