

张桂玲,冉 靛,罗绪强,等. 3 种不同产地铁皮石斛与铁皮枫斗多糖、氨基酸及必需元素含量分析[J]. 江苏农业科学,2017,45(14):146-149.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.14.041

3 种不同产地铁皮石斛与铁皮枫斗多糖、氨基酸及必需元素含量分析

张桂玲¹, 冉 靛¹, 罗绪强², 杨秀群¹, 邓家彬²

(1. 贵阳学院化学与材料科学学院, 贵州贵阳 550005; 2. 贵州师范学院地理与旅游学院, 贵州贵阳 550018)

摘要:以贵州、安徽、浙江 3 地铁皮石斛(*Dendrobium officinale* Kimura et Migo)与铁皮枫斗为研究对象,分别对其多糖、氨基酸和必需元素含量进行测定分析。结果表明:多糖含量以浙江铁皮枫斗最高,达 32.82%,黔产铁皮石斛叶片最低,为 17.21%,含量排序为浙江铁皮枫斗>黔产铁皮石斛下茎>黔产铁皮石斛上茎>安徽铁皮枫斗>黔产铁皮石斛叶片;铁皮石斛各类氨基酸含量排序均为黔产铁皮石斛叶片>安徽铁皮枫斗>黔产铁皮石斛上茎>浙江铁皮枫斗>黔产铁皮石斛下茎;钾(K)、铜(Cu)含量均以安徽铁皮枫斗最高,黔产铁皮石斛上茎最低;钙(Ca)、锌(Zn)含量均以黔产铁皮石斛叶片最高,安徽铁皮枫斗最低;铁皮石斛多糖含量与锰(Mn)含量为显著负相关关系($r = -0.93$, $P < 0.05$);甲硫氨酸含量与 Ca 含量,苏氨酸、亮氨酸、谷氨酸、酪氨酸、组氨酸和精氨酸含量与 Mn 含量均为显著正相关($r = 0.67 \sim 1.00$, $P < 0.05$),天冬氨酸含量与 Mn 含量呈极显著正相关($r = -0.99$, $P < 0.01$);多糖含量与各氨基酸含量均为负相关关系,其中天冬氨酸含量与多糖含量相关性显著($r = -0.93$, $P < 0.05$)。

关键词:铁皮石斛;多糖;氨基酸;必需元素;相关性

中图分类号: Q949.95; R284.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2017)14-0146-04

石斛属(*Dendrobium* Sw.)植物是我国传统中药材的重要原料之一,临床上常用于治疗肺虚、胃虚、脾虚等引起的内科疾病和眼科疾病^[1-3]。国际上传统药用石斛以金钗石斛(*Dendrobium nobile* Lindl)为主,但是近年来的化学成分研究表明,铁皮石斛(*Dendrobium officinale* Kimura et Migo)是石斛中药用价值较高的一种石斛^[4-7]。铁皮石斛鲜条加工后的干品称为铁皮枫斗。2010 年版《中华人民共和国药典》特将其从石斛类药材中划出,单独收载^[8]。贵州地处中国西南腹地,属亚热带湿润季风气候区,境内气候温暖湿润,土壤类型多样,是我国石斛主要产区之一,石斛也与天麻、杜仲、黄连、吴茱萸并称贵州五大名药。但是由于长期过度采挖,贵州野生铁皮石斛已濒临灭绝,市售铁皮石斛多为人工培育加工而成。据报道,铁皮石斛的药用部位主要为茎,而叶片在其总生物量中约占 50%^[9],民间也有饮用铁皮石斛茶叶滋补保健的习惯,铁皮石斛叶片功效成分与潜在药用及保健价值亟待挖掘。本研究选取贵州某一铁皮石斛培育基地人工培育的铁皮

