

不同海拔和光照对黄芩中 7 种黄酮类有效成分含量的影响

卫 昊, 郭玲玲, 李柳柳, 李璐含, 张 岗, 彭 亮, 高 静, 胡本祥, 颜永刚*

陕西中医药大学药学院 陕西秦岭中草药应用开发工程技术研究中心, 陕西 咸阳 712046

摘 要:目的 分析不同海拔、光照因素对黄芩中 7 种黄酮类有效成分含量的影响, 为黄芩种植最佳生长条件的选择提供理论依据。方法 采用 HPLC 法同时测定人工种植的 24 批黄芩样品中野黄芩苷、黄芩苷、汉黄芩苷、芹菜素、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A 7 种成分的含量, 并采用方差分析法进行不同海拔、光照环境(阴坡、阳坡)与各成分量的相关性分析。结果 同一生长年限, 在海拔(550±30)、(650±30) m 2 个范围, 对黄芩中 7 种成分的量进行比较, 其中黄芩苷、汉黄芩苷有极显著性差异($P<0.01$), 野黄芩苷、黄芩素、千层纸素 A、汉黄芩素、芹菜素有显著性差异($P<0.05$); 阴坡和阳坡 2 种不同的光照条件下, 黄芩中 7 种成分的量相比, 无显著性差异($P>0.05$)。结论 在同一生长年限, 随海拔的升高, 黄芩中黄酮类成分的量都呈现明显的上升趋势, 有显著性差异。而光照(阴坡、阳坡)不同时, 黄芩中黄酮类成分的量无显著性差异, 但除汉黄芩苷、黄芩素外, 其他黄酮类成分含量的均数阳坡高于阴坡。黄芩人工种植宜选择阳光直接照射的平地或阳坡, 同时及海拔偏高有利于提高黄芩中黄酮类化学成分总量的积累。

关键词: 黄芩; HPLC; 海拔; 光照; 野黄芩苷; 黄芩苷; 汉黄芩苷; 芹菜素; 黄芩素; 汉黄芩素; 千层纸素 A

中图分类号: R286.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2019)06-1472-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2019.06.032

Effects of different elevations and illumination on content of seven active components in *Scutellaria baicalensis*

WEI Hao, GUO Ling-ling, LI Liu-liu, LI Lu-han, ZHANG Gang, PENG Liang, GAO Jing, HU Ben-xiang, YAN Yong-gang

Shaanxi Qinling Chinese Herbal Applied Development Engineering, Research Center, School of Pharmacy, Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang 712046, China

Abstract: Objective Effects of different elevations and illumination on the seven effective components of flavonoids in *Scutellaria baicalensis* were analyzed, providing a theoretical basis for selecting the best growing conditions. **Methods** The content of cutellarin, baicalin, wogonoside, apigenin, baicalein, wogonin, and oroxylin A were determined by HPLC method in 24 artificially planted samples. The correlation between different elevations, different lighting conditions (shady slope, sunny slope) and different components were analyzed by using variance analysis method. **Results** Compared with the same growth period, the amount of seven components in *S. baicalensis* was compared at elevation (550 ± 30) and (650 ± 30) m, and there was a significant difference between baicalins and wogonoside ($P < 0.01$). There have significant differences in the content of cutellarin, apigenin, baicalein, wogonin, oroxylin A, and apigenin ($P < 0.05$); There was no significant difference in the amount of seven components in *S. baicalensis* under different illumination conditions ($P > 0.05$). **Conclusion** In the same growing age, the amount of flavonoids in *S. baicalensis* showed an obvious upward trend with the increase of altitude, and there were significant differences. There was no significant difference in the content of flavonoids in *S. baicalensis*, but the average sunny slope of various components of other flavonoids was higher than the shady slope except for wogonoside and baicalein. Therefore, it is advisable to choose the plain or sunny slope directly illuminated by sunlight in the artificial cultivation of *S. baicalensis*, and the high altitude is conducive to increasing the accumulation of total flavonoids in *S. baicalensis*.

