

doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2022.14.018

湘产黄精中 24 种矿质元素含量测定及主成分分析*

黄莉¹, 金凯², 蔡嘉洛¹, 戴冰¹, 杨磊¹, 马杰³, 肖望重^{1△}

(1. 湖南中医药大学第一附属医院, 湖南 长沙 410007; 2. 湖南省教育科学研究院, 湖南 长沙 410005;
3. 湖南省药品检验研究院, 湖南 长沙 410001)

摘要:目的 测定湘产黄精药材中 24 种矿质元素的含量, 并分析其主成分。方法 采用电感耦合等离子体原子发射光谱(ICP-AES)法测定 14 批药材样品中 24 种矿质元素的含量, 并运用 SPSS 26.0 统计学软件对数据进行主成分分析。结果 14 批药材样品中检出共有矿质元素 13 种, 均未检出砷、铍、钴、铬、镍、铅、镉、锡、钒; 提取的前 3 个主成分累积贡献率为 94.41%; 铝、硼、钡、锂、锶、锌为湘产黄精的特征矿质元素。结论 所用方法稳定可靠, 可准确评价湘产黄精药材中的矿质元素, 为其资源的开发与利用、质量控制及安全评价提供了一定参考。

关键词: 电感耦合等离子体原子发射光谱法; 湖南; 黄精; 矿质元素; 含量测定

中图分类号: R917; R927.2

文献标志码: A

文章编号: 1006-4931(2022)14-0079-05

Content Determination and Principal Component Analysis of 24 Mineral Elements in Polygonati Rhizoma Produced in Hunan Province

HUANG Li¹, JIN Kai², CAI Jialuo¹, DAI Bing¹, YANG Lei¹, MA Jie³, XIAO Wangzhong¹

(1. The First Hospital of Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan, China 410007; 2. Hunan Academy of Education Sciences, Changsha, Hunan, China 410005; 3. Hunan Institute for Drug Control, Changsha, Hunan, China 410001)

Abstract: Objective To determine the contents of 24 mineral elements in Polygonati Rhizoma produced in Hunan Province, and to analyze their principal components. **Methods** The contents of 24 mineral elements in 14 batches of medicinal materials were determined by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry (ICP-AES), and the principal component analysis (PCA) was performed on the data by SPSS 26.0 statistical software. **Results** Thirteen kinds of mineral elements were detected in fourteen batches of medicinal materials, and no arsenic (As), beryllium (Be), cobalt (Co), chromium (Cr), nickel (Ni), lead (Pb), antimony (Sb), tin (Sn) and vanadium (V) were detected. The cumulative contribution rate of the first three principal components was 94.41%. Aluminum (Al), boron (B), barium (Ba), lithium (Li), strontium (Sr) and zinc (Zn) were the characteristic mineral elements of Polygonati Rhizoma produced in Hunan Province. **Conclusion** The method is stable and reliable, and can accurately evaluate the mineral elements in Polygonati Rhizoma produced in Hunan Province. It provides a reference for the development and utilization of its resources, quality control and safety evaluation.

Key words: ICP-AES; Hunan Province; Polygonati Rhizoma; mineral elements; content determination

黄精为百合科植物滇黄精 *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl.、黄精 *Polygonatum sibiricum* Red. 或多花黄精 *Polygonatum cyrtoneura* Hua 的干燥根茎, 具有补气养阴、健脾、润肺、益肾之功效, 主治脾胃气虚、体倦乏力、胃阴不足、口干食少、肺虚燥咳、劳嗽咳血、精血不足、腰膝酸软、须发早白、内热消渴等^[1]。湖南省黄精资源丰富, 其中以多花黄精分布地域最广、蕴藏量大、品质好, 是我国多花黄精主要产区之一。黄精中含有多糖^[2]、皂苷^[3]、黄酮^[4]、生物碱^[5]、氨基酸^[6]等活性成分, 具有降血糖^[7]、调血脂^[8]、抗肿瘤^[9]及免疫调节^[10]等药理作用。中药材的疗效不仅与其活性成分有关, 也与其