石斛为研究对象,同时选购产地为安徽、浙江的 2 种铁皮枫斗为对照,分别对其多糖含量、氨基酸含量和必需元素含量进行测定分析,以期铁皮石斛药用及保健功能高效利用及其综合开发提供基础数据和理论支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试黔产铁皮石斛样品采自贵州省贵阳市花溪区桐木岭金茂生物科技有限公司铁皮石斛培育基地,在培育基地内随机选择 5 株成熟、健康的植株,每株按上茎、下茎、叶片分别采集,不同株铁皮石斛同部位样品混合成 1 个样装入干净信封,分别简称黔产上茎、黔产下茎、黔产叶片;安徽、浙江产地的 2 种铁皮枫斗采购自贵州省贵阳市同仁堂药店,分别简称安徽枫斗、浙江枫斗。黔产铁皮石斛样品带回实验室后,用自来水、去离子水快速冲洗干净、晾干,于 105℃ 杀青,与铁皮枫斗一起置于烘箱中 60℃ 烘干(约 4 h),粉碎过 100 目筛后封存于密封袋内避光干燥保存、备用。

主要仪器:721N 可见分光光度计(上海仪电分析仪器有限公司);日立 L-8900 氨基酸自动分析仪(日本);AA320N 原子吸收分光光度计(上海仪电分析仪器有限公司)。

主要试剂:苯酚(西陇化工有限公司,分析纯);硝酸(上海国药集团化学试剂有限公司,优级纯);L-8500-PH 缓冲液套装(日本三菱化学公司);日立氨基酸分析仪配套茚三酮显色液(和光化学工业有限公司);氨基酸混合标准样品(日本和光纯药工业株式会社)。

1.2 测试方法

多糖含量采用苯酚-硫酸法测定^[10-11],标准曲线方程为 $y = 62.827x + 0.0074$, $r = 0.997$;氨基酸含量参照 GB/T5009.

收稿日期:2016-11-14

基金项目:国家自然科学基金(编号:41563007);贵州省科技厅自然科学基金(编号:黔科合 J 字 LKG[2013]14 号);贵州省教育厅自然科学基金[编号:黔教合 KY 字(2012)059 号];贵州省优秀青年科技人才培养对象专项资金(编号:黔科合人字[2015]21 号);贵州省优秀科技教育人才省长资金(编号:黔省专合字[2012]80 号)。

作者简介:张桂玲(1978—),女,山东金乡人,博士,教授,主要从事药物化学和生态环境地球化学研究。Tel:(0851)85931298;E-mail:glzhang996@163.com。

通信作者:罗绪强,博士,教授,主要从事生态环境地球化学研究。Tel:(0851)85811045;E-mail:xuqiangluo@163.com。

124—2003《食品中氨基酸的测定》^[12],测定条件:HITACHI 2622SC-PH 离子分离柱,色谱柱尺寸 4.6 mm(内径)×60 mm,日立专用 3 μm 钠型阳离子交换树脂,分离柱柱温 57 ℃,反应柱尺寸 4.6 mm(内径)×40 mm,反应柱柱温 135 ℃;泵 I(缓冲液)流速 0.4 mL/min,泵 II(反应液)流速 0.35 mL/min,检测波长,1 通道 570 nm,2 通道 440 nm;分析时间,1 通道 32 min,2 通道 10 min。必需元素含量采用原子吸收分光光度计测定,各元素测定波长依次选择如下:钾(K),767 nm;钙(Ca),423.5 nm;镁(Mg),286.0 nm;铁(Fe),249.0 nm;锰(Mn),280.2 nm;铜(Cu),325.3 nm;锌(Zn),214.3 nm。以植物成分分析标准物质 GBW07604(GSV-3)杨树叶作为质量控制,标样元素含量测定结果均在标准值范围内。各项测定值均为植物干物质的元素总量。

1.3 数据分析

采用 Excel 2007、IBM SPSS Statistics 19 软件对试验数据进行处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 多糖含量

从图 1 可以看出,不同产地铁皮石斛多糖含量不同,且在不同部位间有所差异,多糖含量以浙江铁皮枫斗最高,黔产铁皮石斛叶片最低;黔产铁皮石斛不同部位中的多糖含量排序为下茎>上茎>叶片,下茎、上茎含量差异不大,均约是叶片的 1.7 倍;黔产铁皮石斛下茎、上茎多糖含量与浙江铁皮枫斗基本相当,而含量最低部位叶片中的多糖含量与安徽铁皮枫斗不相上下。