Key words: *Scutellaria baicalensis* Georgi; HPLC; elevation; illumination; cutellarin; baicalin; wogonoside; apigenin; baicalein; wogonin; oroxylin A

收稿日期: 2018-09-05

基金项目: 陕西省科技厅项目: 中药黄芩种质选育、种苗繁育与种植关键技术研究(2016KTTSSF01-01-01)

作者简介: 卫 昊(1979—), 副教授、硕士研究生导师, 在读博士, 现任陕西中医药大学高教研究中心主任。E-mail: weihao217@163.com

*通信作者 颜永刚(1978—), 男, 陕西咸阳市人, 副教授, 博士, 硕士研究生导师, 主要从事中药品种、品种与资源开发及中药物质基础和
质量标准研究。Tel: (029)38185165 E-mail: yunfeng828@163.com

黄芩为唇形科植物黄芩 *Scutellaria baicalensis* Georgi 的干燥根, 性味苦、寒。归肺、胆、脾、大肠、小肠经。具有清热燥湿、泻火解毒、止血、安胎的功效^[1]。据报道黄芩中黄酮类成分主要为黄芩苷、黄芩素、汉黄芩苷、汉黄芩素等 40 余种^[2], 具有抗氧化、抗菌、抗病毒、抗肿瘤、抗凝血、抗炎、解热的作用^[3-9]。主产于河北、甘肃、陕西、山西、河南、内蒙古、山东等省; 而澄城县是陕西黄芩的主产地之一, 有 30 多年的栽培历史, 药材以条粗、质坚实、色深黄的性状特征而驰名省内外, 现已成为带动当地经济发展的支柱性产业。其黄芩的种植面积较大, 但多数种植户对影响黄芩质量的生长环境因素主要以经验为主, 缺乏科学的理论指导。本实验采用 HPLC 法测定自采 24 批黄芩药材样品中的野黄芩苷、黄芩苷、黄芩素、芹菜素、汉黄芩素、汉黄芩苷、千层纸素 A 7 种黄酮类成分的含量, 分析海拔、光照(阴坡、阳坡)对黄芩中 7 种成分的影响, 为黄芩的栽培种植选地和质量评价提供理论依据。

1 仪器与材料

1.1 仪器

U-3000 高效液相色谱仪(美国戴安公司), 包括四元超高压溶剂系统、自动进样恒温样品管理器、

UV2489 检测器、Chromeleon 色谱工作站; GB204 型电子分析天平(北京赛多利斯仪器系统有限公司); KQ-200KED 超声波清洗机(江苏昆山市超声仪器有限公司); DHG-9140A 电热鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司); 中兴 FW-200 高速万能粉碎机(北京中兴伟业仪器有限公司)。

1.2 材料

对照品黄芩苷(批号 10184-201611)、汉黄芩苷(批号 10183-201702)、黄芩素(批号 10217-201611)、汉黄芩素(批号 10184-201702)、千层纸素 A(批号 110796-201615)、野黄芩苷(批号 10513-201610)、芹菜素(批号 10143-201607), 质量分数均大于 98%, 均购于中国食品药品检定研究院; 甲醇、甲酸、乙腈为色谱纯, 其余试剂均为分析纯; 水为娃哈哈纯净水(杭州娃哈哈集团有限公司, 批号 2017-0302)。

不同黄芩药材样品于 2017 年 11 月 9 日采自陕西省渭南市澄城县山林中药材种植公司黄芩种植基地, 公司统一采购种源、同一时间段播种、统一施肥与田间管理, 并经陕西中医药大学王继涛高级实验师鉴定为唇形科植物黄芩 *Scutellaria baicalensis* Georgi 的根。24 批黄芩样品信息见表 1。

