

· 基础研究 ·

HPLC 同时测定不同产地半枝莲中
8 个黄酮类成分的含量

王治阳*, 安华

(河南省中医药研究院附属医院, 河南 郑州 450003)

[摘要] 目的: 建立同时测定不同产地半枝莲中野黄芩苷、黄芩苷、野黄芩素、异野黄芩素、木犀草素、芹菜素、黄芩素和汉黄芩素含量的高效液相色谱法。方法: 采用 Agilent ZORBAX SB-C₁₈ 色谱柱 (250 mm × 4.6 mm, 5 μm), 以乙腈-0.1% 甲酸水为流动相, 梯度洗脱, 检测波长: 350 nm, 流速: 1.0 mL·min⁻¹, 柱温: 25 ℃。结果: 半枝莲药材中野黄芩苷、黄芩苷、野黄芩素、异野黄芩素、木犀草素、芹菜素、黄芩素和汉黄芩素分别在 7.23 ~ 72.32、3.28 ~ 32.76、2.35 ~ 23.53、2.54 ~ 25.37、1.77 ~ 17.65、2.26 ~ 22.57、1.95 ~ 19.48、3.52 ~ 35.24 μg 呈良好线性关系, 相关系数 r 在 0.998 3 ~ 0.999 9, 平均加样回收率为 98.9% ~ 99.9%。结论: 该方法简单、快速, 为半枝莲的质量控制提供了参考。

[关键词] 半枝莲; 黄酮类; 含量测定; 高效液相色谱法

Simultaneous Determination of 8 Flavonoids Components in *Scutellaria barbata* by HPLC

WANG Zhiyang*, AN Hua

(Hospital Affiliated Henan Traditional Chinese Medicine Institute, Zhengzhou 450003, China)

[Abstract] **Objective:** To establish an HPLC method for simultaneous determination of scutellarin, baicalein, scutellarein, isoscutellarein, luteolin, apigenin, baicalein, wogonin in *Scutellaria barbata* extract from different sources. **Methods:** An Agilent ZORBAX SB-C₁₈ (250 mm × 4.6 mm, 5 μm) column was used, the mobile phase consisted of acetonitrile-0.1% methanoic acidwater for gradient elution, the flow rate was 1.0 mL·min⁻¹, the detection wavelength was set at 274 nm and the column temperature was 25 ℃. **Results:** The linear ranges of scutellarin, baicalein, scutellarein, isoscutellarein, luteolin, apigenin, baicalein, wogonin were 7.23-72.32 μg, 3.28-32.76 μg, 2.35-23.53 μg, 2.54-25.37 μg, 1.77-17.65 μg, 2.26-22.57 μg, 1.95-19.48 μg and 3.52-35.24 μg, respectively, the correlation coefficient was between 0.998 3 and 0.999 9. the recovery ($n=9$) were 98.9% -99.9%. **Conclusion:** The established method is simple and rapid for the determination and quality control of *S. barbata*.

[Keywords] *Scutellaria barbata*; flavonoids; determination; HPLC

doi:10.13313/j.issn.1673-4890.2017.7.014

半枝莲 *Scutellaria barbata* D. Don 为唇形科植物半枝莲的干燥全草, 具有清热解毒、散瘀止血、利尿消肿等功效, 用于治疗热毒痈肿、水肿、肺痈、肠痈、毒蛇咬伤、黄疸等^[1-4]。半枝莲黄酮是从半枝莲中提取分离的黄酮类化合物, 现代药理研究发现其具有抗肿瘤、抗氧化和改善记忆障碍等多种药理活性^[5-7]。乔春峰等^[8]采用两种流动相系统对半枝莲中野黄芩苷、野黄芩素、木犀

草素和芹菜素的含量进行了测定。为了寻求更简单、更全面的半枝莲黄酮类成分的分析方法, 本实验建立了同时测定不同产地半枝莲中 8 个黄酮类成分野黄芩苷、黄芩苷、野黄芩素、异野黄芩素、木犀草素、芹菜素、黄芩素和汉黄芩素的高效液相色谱法。该法简单快速, 结果准确、可靠, 为半枝莲药材栽培及相关制剂的质量控制提供了参考依据。

* [通信作者] 王治阳, 主管药师, 研究方向: 中药炮制; Tel: (0371)66331318, E-mail: 2136825137@qq.com

1 仪器与试药

1.1 仪器

Agilent ZORBAX 色谱仪(美国安捷伦科技有限公司); AS10200 超声处理器(天津特赛恩斯仪器有限公司); Sartorius BT25S 型电子分析天平(德国赛多利斯科技有限公司); Bp211D 型电子天平(赛多利斯公司); 乙腈、甲酸为色谱纯; 水(超纯水), 使用前均经 0.45 μm 滤膜滤过; 其余试剂均为分析纯。