中矿质元素的种类及含量密切相关, 然而铅(Pb)、镉(Cd)、铜(Cu)、砷(As)等重金属元素在人体内累积易损害身体健康^[11-13]。目前, 矿质元素的测定方法主要有原子吸收分光光度(AAS)法、电感耦合等离子体原子发射光谱(ICP-AES)法、电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法等, 其中 ICP-AES 法具有线性范围广、测定迅速、灵敏度高等特点, 被广泛应用于中药和食品领域的多元素分析^[14-15]。本研究中采用 ICP-AES 法同时测定湘产黄精中 24 种矿质元素的含量, 并以主成分分析法进行多元统计分析, 以期对湘产黄精的品质评价、质量控制及安全性分析提供参考。现报道如下。

* 基金项目: 湖南省自然科学基金[2019JJ50471]; 湖南中医药大学校级科研基金[2020XJJ045]; 湖南省老中医药专家学术经验继承项目[湘中医药函[2020]37号]。

第一作者: 黄莉, 女, 博士, 主管中药师, 研究方向为中药制剂学, (电话)0731-85600544(电子信箱)huanglily0101@163.com。

△通信作者: 肖望重, 男, 硕士, 主管中药师, 研究方向为临床中药学, (电话)0731-85600467(电子信箱)364418657@qq.com。

1 仪器与试剂

1.1 仪器

ICPE-9000型电感耦合等离子体原子发射光谱仪(日本 Shimadzu 公司); MARS6 型微波消解仪(美国 CEM 公司); VB20 型赶酸装置(美国 LabTech 公司); AE240 型电子分析天平(德国 Mettler Toledo 公司)。

1.2 试剂

铝(Al)、As、硼(B)、钡(Ba)、铍(Be)、铋(Bi)、Cd、钴(Co)、铬(Cr)、Cu、铁(Fe)、镓(Ga)、锂(Li)、镁(Mg)、锰(Mn)、镍(Ni)、Pb、锑(Sb)、锡(Sn)、锶(Sr)、钛(Ti)、钒(V)、锌(Zn)混合标准溶液(GB04-1767-2004)购自国家有色金属及电子材料分析测试中心; 钙(Ca)单元素标准溶液[GBW(E)080261]购自国家标准物质研究中心, 质量浓度均为 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$; HNO_3 为优级纯, 水为去离子水。14 批黄精药材产地明确, 收集途径主要为产地采集及当地农贸市场或中药饮片生产企业采购, 经湖南中医药大学第一附属医院张裕民主任中药师鉴定为正品。详见表 1。

表 1 黄精药材样品信息

Tab. 1 Information of Polygonati Rhizoma

序号	产地	分布地区	收集时间	基源
S1	湖南省邵阳市隆回县	雪峰山区	2020-09-15	多花黄精
S2	湖南省邵阳市隆回县	雪峰山区	2020-09-15	黄精
S3	湖南省湘西州凤凰县	武陵山脉	2020-09-15	多花黄精
S4	湖南省醴陵市	罗霄山脉	2020-11-10	多花黄精
S5	湖南省湘西州花垣县	武陵山脉	2020-11-10	黄精
S6	湖南省浏阳市	罗霄山脉	2020-11-12	黄精
S7	湖南省娄底市新化县	雪峰山区	2021-05-11	多花黄精
S8	湖南省娄底市新化县	雪峰山区	2021-05-11	黄精
S9	湖南省永州市道县	雪峰山区	2021-06-14	多花黄精
S10	湖南省怀化市麻阳县	武陵山脉	2021-06-15	黄精
S11	湖南省怀化市溆浦县	雪峰山区	2021-06-15	多花黄精
S12	湖南省湘西州龙山县	武陵山脉	2021-06-19	黄精
S13	湖南省湘西州龙山县	武陵山脉	2021-06-19	黄精
S14	湖南省岳阳市平江县	罗霄山脉	2021-07-04	黄精

2 方法与结果

2.1 ICP-AES 条件

氩气气压为 458.50 MPa, 射频功率为 1.2 kW, 等离子体流量为 10.0 L/min, 辅助气流量为 0.60 L/min, 载气流量为 0.70 L/min, 观测方向为轴向, 观测位置为低位, 灵敏度模式为高灵敏度, 曝光时间为 45 s; 仪器稳定延时 30 s, 溶剂清洗 30 s, 样品清洗 45 s, 吹扫 3 次。选择发射净强度大、信噪比高、背景低、共存元素干扰少、强度匹配的谱线为待测元素的分析谱线, 各元素分析谱线的最优波长见表 2。