表 1 24 批样品信息

Table 1 Collected information of 24 samples

编号	产地	海拔/m	生长环境	编号	产地	海拔/m	生长环境
A1	庙洼村	655	路边, 阴坡	A13	刘家河村	637	路边, 阴坡
A2	庙洼村	649	山坡, 阳坡	A14	刘家河村	643	路边, 阳坡
A3	袁家坪	630	山坡, 阴坡	A15	马家河西村	565	路边, 阴坡
A4	袁家坪	639	路边, 阳坡	A16	马家河东村	579	路边, 阳坡
A5	大赵家河村	672	路边, 阳坡	A17	蒙家村	547	路边, 阴坡
A6	大赵家河村	662	路边, 阴坡	A18	薄地庄	658	路边, 阴坡
A7	小赵家河村	563	山坡, 阳坡	A19	岭上村	633	山坡, 阳坡
A8	小赵家河村	564	山坡, 阳坡	A20	林川村	679	路边, 阴坡
A9	北门村	561	山坡, 阴坡	A21	南庄村	580	山坡, 阴坡
A10	北门村	578	山坡, 阳坡	A22	北里庄村	628	山坡, 阳坡
A11	堡城村	526	路边, 阳坡	A23	雷洼村	563	山坡, 阴坡
A12	堡城村	577	山坡, 阴坡	A24	庄头村	536	路边, 阳坡

2 方法与结果

2.1 色谱条件

Waters-C₁₈ 色谱柱(250 mm×4.6 μm, 5 μm)柱, 流动相为乙腈(A)-0.1%甲酸水溶液(B), 梯度洗脱: 0~10 min, 10%~15% A; 10~20 min,

15%~20% A; 20~30 min, 20%~25% A; 30~60 min, 25%~45% A; 60~70 min, 45%~60% A; 70~75 min, 60%~10% A; 体积流量 0.8 mL/min, 检测波长 274 nm, 进样量 10 μL, 柱温 28 ℃。在此条件下黄芩供试品及对照品的色谱图见图 1。

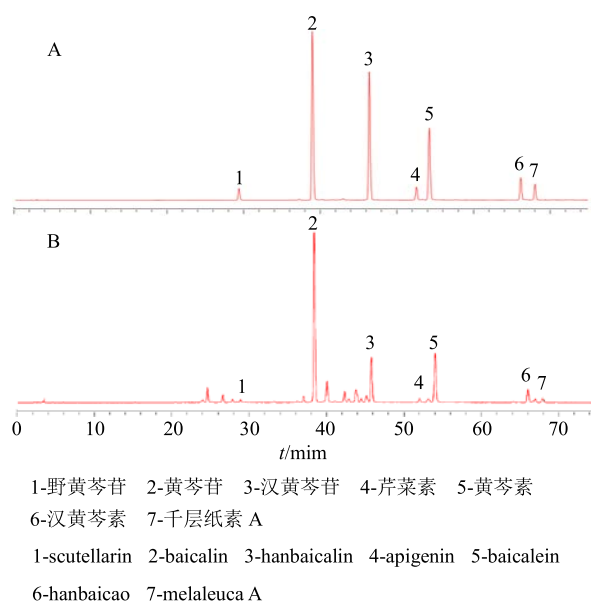


图 1 混合对照品 (A) 和供试品溶液 (B) 的 HPLC 色谱图
Fig. 1 HPLC of mixed reference substances (A) and sample (B)

2.2 对照品溶液的制备

2.2.1 对照品溶液的制备 精密称取对照品野黄芩苷、黄芩苷、汉黄芩苷、芹菜素、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A 适量，加甲醇分别制成含野黄芩苷、黄芩苷、汉黄芩苷、芹菜素、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A 各 0.531、0.532、0.495、0.550、0.497、0.521、0.531 mg/mL 的对照品溶液。

2.2.2 混合对照品溶液的制备 分别精密量取“2.2.1”项下 7 种待测成分的对照品适量，置于 5 mL 量瓶中，用甲醇溶解并定容，摇匀，制成野黄芩苷、黄芩苷、汉黄芩苷、芹菜素、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A 的质量浓度分别 77.38、733.30、12.38、287.90、181.80、52.00、49.70 mg/mL 的混合对照品溶液。