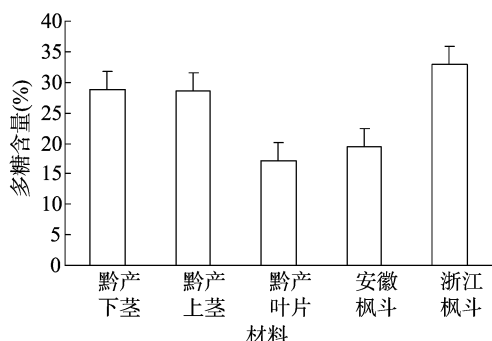


图1 不同产地石斛多糖含量

2.2 氨基酸含量

从表 1 可以看出,在检出的 16 种氨基酸中,无论是必需氨基酸、药效氨基酸^[13]、支链氨基酸、芳香族氨基酸、鲜味氨基酸^[14]、甜味氨基酸^[15-16]还是非必需氨基酸、总氨基酸,均以黔产铁皮石斛叶片中的含量最高,各类氨基酸含量在不同产地铁皮石斛中的排序多数表现为黔产铁皮石斛叶片>安徽铁皮枫斗>黔产铁皮石斛上茎>浙江铁皮枫斗>黔产铁皮石斛下茎。

安徽铁皮枫斗中各类氨基酸总量排序为药效氨基酸>非必需氨基酸>必需氨基酸>鲜味氨基酸>支链氨基酸>甜味氨基酸>芳香族氨基酸,其中含量最多的 5 种氨基酸依次是天冬氨酸(Asp)、谷氨酸(Glu)、亮氨酸(Leu)、精氨酸(Arg)、赖氨酸(Lys),占总氨基酸量的 53.78%。浙江铁皮枫斗中各类氨基酸总量排序为药效氨基酸>鲜味氨基酸>非必需氨基

酸>必需氨基酸>甜味氨基酸>支链氨基酸>芳香族氨基酸,含量最多的 5 种氨基酸依次是天冬氨酸、谷氨酸、精氨酸、亮氨酸、丙氨酸(Ala),占氨基酸总量的 56.43%。黔产铁皮石斛叶片、上茎中各类氨基酸总量排序均为药效氨基酸>必需氨基酸>非必需氨基酸>鲜味氨基酸>甜味氨基酸>支链氨基酸>芳香族氨基酸;黔产铁皮石斛叶片含量最多的 5 种氨基酸依次是谷氨酸、亮氨酸、天冬氨酸、丙氨酸、苯丙氨酸(Phe),占氨基酸总量的 47.93%;黔产铁皮石斛上茎含量最多的 5 种氨基酸依次是谷氨酸、天冬氨酸、亮氨酸、丙氨酸、赖氨酸,占氨基酸总量的 48.43%;黔产铁皮石斛下茎中各类氨基酸总量排序为药效氨基酸>非必需氨基酸>必需氨基酸>鲜味氨基酸>甜味氨基酸>支链氨基酸>芳香族氨基酸,含量最多的 5 种氨基酸依次是天冬氨酸、谷氨酸、亮氨酸、甘氨酸(Gly)、丙氨酸,占氨基酸总量的 50.41%。

药效氨基酸、必需氨基酸、鲜味氨基酸和非必需氨基酸均为不同产地铁皮石斛中含量较高的 4 类氨基酸,含量都在其总氨基酸含量的 40% 以上,其中药效氨基酸含量达 70% 左右;必需氨基酸、非必需氨基酸均约占其总氨基酸含量的 50%,其比值均接近 1.0,远高于联合国粮食与农业组织/世界卫生组织(FAO/WHO)理想模式比值的 0.6^[17]。不同产地铁皮石斛中的支链氨基酸分别占其必需氨基酸总量、总氨基酸含量 40%、20% 左右,支链氨基酸与芳香族氨基酸的含量比值约等于 2.0,均低于正常人血液中的最低比值 3.0^[18-20]。