2.2 样品处理及溶液制备

将药材样品粉碎成粗粉, 取约 0.5 g, 置微波消解罐中, 加入 5 mL HNO_3 , 加盖密封, 静置过夜, 放入微波消解仪消解(程序见表 3)。消解完毕后, 将赶酸仪温度设为 150 $^{\circ}\text{C}$, 赶酸 2~3 h, 至溶液剩余 2~3 mL 时, 转移至 50 mL 容量瓶中, 并用 2% HNO_3 溶液分次洗涤消解罐, 洗涤液并入容量瓶中, 加 2% HNO_3 溶液定容, 摇匀, 即得供试品溶液。同法制备不含药材样品的空白对照品溶液^[16-18]。

2.3 方法学考察

线性关系及检测限考察: 取 1.2 项下混合标准溶液及 Ca 单元素标准溶液适量, 用 2% HNO_3 溶液逐级稀释, 制成各元素质量浓度均为 0.01, 0.02, 0.05, 0.10, 0.20, 0.50, 1.00, 2.00, 5.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的系列混合标准品溶液, 按 2.1 项下 ICP-AES 条件进样测定, 以各待测元素质量浓度($X, \mu\text{g}/\text{mL}$)为横坐标, 仪器信号强度(Y)为纵坐标, 同时扣除空白对照品溶液干扰, 进行线性回归。取空白对照品溶液适量, 重复进样测定 11 次, 记录仪器信号强度并计算标准偏差, 以 3 倍标准偏差对应的各待测元素质量浓度作为仪器检测限。结果见表 2。

精密度试验: 取 0.2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的混合标准品溶液适量, 按 2.1 项下 ICP-AES 条件连续进样测定 6 次, 记录仪器信号强度。结果各待测元素仪器信号强度的 RSD 为 0.31%~2.64% ($n=6$), 表明仪器精密度良好。

重复性试验: 称取同一批药材样品粉末适量, 精密称定, 共 6 份, 按 2.2 项下方法制备供试品溶液, 再按 2.1 项下 ICP-AES 条件连续进样测定 6 次, 记录仪器信号强度, 并计算样品含量。各待测元素含量的 RSD 为 0.14%~2.64% ($n=6$), 表明方法重复性良好。

加样回收试验: 取已知含量样品(编号 S6)适量, 共 6 份, 分别加入一定质量浓度的标准品溶液(Ca、Mg, 预先加入 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 标准品溶液 5 mL; Al、Fe、Mn, 预先加入 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 标准品溶液 0.5 mL; 其余元素, 预先加入 5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 标准品溶液 1 mL。均水浴蒸干后取样), 按 2.2 项下方法制备供试品溶液, 再按 2.1 项下 ICP-AES 条件进样测定, 记录仪器信号强度并计算加样回收率。结果见表 2。

2.4 药材样品含量测定

取 14 批药材样品各适量, 分别按 2.2 项下方法制备供试品溶液, 再按 2.1 项下 ICP-AES 条件进样测定, 平行测定 3 次, 记录仪器信号强度并计算样品含量。结果见表 4。检出的 13 种共有矿质元素含量存在一定差异, 其中以 Ca 含量最高, 其次为 Mg, Al, Fe, Mn, Ba。

2.5 主成分分析

采用 SPSS 26.0 统计学软件对 14 批药材样品中的 13 种共有元素进行主成分分析, 结果见表 5。提取的前

表2 24种矿质元素的回归方程与线性范围、检测限及加样回收率
Tab. 2 Regression equation, linear range, limit of detection and recoveries of 24 mineral elements