2.3 供试品溶液的制备

精密称取黄芩粉末约 0.5 g，置 100 mL 具塞三角瓶中，加 70%乙醇 20 mL，超声 30 min (320 W, 80 Hz)，滤过，收集滤液，滤渣再加入 70%乙醇 20 mL，同等条件下超声 30 min，滤过，合并 2 次滤液于 50 mL 量瓶中，用 70%乙醇定容至刻度，摇匀，取续滤液，过 0.45 μm 微孔滤膜，即得。

2.4 线性关系考察

精密吸取“2.2.2”项下混合对照品溶液，按“2.1”项下色谱条件，分别自动进样 2、4、8、12、16、20 μL 进行测定，并记录峰面积值，以峰面积为纵

坐标 (Y)，质量浓度为横坐标 (X)，进行线性回归，回归方程见表 2。

表 2 7 种成分回归方程及线性范围

Table 2 Regression equations and linear ranges of seven constituents

成分	回归方程	r^2	线性范围/μg
野黄芩苷	$Y=1.98 \times 10^8 X - 2.20 \times 10^5$	0.999 9	0.02~0.15
黄芩苷	$Y=2.86 \times 10^8 X + 3.40 \times 10^6$	0.999 2	0.14~1.45
汉黄芩苷	$Y=9.66 \times 10^7 X - 1.62 \times 10^6$	0.999 3	0.22~2.07
芹菜素	$Y=1.44 \times 10^8 X - 7.23 \times 10^3$	0.999 2	0.002 1~0.020 0
黄芩素	$Y=6.88 \times 10^8 X - 2.71 \times 10^6$	0.999 9	0.04~0.36
汉黄芩素	$Y=7.09 \times 10^8 X - 4.26 \times 10^5$	0.999 9	0.009 3~0.090 0
千层纸素 A	$Y=5.70 \times 10^8 X - 4.84 \times 10^5$	0.999 9	0.01~0.10

2.5 精密度试验

取“2.2.2”项混合对照品溶液，按“2.1”项下的色谱条件连续进样，测定 6 次，每次进样 10 μL，测得野黄芩苷、黄芩苷、汉黄芩苷、芹菜素、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A 峰面积的 RSD 分别为 1.98%、0.71%、0.55%、0.49%、0.23%、0.47%、0.31%，表明仪器精密度良好。

2.6 稳定性试验

精密称取堡城村 (A12) 黄芩药材粉末 0.5 g 于锥形瓶中，按“2.3”项下的方法制备供试品溶液，分别在 0、2、4、8、12、24 h 进行测定，结果野黄芩苷、黄芩苷、汉黄芩苷、芹菜素、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A 峰面积的 RSD 分别为 2.26%、1.44%、0.97%、1.32%、1.13%、2.26%、1.12%。结果表明供试品溶液中上述 7 个成分在 24 h 内稳定性良好。

2.7 重复性试验

精密称取堡城村 (A12) 黄芩药材粉末适量，按“2.3”项下方法平行制备供试品溶液 6 份，在“2.1”项的色谱条件下进样 10 μL 测定。结果野黄芩苷、黄芩苷、汉黄芩苷、芹菜素、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A 的 RSD 值分别为 2.16%、2.68%、2.3%、2.0%、2.35%、1.76%、2.15%，表明该方法重复性较好。

2.8 加样回收率试验

取堡城村 (A12) 黄芩的样品粉末 9 份，精密称定，分别精密加入低、中、高 3 个质量浓度的对照品溶液 (分别相当于原黄芩样品中质量分数的 50%、100%、150%)，每一质量浓度取 3 份，按“2.3”项下方法制备供试品溶液，按“2.1”项下色谱条件