2.3 必需元素含量

K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 既是植物必需元素^[21-22],也是人体必需元素^[23]。从表 2 可以看出,不同产地铁皮石斛中 K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 等 7 种必需元素的含量和分配模式均有所不同;Ca 元素含量排序为黔产铁皮石斛叶片>黔产铁皮石斛上茎>黔产铁皮石斛下茎>浙江铁皮枫斗>安徽铁皮枫斗,Mg 含量排序为黔产铁皮石斛上茎>浙江铁皮枫斗>安徽铁皮枫斗>黔产铁皮石斛叶片>黔产铁皮石斛下茎,Fe 含量排序为浙江铁皮枫斗>黔产铁皮石斛叶片>黔产铁皮石斛下茎>黔产铁皮石斛上茎>安徽铁皮枫斗,Mn 含量排序为黔产铁皮石斛叶片>安徽铁皮枫斗>浙江铁皮枫斗>黔产铁皮石斛上茎>黔产铁皮石斛下茎,Zn 含量排序为黔产铁皮石斛叶片>浙江铁皮枫斗>黔产铁皮石斛上茎>黔产铁皮石斛下茎>安徽铁皮枫斗,K、Cu 含量排序均为安徽铁皮枫斗>浙江铁皮枫斗>黔产铁皮石斛叶片>黔产铁皮石斛下茎>黔产铁皮石斛上茎。7 种必需元素在浙江铁皮枫斗中的分配模式为 K>Mg>Fe>Ca>Cu>Zn>Mn,安徽铁皮枫斗分配模式为 K>Ca>Mg>Cu>Fe>Mn>Zn,而在黔产铁皮石斛不同部位中的分配模式基本一致,叶片、下茎分配模式均为 Ca>K>Mg>Fe>Mn>Zn>Cu,上茎分配模式为 Ca>Mg>K>Fe>Mn>Zn>Cu。

2.4 相关性分析

表 3 相关性分析表明,铁皮石斛多糖与必需元素 Ca、Mn、Cu、Zn 均为负相关关系,与 K、Mg、Fe 均为正相关关系,其中,铁皮石斛多糖与 Mn 为强度显著负相关($r = -0.93, P < 0.05$),与 Ca、Mg、Fe、Cu 均为中等相关($|r| = 0.33 \sim 0.67$),而与 K、Zn 的相关性较弱($|r| = 0.00 \sim 0.33$);必需元素 Ca、Mn、Zn 与各氨基酸的相关性均较强,且均为正相关关系,除