元素	波长 (nm)	回归方程	<i>r</i>	线性范围 (μg / mL)	检测限 (mg / kg)	加样回收试验 (%)	
						回收率	<i>RSD</i>
Al	394.403	$Y_1 = 2.704 \times 10^{-3} X_1 + 3.118 \times 10^{-3}$	0.999 79	0.01 ~ 5.00	1.39	100.30	0.84
As	193.759	$Y_2 = 2.806 \times 10^{-2} X_2 - 1.152 \times 10^{-2}$	0.999 99	0.01 ~ 5.00	1.85	98.43	4.08
B	249.773	$Y_3 = 4.616 \times 10^{-4} X_3 - 9.270 \times 10^{-3}$	0.999 95	0.01 ~ 5.00	0.25	93.09	3.25
Ba	233.527	$Y_4 = 4.526 \times 10^{-4} X_4 + 5.530 \times 10^{-3}$	0.999 93	0.01 ~ 5.00	0.07	94.82	3.66
Be	234.861	$Y_5 = 6.063 \times 10^{-5} X_5 - 7.306 \times 10^{-4}$	0.999 98	0.01 ~ 5.00	0.01	91.44	4.54
Bi	179.193	$Y_6 = 2.066 \times 10^{-1} X_6 + 3.844 \times 10^{-2}$	0.998 93	0.01 ~ 5.00	0.38	99.46	2.14
Ca	422.673	$Y_7 = 1.750 \times 10^{-4} X_7 - 1.797 \times 10^{-1}$	0.999 26	0.01 ~ 2.00	2.83	100.70	0.31
Cd	214.438	$Y_8 = 8.533 \times 10^{-4} X_8 + 5.127 \times 10^{-3}$	0.999 98	0.01 ~ 5.00	0.06	95.42	1.87
Co	237.862	$Y_9 = 1.587 \times 10^{-3} X_9 + 7.408 \times 10^{-3}$	0.999 98	0.01 ~ 5.00	0.15	92.90	4.24
Cr	267.716	$Y_{10} = 6.151 \times 10^{-4} X_{10} + 5.333 \times 10^{-3}$	0.999 95	0.01 ~ 5.00	0.13	94.78	2.08
Cu	224.700	$Y_{11} = 2.956 \times 10^{-3} X_{11} - 7.060 \times 10^{-3}$	0.999 82	0.01 ~ 2.00	0.64	98.73	0.56
Fe	234.349	$Y_{12} = 2.236 \times 10^{-3} X_{12} + 2.294 \times 10^{-3}$	0.999 99	0.01 ~ 2.00	0.03	99.63	0.68
Ga	287.424	$Y_{13} = 7.568 \times 10^{-3} X_{13} + 2.970 \times 10^{-2}$	0.999 71	0.01 ~ 5.00	2.67	91.81	3.15
Li	670.784	$Y_{14} = 2.457 \times 10^{-4} X_{14} + 1.303 \times 10^{-2}$	0.999 90	0.01 ~ 0.50	0.10	93.89	3.52
Mg	280.270	$Y_{15} = 1.761 \times 10^{-5} X_{15} - 1.809 \times 10^{-3}$	0.999 97	0.01 ~ 0.50	0.15	100.03	0.77
Mn	257.610	$Y_{16} = 7.896 \times 10^{-5} X_{16} - 7.674 \times 10^{-4}$	0.999 99	0.01 ~ 0.50	0.01	100.71	0.59
Ni	231.604	$Y_{17} = 1.481 \times 10^{-3} X_{17} + 5.272 \times 10^{-3}$	0.999 99	0.01 ~ 5.00	0.30	95.50	3.18
Pb	220.353	$Y_{18} = 9.427 \times 10^{-3} X_{18} + 1.491 \times 10^{-2}$	0.999 96	0.01 ~ 5.00	3.84	96.83	4.18
Sb	217.581	$Y_{19} = 9.778 \times 10^{-3} X_{19} - 2.340 \times 10^{-3}$	0.999 98	0.01 ~ 5.00	0.44	91.39	2.31
Sn	189.989	$Y_{20} = 1.316 \times 10^{-3} X_{20} + 1.360 \times 10^{-2}$	0.999 98	0.01 ~ 5.00	0.58	93.31	4.19
Sr	421.552	$Y_{21} = 1.749 \times 10^{-5} X_{21} + 1.174 \times 10^{-4}$	0.999 97	0.01 ~ 0.20	0.01	94.90	2.17
Ti	337.280	$Y_{22} = 2.098 \times 10^{-4} X_{22} + 7.814 \times 10^{-3}$	0.999 96	0.01 ~ 1.00	0.05	98.66	3.30
V	292.402	$Y_{23} = 5.723 \times 10^{-4} X_{23} + 3.831 \times 10^{-3}$	0.999 96	0.01 ~ 5.00	0.10	96.64	2.51
Zn	213.856	$Y_{24} = 4.894 \times 10^{-4} X_{24} + 6.972 \times 10^{-4}$	0.999 97	0.01 ~ 2.00	1.27	98.42	1.77