测定, 根据测得量和加入量计算各成分的加样回收率和 RSD, 结果野黄芩苷、黄芩苷、汉黄芩苷、芹菜素、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A 的平均加样回收率分别为 99.85%、101.25%、95.84%、96.53%、98.48%、98.23%、101.85%, RSD 分别为 2.2%、1.9%、2.1%、2.3%、1.7%、1.6%、1.5%。

2.9 样品测定

取 24 批待测黄芩样品各 10 g, 粉碎, 过 80 目筛, 精密称取各待测样品约 0.5 g 按“2.3”项下方法制备供试品溶液, 按“2.1”项下色谱条件进行测定, 计算样品中 7 种成分的含量, 结果见表 3。

2.10 黄芩生长过程中主要影响因素分析

2.10.1 不同海拔对黄芩中 7 种成分含量的影响 结果显示, 在同一生长年限之中, 随着海拔范围的增高, 除汉黄芩素外, 黄芩中野黄芩苷、黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、千层纸素 A、芹菜素 6 种成分的含量不同程度的升高。海拔范围在 520~580 m 与 620~680 m 比较, 其中黄芩苷、汉黄芩苷有极显著性差异 ($P < 0.01$), 野黄芩苷、黄芩素、千层纸素 A、汉黄芩素、芹菜素有显著性差异 ($P < 0.05$), 见表 4。

2.10.2 不同光照 (阴坡与阳坡) 对黄芩 7 种成分含量的影响 结果显示, 在同一生长年限之中, 在阳坡和阴坡光照中, 黄芩样品中野黄芩苷、黄芩苷、汉黄芩苷、芹菜素、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A 7 种成分含量有不同程度的变化。7 种成分阳坡与阴坡比较, 无显著性差异 ($P > 0.05$), 但除汉黄芩苷、黄芩素外, 其他黄酮类

各种成分质量分数的均数都是阳坡高于阴坡。具体实验结果见表 5。

表 3 24 批样品中 7 种成分的含量测定结果 ($n = 3$)

Table 3 Determination of seven constituents in 24 batches of samples ($n = 3$)

来源	质量分数/%						
	野黄芩苷	黄芩苷	汉黄芩苷	芹菜素	黄芩素	汉黄芩素	千层纸素 A
A1	0.06	13.28	2.33	0.056	0.85	1.02	0.67
A2	0.08	10.17	1.64	0.082	0.69	2.44	1.77
A3	0.12	14.10	2.77	0.025	0.63	3.31	1.83
A4	0.04	10.38	1.71	0.019	0.77	2.56	2.32
A5	0.14	11.77	2.41	0.11	0.58	2.05	1.79
A6	0.10	12.48	2.52	0.033	1.38	1.07	0.86
A7	0.03	13.39	1.32	0.032	0.62	2.32	1.01
A8	0.09	10.78	2.03	0.036	0.67	2.27	1.04
A9	0.04	11.06	1.19	0.028	0.60	1.11	0.92
A10	0.06	11.79	1.73	0.034	0.77	2.23	1.07
A11	0.07	10.03	1.54	0.021	0.56	4.58	1.04
A12	0.03	9.36	1.44	0.019	0.63	1.64	1.06
A13	0.03	11.12	2.28	0.018	1.51	0.87	0.79
A14	0.13	12.93	2.93	0.064	0.66	1.55	0.66
A15	0.05	9.91	2.25	0.026	0.68	2.25	0.99
A16	0.07	9.98	1.27	0.027	0.64	2.27	1.13
A17	0.05	9.39	2.15	0.038	0.44	2.15	1.18
A18	0.11	10.33	1.69	0.067	0.72	1.23	1.81
A19	0.12	12.61	2.68	0.046	0.75	1.78	1.69
A20	0.07	12.55	2.53	0.044	0.73	1.35	1.88
A21	0.08	10.30	2.02	0.018	1.09	3.34	1.12
A22	0.03	11.12	2.28	0.018	1.51	0.87	0.79
A23	0.06	9.37	2.31	0.035	0.42	1.71	0.83
A24	0.07	9.89	1.54	0.039	0.41	3.21	1.06