表 1 不同产地铁皮石斛氨基酸含量及组成成分

氨基酸	平均质量分数 (mg/g)					组成质量分数 (%)				
	黔产下茎	黔产上茎	黔产叶片	安徽枫斗	浙江枫斗	黔产下茎	黔产上茎	黔产叶片	安徽枫斗	浙江枫斗
天冬氨酸 (Asp) ^{beg}	2.42	3.29	7.89	6.18	3.33	14.14	12.26	10.16	16.54	15.25
苏氨酸 (Thr) ^{af}	0.90	1.38	3.90	1.88	1.01	5.26	5.14	5.02	5.03	4.63
丝氨酸 (Ser) ^{fg}	0.87	1.52	4.01	1.65	0.96	5.08	5.66	5.16	4.42	4.40
谷氨酸 (Glu) ^{beg}	2.34	3.53	10.08	5.00	3.16	13.67	13.15	12.98	13.38	14.48
甘氨酸 (Gly) ^{befg}	1.05	1.74	5.11	2.05	1.14	6.13	6.48	6.58	5.49	5.22
丙氨酸 (Ala) ^{efg}	1.04	1.77	5.85	2.11	1.24	6.07	6.59	7.53	5.65	5.68
胱氨酸 (Cys) ^g	0.06	0.14	0.41	0.16	0.08	0.34	0.52	0.53	0.43	0.35
缬氨酸 (Val) ^{ac}	0.97	1.63	5.10	2.00	1.16	5.67	6.07	6.57	5.35	5.31
甲硫氨酸 (Met) ^{ab}	0.45	0.75	1.31	0.42	0.16	2.63	2.79	1.69	1.12	0.73
异亮氨酸 (Ile) ^{ac}	0.94	1.54	4.52	1.90	1.09	5.49	5.74	5.82	5.08	4.99
亮氨酸 (Leu) ^{abc}	1.78	2.66	8.13	3.91	2.04	10.40	9.91	10.47	10.46	9.34
酪氨酸 (Tyr) ^{bdg}	0.89	1.33	3.77	1.99	1.06	5.20	4.96	4.85	5.33	4.86
苯丙氨酸 (Phe) ^{abd}	0.96	1.55	5.28	2.09	1.23	5.61	5.77	6.80	5.59	5.63
赖氨酸 (Lys) ^{ab}	1.02	1.75	5.24	2.27	1.09	5.96	6.52	6.75	6.07	4.99
组氨酸 (His) ^a	0.40	0.67	2.27	1.02	0.53	2.34	2.50	2.92	2.73	2.43
精氨酸 (Arg) ^{abe}	1.03	1.59	4.81	2.74	2.55	6.02	5.92	6.19	7.33	11.68
T	17.12	26.84	77.68	37.37	21.83	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Σa	8.45	13.52	40.56	18.23	10.86	49.38	50.36	52.23	48.76	49.73
Σb	11.94	18.19	51.62	26.65	15.76	69.76	67.76	66.47	71.31	72.18
Σc	3.69	5.83	17.75	7.81	4.29	21.56	21.72	22.86	20.89	19.64
Σd	1.85	2.88	9.05	4.08	2.29	10.81	10.73	11.65	10.92	10.49
Σe	7.88	11.92	33.74	18.08	11.42	46.03	44.40	43.44	48.39	52.31
Σf	3.86	6.41	18.87	7.69	4.35	22.54	23.87	24.29	20.59	19.93
Σg	8.67	13.32	37.12	19.14	10.97	50.63	49.62	47.79	51.24	50.24
Σa/Σg	0.97	1.02	1.09	0.95	0.99	0.98	1.01	1.09	0.95	0.99

注:a 为必需氨基酸,b 为药效氨基酸,c 为支链氨基酸,d 为芳香族氨基酸,e 为鲜味氨基酸,f 为甜味氨基酸,g 为非必需氨基酸,T 为总氨基酸,Σa 为必需氨基酸总量,Σb 为药效氨基酸总量,Σc 为支链氨基酸总量,Σd 为芳香族氨基酸总量,Σe 为鲜味氨基酸总量,Σf 为甜味氨基酸总量,Σg 为非必需氨基酸总量。

表 2 不同产地铁皮石斛必需元素含量 (干质量)

	mg/kg						
石斛	C _K	C _{Ca}	C _{Mg}	C _{Fe}	C _{Mn}	C _{Cu}	C _{Zn}
黔产下茎	1 653.0	3 297.0	155.0	129.3	11.6	4.2	10.9
黔产上茎	954.0	7 002.6	3 685.0	104.2	19.8	3.6	12.8
黔产叶片	2 659.5	9 591.0	605.0	223.2	62.4	5.8	39.4
安徽枫斗	110 400.0	960.0	925.0	71.6	52.4	136.9	7.2
浙江枫斗	109 750.0	1 102.0	1 760.0	1 396.0	21.4	29.9	23.1

Ca 与天冬氨酸、酪氨酸 (Tyr)、精氨酸, Mn 与甲硫氨酸 (Met), Zn 与天冬氨酸、甲硫氨酸为中等相关外, 其余均达强度相关, 其中 Ca 与甲硫氨酸, Mn 与苏氨酸 (Thr)、亮氨酸、谷氨酸、酪氨酸、组氨酸 (His) 和精氨酸均为强度显著正相关 ($|r| = 0.67 \sim 1.00, P < 0.05$), Mn 与天冬氨酸达强度极显著正相关 ($r = -0.99, P < 0.01$); K、Mg、Fe、Cu 与各氨基酸的相关性均较弱, 除甲硫氨酸与 K、Fe、Cu 和天冬氨酸与 Cu 间达中等相关外, 其他均为弱相关, 其中天冬氨酸与 K、Cu、酪氨酸与 Cu、精氨酸与 K、Fe、Cu 为正相关, 其余均为负相关; 铁皮石斛多糖与各氨基酸均为负相关关系, 且均为强度相关, 其中天冬氨酸与多糖相关性显著 ($r = -0.93, P < 0.05$)。