表3 微波消解程序
Tab. 3 Microwave digestion procedure

程序	升温时间 (min)	保持时间 (min)	温度 (°C)	功率 (W)
1	4	3	120	1 600
2	5	8	140	1 600
3	9	25	180	1 600

3个主成分的特征值均大于1,累积贡献率达94.41%。主成分1(PC1)方差贡献率最大,占57.89%,Al,B,Ba,Li,Sr,Zn在PC1上有较高荷载,故可认为上述元素是湘产黄精的特征矿质元素;主成分2(PC2)累积贡献率为80.04%,主要反映了Cu,Mg,Ti等矿质元素指标信息;主成分3(PC3)累积贡献率为94.41%,主要反映了Ga,Mn等元素指标信息。详见表6。

以PC1为X轴、PC2为Y轴、PC3为Z轴得到3D散点矩阵。14批药材样品大致可聚为3组,见图1。第1组6批(S1,S2,S7,S8,S9,S11),均产自湘中雪峰山区;第2组5批(S3,S5,S10,S12,S13),均产自湘西武陵山地区;产自湘东罗霄山脉的3批(S4,S6,S14)可归为一组。可推

测,湘产黄精的矿质元素含量与地理位置关联较大,而待测元素含量与品种基源并未表现出明显关联性。

3 讨论

矿质元素作为中药的重要组成部分,除本身具有一定的药理作用外,还能与中药中其他有机成分整合成新化合物,或通过影响中药药性与品质来调节机体内各种生物酶的化学活性、参与激素的合成,传递生物信号等^[19-20]。本研究中建立的微波消解-ICP-AES法能快速准确地同时测定黄精中24种矿质元素的含量,线性范围广、灵敏度高,重复性、精密度、加样回收率等均能满足检测要求。14批湘产黄精含13种共有矿质元素,Ca含量为1 100.45 ~ 4 740.02 mg / kg,占矿质元素总量的50.0% ~ 71.6%。黄精中含量较高的Fe,Mn,Zn等,作为人体所需微量元素,具有维护心血管平稳、防治动脉粥样硬化的作用,能为湘产黄精营养价值深度开发提供依据^[21]。

Pb,Cd,Cr,As及汞5种典型重金属或有害元素在人体蓄积会对肺、肾、肝、免疫系统和生殖器官等造成

表4 14批药材样品中矿质元素含量测定结果(mg/kg, n=3)

Tab. 4 Results of content determination of mineral elements in 14 batches of samples (mg/kg, n=3)

序号	Al	B	Ba	Bi	Ca	Cd	Cu	Fe	Ga	Li	Mg	Mn	Sr	Ti	Zn
S1	590.42	74.13	114.27	0.14	4 740.02	—	3.52	115.27	12.10	0.84	895.36	71.81	25.21	6.27	46.61
S2	240.33	18.71	26.80	—	2 480.18	0.07	2.57	106.30	8.89	0.47	609.91	17.40	10.26	23.43	22.48
S3	50.81	8.05	16.61	—	3 019.95	—	4.40	43.24	14.60	0.40	1 000.05	17.86	8.46	2.62	12.86
S4	119.26	6.25	20.14	1.14	1 410.03	0.08	2.15	84.31	14.96	0.43	924.32	118.31	11.90	14.86	17.32
S5	46.74	7.48	15.72	2.38	2 499.91	—	4.12	40.30	13.71	0.40	836.87	14.62	8.05	2.36	12.20
S6	113.19	5.85	19.23	1.65	1 110.45	—	1.75	80.24	14.52	0.38	715.99	91.19	11.47	13.80	16.22
S7	577.22	71.73	111.01	0.79	3 200.17	0.09	3.06	111.38	10.89	0.75	583.92	46.80	23.88	6.15	45.31
S8	226.17	17.42	25.32	0.39	1 739.86	—	2.01	99.63	9.03	0.47	420.14	11.52	9.51	21.19	21.09
S9	433.35	49.31	75.14	—	3 430.04	—	2.54	107.95	8.95	0.64	704.20	43.67	18.03	12.82	35.60
S10	85.72	6.92	18.23	1.73	2 109.77	0.16	3.09	63.12	13.78	0.47	927.69	62.27	10.12	8.69	14.78
S11	462.21	53.81	82.80	—	3 410.36	0.14	2.94	108.48	9.87	0.63	680.88	45.42	19.44	10.96	37.64
S12	84.53	6.88	17.91	—	2 050.10	—	3.09	61.87	14.52	0.44	913.01	63.73	10.19	8.34	14.61
S13	33.82	5.55	11.53	—	2 340.42	—	2.63	29.28	10.10	0.39	789.10	13.70	5.73	2.01	8.92
S14	94.40	4.97	16.33	—	1 189.03	0.07	1.23	67.41	12.93	0.41	803.72	102.97	9.48	11.90	13.66