表 4 不同海拔范围对黄芩中 7 种成分含量的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 12$)

Table 4 Effects of different elevations on content of seven components in *S. baicalensis* ($\bar{x} \pm s, n = 12$)

海拔范围/m	质量分数/%						
	野黄芩苷	黄芩苷	汉黄芩苷	芹菜素	黄芩素	汉黄芩素	千层纸素 A
520~580	0.06±0.02	10.44±1.18	1.73±0.40	0.03±0.01	0.63±0.18	2.42±0.91	1.04±0.09
620~680	0.09±0.04*	11.90±1.28**	2.31±0.43**	0.05±0.03*	0.90±0.35*	1.68±0.77*	1.41±0.60*

两组比较: ** $P < 0.01$ * $P < 0.05$, 下同

Comparison between two groups: ** $P < 0.01$ * $P < 0.05$, same as below

表 5 不同光照 (阴坡与阳坡) 对黄芩 7 种成分含量的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 12$)

Table 5 Effects of different illumination (shady and sunny) on content of seven components in *S. baicalensis* ($\bar{x} \pm s, n = 12$)

组别	质量分数/%						
	野黄芩苷	黄芩苷	汉黄芩苷	芹菜素	黄芩素	汉黄芩素	千层纸素 A
阳坡	0.08±0.04	11.2±1.24	1.92±0.54	0.04±0.02	0.72±0.27	2.34±0.91	1.28±0.49
阴坡	0.07±0.03	11.1±1.63	2.12±0.47	0.03±0.02	0.81±0.35	1.76±0.85	1.16±0.43

3 讨论

3.1 测定成分的选择

现代研究表明,黄芩主要含有黄酮类、酚酸类、苯乙醇、氨基酸、甾醇、精油、微量元素等化学成分,其中黄酮类化合物生物活性显著^[6-9]。本实验通过测定黄芩中的野黄芩苷、黄芩苷、汉黄芩苷、芹菜素、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A 7 种成分的含量,为进一步分析光照(阴坡、阳坡)、海拔对黄芩生长过程中化学成分的影响奠定一定的理论基础。

3.2 色谱条件的选择

本实验分别考察了流动相甲醇-0.1% 乙酸,甲醇-0.1%甲酸,乙腈-0.1%乙酸(内含 0.01%四氢呋喃),乙腈-0.1%甲酸(内含 0.01%四氢呋喃),乙腈-0.1% 甲酸,乙腈-0.2% 甲酸,乙腈-0.1%乙酸,乙腈-0.2%乙酸等色谱条件,乙腈-0.1%甲酸梯度洗脱时,色谱峰分离度较好,最终选择乙腈-0.1%甲酸为流动相进行黄酮成分的含量测定。采用 2498PDA 检测器于 200~400 nm 进行 UV 全波长扫描,7 个成分的最大检测波长如下:野黄芩苷 280 nm、黄芩苷 280 nm、汉黄芩苷 274 nm、芹菜素 274 nm、黄芩素 274 nm、汉黄芩素 274 nm、千层纸素 A 270 nm,同时结合文献报道^[10-13]综合分析各检测成分在 274 nm 波长处有最大吸收,故选 274 nm 为检测波长。

3.3 测定结果分析

黄芩中 7 个指标性成分之间含量差异较大,野黄芩苷的质量分数为 0.03%~0.14%,平均质量分数为 0.07%;黄芩苷的质量分数为 9.36%~13.39%,平均质量分数为 11.17%;汉黄芩苷的质量分数为 1.27%~2.93%,平均质量分数为 2.02%;芹菜素的质量分数为 0.018%~0.110%,平均质量分数为 0.039%;黄芩素的质量分数为 0.41%~1.51%,平均质量分数为 0.76%;汉黄芩素的质量分数为 1.07%~3.31%,平均质量分数为 2.05%;千层纸素 A 的质量分数为 0.66%~2.32%,平均质量分数为 1.22%;《中国药典》2015 年版规定黄芩药材中黄芩苷的质量分数不低于 9.0%,研究数据表明,24 批样品的黄芩苷质量分数均符合药典要求,进一步证实陕西省澄城县作为黄芩主产地之一,适宜黄芩人工种植。但各个样品间存在差异,研究数据表明,生长环境对黄芩中黄酮类成分含量影响明显,在同一生长年限,随海拔的升高,黄芩中黄酮类(汉黄芩素除外)的量都呈现明显的上升趋势,有显著性