3 结论

多糖含量以浙江铁皮枫斗最高, 黔产铁皮石斛叶片最低, 黔产铁皮石斛不同部位中的排序为下茎 > 上茎 > 叶片。各类

氨基酸含量均以黔产铁皮石斛叶片最高, 且不同产地铁皮石斛中含量最高的 4 类氨基酸均为药效氨基酸、必需氨基酸、鲜味氨基酸和非必需氨基酸, 必需氨基酸与非必需氨基酸比值均远高于 FAO/WHO 理想模式比值, 但支链氨基酸与芳香族氨基酸的含量比值均低于正常人血液中的最低比值。

K、Cu 含量均以安徽铁皮枫斗最高, 黔产铁皮石斛上茎最低; Ca、Zn 含量均以黔产铁皮石斛叶片最高, 安徽铁皮枫斗最低。7 种必需元素在浙江铁皮枫斗中的分配模式为 K > Mg > Fe > Ca > Cu > Zn > Mn, 在安徽铁皮枫斗中的分配模式为 K > Ca > Mg > Cu > Fe > Mn > Zn, 而在黔产铁皮石斛不同部位中的分配模式基本一致, 叶片、下茎均为 Ca > K > Mg > Fe > Mn > Zn > Cu, 上茎为 Ca > Mg > K > Fe > Mn > Zn > Cu。

铁皮石斛多糖与 Mn 为强度显著负相关关系 ($r = -0.93, P < 0.05$); 甲硫氨酸与 Ca、苏氨酸、亮氨酸、谷氨酸、酪氨酸、组氨酸、精氨酸与 Mn 均为强度显著正相关 ($|r| =$

表 3 铁皮石斛多糖、氨基酸与必需元素间的皮尔逊相关系数

物质	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	PSa
PSa	0.02	-0.41	0.40	0.59	-0.93 *	-0.40	-0.32	1.00
Thr	-0.18	0.70	-0.27	-0.29	0.89 *	-0.03	0.76	-0.85
Val	-0.22	0.74	-0.25	-0.26	0.84	-0.11	0.81	-0.80
Met	-0.62	0.95 *	-0.04	-0.51	0.60	-0.37	0.66	-0.68
Ile	-0.22	0.74	-0.25	-0.27	0.85	-0.10	0.79	-0.81
Leu	-0.16	0.69	-0.29	-0.28	0.89 *	-0.01	0.76	-0.85
Phe	-0.19	0.72	-0.27	-0.24	0.85	-0.09	0.81	-0.80
Lys	-0.22	0.73	-0.25	-0.31	0.87	-0.06	0.77	-0.84
Asp	0.14	0.42	-0.32	-0.26	0.99 **	0.34	0.57	-0.93 *
Ser	-0.26	0.77	-0.21	-0.29	0.83	-0.13	0.79	-0.80
Glu	-0.12	0.67	-0.27	-0.23	0.89 *	-0.01	0.79	-0.83
Gly	-0.25	0.76	-0.24	-0.28	0.84	-0.12	0.79	-0.81
Ala	-0.24	0.75	-0.25	-0.25	0.83	-0.14	0.82	-0.79
Cys	-0.23	0.76	-0.19	-0.28	0.85	-0.10	0.78	-0.81
Tyr	-0.12	0.66	-0.29	-0.29	0.91 *	0.03	0.74	-0.87
His	-0.15	0.68	-0.28	-0.26	0.89 *	-0.02	0.78	-0.84
Arg	0.16	0.47	-0.27	0.07	0.89 *	0.09	0.83	-0.72