注:—为未检出。

Note:— indicates that no mineral element is detected.

表5 特征值及贡献率

Tab. 5 Eigenvalue and contribution

主成分	总计特征值	方差贡献率(%)	累积贡献率(%)
1	7.52	57.89	57.89
2	2.88	22.16	80.04
3	1.87	14.37	94.41

表6 主成分荷载矩阵

Tab. 6 Load matrix of principal components

待测元素	PC1	PC2	PC3	待测元素	PC1	PC2	PC3
Al	0.997	-0.046	0.051	Li	0.972	0.152	0.102
B	0.989	0.116	0.016	Mg	-0.377	0.751	0.426
Ba	0.979	0.139	0.101	Mn	-0.053	-0.128	0.985
Ca	0.785	0.511	-0.241	Sr	0.949	0.112	0.280
Cu	0.130	0.848	-0.368	Ti	0.066	-0.898	0.036
Fe	0.831	-0.460	0.180	Zn	0.994	0.005	0.097
Ga	-0.537	0.480	0.614				

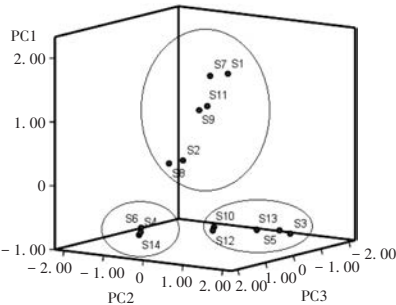


图1 14批药材样品中待测元素主成分分析

Fig. 1 PCA plot of 14 batches of samples

不可逆的损伤^[22]。因此,2020年版《中国药典》明确要求检测重金属及有害元素的药材品种增至28个。在检测

的14批湘产黄精中4种重金属或有害元素均低于各自阴量值(Pb为5 mg/kg, As为2 mg/kg, Cd为0.3 mg/kg, Cu为20 mg/kg),说明其安全性较好,可能与14批湘产黄精来自土壤污染程度较低的山脉区域有关。

主成分分析是通过降维技术把多个变量化为少数几个主成分的统计分析方法,在中药指纹图谱、多指标成分质量及微量元素分析、药材真伪鉴别等多方面应用广泛^[23-24]。本研究中对待测元素含量测定结果进行主成分分析,结果显示湖南省内各大山脉区域内种植生产的黄精所含元素存在差异,该差异主要表现在地理位置分布上,与药材品种基原关系不大,为从矿质元素方面评价湘产黄精质量提供了新思路。

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: 319.

[2] 潘东梅, 蔡维珊, 梁业婷, 等. 黄精中糖类成分的含量测定方法比较及其酒蒸工艺优化[J]. 中国药房, 2021, 32(24): 2994-3000.

[3] 崔笑岩, 黄金月, 姜佳欣, 等. LC-MS/MS法测定东北黄精灌胃后大鼠血浆中3种皂苷类化合物含量及其药代动力学研究[J]. 中医药学报, 2021, 49(12): 23-28.

[4] 黄金月, 崔笑岩, 郑时嘉, 等. 响应面优化黄精根茎总皂苷、总黄酮提取方法及其在不同产地黄精成分含量比较中的应用[J]. 中医药学报, 2021, 49(9): 56-61.

[5] 范佐旺, 柯晓燕, 陈靓雯, 等. 多花黄精的化学成分及药理研究进展[J]. 中医药信息, 2020, 37(5): 119-126.

[6] 刘爽, 胡舒婷, 贾巧君, 等. 黄精的化学组成及药理作用的研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2021, 33(10): 1783-1796.