差异。而光照(阴坡、阳坡)不同时,黄芩中黄酮类的量无显著性差异,这可能与样品的样本量偏少有一定关系,但其均值阳坡高于阴坡。黄芩人工种植宜选择阳光直接照射的平地或阳坡,以及同一适宜环境中,海拔偏高有利于提高黄芩中黄酮类化学成分的总量。而土壤和产地加工等因素与其成分的量也有一定关系^[14-15],后期将进一步深入研究。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [2] 金 敏. 黄芩中黄酮类化学成分研究进展 [J]. 中国民族医药杂志, 2008, 9(9): 55-56.
- [3] 韩贞爱, 汪 娜, 薛 迪, 等. 黄芩有效成分治疗心脑血管疾病药理作用的研究进展 [J]. 中国药房, 2015, 26(21): 3015-3017.
- [4] Horvath C R, Martos P A, Saxena P K. Identification and quantification of eight flavones in root and shoot tissues of the medicinal plant Huang-qin (*Scutellaria baicalensis* Georgi) using high-performance liquid chromatography with diode array massspectrometric detection [J]. *J Chromatography A*, 2005, 1062: 199-207.
- [5] 郑勇凤, 王佳婧, 傅超美, 等. 黄芩的化学成分与药理作用研究进展 [J]. 中成药, 2016, 38(1): 141-147.
- [6] 张 瑜, 武 斌, 许建卫. 黄芩药理作用的研究进展 [J]. 医学综述, 2013, 19(6): 1091-1093.
- [7] 申云富, 范小青. 汉黄芩苷的药理活性研究进展 [J]. 上海中医药大学学报, 2016, 30(4): 98-101.
- [8] 姜茗宸, 徐秋月. 黄芩素抗病毒作用研究 [J]. 杏林中医药, 2016, 36(7): 753-756.
- [9] 赵田禾, 张莹莹, 吴洋洋, 等. 汉黄芩素及其衍生物的抗肿瘤作用及其分子机制研究进展 [J]. 中国新药杂志, 2016, 25(7): 760-766.
- [10] 刘金欣, 孟繁蕴, 张胜海, 等. UPLC 同时测定黄芩中黄芩苷、黄芩素、汉黄芩苷、汉黄芩素、千层纸素 A [J]. 中草药, 2014, 45(10): 1477-1480.
- [11] 郭玲玲, 刘 毅, 禄梦杰, 等. HPLC 法同时测定陕西产不同生长年限野生和栽培黄芩中 9 种化学成分的含量 [J]. 中草药, 2018, 49(4): 935-940.
- [12] 李恩泽, 刘月芬, 刘玉君, 等. 不同产地黄芩中 6 种化学成分含量测定 [J]. 中国医院药学杂志, 2018, 38(9): 946-948.
- [13] 党 珍, 张艳萍, 王西芳. 子洲黄芩中黄酮成分的含量测定及指纹图谱研究 [J]. 中国现代中药, 2017, 19(2): 200-204.
- [14] 冯学峰, 胡世林, 郭宝林, 等. 黄芩种群遗传多样性研究 [J]. 世界科学技术, 2002, 4(4): 38-43.
- [15] 刘 岩, 李连泰, 计小清, 等. 土壤中无机元素对不同产地黄芩中无机元素和黄芩苷量的影响 [J]. 中草药, 2017, 48(6): 1225-1228.