注:PSa 表示多糖;“*”表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关,“**”表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

0.67~1.00, $P < 0.05$), 天冬氨酸与 Mn 达强度极显著正相关($r = -0.99, P < 0.01$); 多糖与各氨基酸均为强度负相关关系, 其中天冬氨酸与多糖相关性显著($r = -0.93, P < 0.05$)。

参考文献:

- [1] Zha X Q, Pan L H, Luo J P, et al. Enzymatic fingerprints of polysaccharides of *Dendrobium officinale* and their application in identification of *Dendrobium* species [J]. Journal of Natural Medicines, 2012, 66(3): 525-534.
- [2] Xing X, Cui S W, Nie S, et al. A review of isolation process, structural characteristics, and bioactivities of water-soluble polysaccharides from *Dendrobium* plants [J]. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre, 2013, 1(2): 131-147.
- [3] 王吉祥, 王亚琴, 牛之瑞, 等. GC-MS/MS 法测定铁皮石斛中 19 种农药残留[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(14): 131-135.
- [4] 付伟丽, 黄作喜, 唐正义, 等. 铁皮石斛多糖研究进展[J]. 内江师范学院学报, 2011, 26(4): 40-44.
- [5] 聂少平, 蔡海兰. 铁皮石斛活性成分及其功能研究进展[J]. 食品科学, 2012, 33(23): 356-361.
- [6] 张本厚, 胡燕花, 金磊磊, 等. 铁皮石斛组培体药用和营养成分含量的比较[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(10): 324-327.
- [7] Ng T B, Liu J, Wong J H, et al. Review of research on *Dendrobium*, a prized folk medicine [J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2012, 93(5): 1795-1803.
- [8] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[S]. 2010 年版. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 265-266.
- [9] 章晓玲, 斯金平, 吴令上, 等. 铁皮石斛 F₁ 代田间试验与优良家系选择[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(22): 3861-3865.
- [10] 范传颖, 陶正明, 吴志刚. 苯酚硫酸法与蒽酮硫酸法测定铁皮石斛中多糖含量的比较[J]. 浙江农业科学, 2013(7): 799-801.
- [11] 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.
- [12] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. 食品中氨基酸的测定: GB/T 5009.124—2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [13] 张晓煜, 刘静, 袁海燕, 等. 不同地域环境对枸杞蛋白质和药用氨基酸含量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(3): 100-104.
- [14] (日) 郡司笃孝, 刘纯洁, 张娟婷编译. 食品添加剂手册[M]. 北京: 中国展望出版社, 1988: 73-77.
- [15] 陈宗礼, 贺晓龙, 张向前, 等. 陕北红枣的氨基酸分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(34): 296-303.
- [16] 梁兰兰, 宁正祥. 氨基酸结构特征与甜味关系研究[J]. 食品科学, 1997, 18(2): 5-9.
- [17] WHO, FAO, UN University. Energy and protein requirements [C]// FAO Nutrition Meeting Report Series, 1973, 52: 40-73.
- [18] 谷文英. 肝性脑病防治肽——高 F 值低聚肽的研究[J]. 中国食品添加剂, 2000(2): 69-73.
- [19] 蒋音, 巫善明, 朱文芳. 支链氨基酸/芳香氨基酸 (BCAA/AAA) 值在病毒性肝炎的临床意义[J]. 肝脏, 2005, 10(4): 268-270.
- [20] 张丽丽, 蔡东联. 支链氨基酸在肝性脑病中应用的研究进展[J]. 氨基酸和生物资源, 2011, 33(3): 63-66.
- [21] 武维华. 植物生理学[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 86.
- [22] 罗绪强, 张桂玲, 杜雪莲, 等. 茂兰喀斯特森林常见钙生植物叶片元素含量及其化学计量学特征[J]. 生态环境学报, 2014, 23(7): 1121-1129.
- [23] 张建新, 乔正道, 贡小清. 人体必需微量元素与营养状况评价[J]. 中国卫生检验杂志, 1992, 2(4): 225-227.