1.2 试药

对照品野黄芩苷(批号: 110715-201318)、黄芩苷(批号: 115265-201318)、野黄芩素(批号: 110726-201318)、异野黄芩素(批号: 111321-201318)、木犀草素(批号: 1157135-201318)、芹菜素(批号: 115624-201318)、黄芩素(批号: 111595-201306)、汉黄芩素(批号: 111514-201304), 均购自中国食品药品检定研究院。半枝莲分别购自北京北大维信生物科技有限公司(产地: 北京, 批号: 1157135-201318)、安徽威尔曼制药有限公司(产地: 安徽亳州)、湖南鑫和医药有限责任公司(产地: 湖南长沙)、郑州邦正医药有限公司(产地: 河南郑州)、成都青山利康药业有限公司(产地: 四川成都)、江苏九泰医药有限公司(产地: 江苏江阴)、甘肃省平凉市陇东药业有限责任公司(产地: 甘肃平凉)和云南省久泰药业有限公司(产地: 云南丽江), 经河南中医药大学刘明鹏副教授鉴定为半枝莲 *Scutellaria barbata* D. Don 的干燥全草。

2 方法

2.1 色谱条件

色谱柱为 Agilent ZORBAX SB-C₁₈ (250 mm $\times$ 4.6 mm, 5 μm); 流动相: 乙腈(A)-0.1% 甲酸水(B), 梯度洗脱(0 $\rightarrow$ 15 min, 20% A; 15 $\rightarrow$ 25 min, 40% A; 25 $\rightarrow$ 35 min, 60% A; 35 $\rightarrow$ 60 min, 80% A); 流速: 1.0 mL $\cdot$ min⁻¹, 检测波长: 350 nm, 柱温: 25 $^{\circ}\text{C}$, 进样量: 10 μL 。

2.2 溶液的制备

2.2.1 混合对照品溶液的制备 精密称取野黄芩苷、黄芩苷、野黄芩素、异野黄芩素、木犀草素、芹菜素、黄芩素和汉黄芩素对照品适量, 分别用甲醇制成质量浓度分别为 72.32、32.76、23.53、25.37、

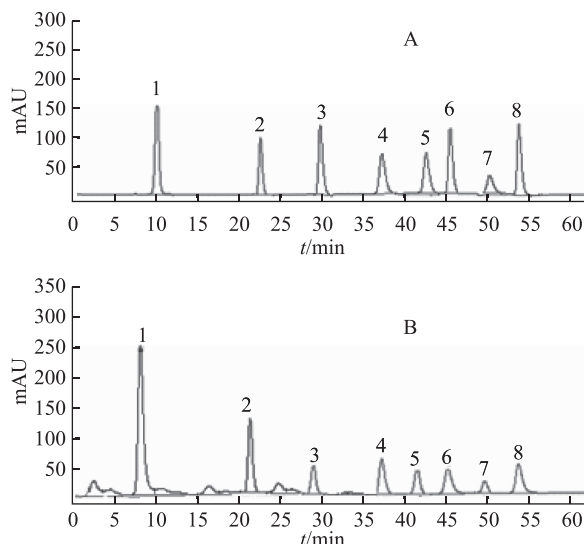
17.65、22.57、19.48、35.24 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的混合对照品溶液。

2.2.2 供试品溶液的制备 精密称取半枝莲粉末(20~40目) 1.0 g, 置 100 mL 容量瓶中, 加入 70% 的甲醇水 70 mL, 称重, 超声(功率: 600 W, 频率: 40 kHz)提取 45 min, 放置至室温, 再次称重, 加 70% 甲醇水补足失去的重量, 摇匀, 用 0.45 μm 微孔滤膜过滤, 取续滤液作为供试品溶液。

3 结果

3.1 系统适用性试验

分别取 2.2 项下制备的混合对照品溶液和供试品溶液各 10 μL , 按上述色谱条件测定。结果供试品中野黄芩苷、黄芩苷、野黄芩素、异野黄芩素、木犀草素、芹菜素、黄芩素和汉黄芩素之间分离度良好, 且无杂质干扰, 结果见图 1。



注: A. 对照品; B. 供试品; 1. 野黄芩苷; 2. 黄芩苷; 3. 野黄芩素; 4. 异野黄芩素; 5. 木犀草素; 6. 芹菜素; 7. 黄芩素; 8. 汉黄芩素。

图1 半枝莲及对照品 HPLC 图

3.2 线性关系考察

分别精密量取 2.2.1 项下的混合对照品溶液 0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL, 用 70% 甲醇水定容到 1 mL 容量瓶中(量取 1.0 mL 的样品未定容), 摇匀, 即为不同质量浓度的混合对照品溶液。分别精密吸取各 10 μL , 注入液相色谱仪, 记录峰面积, 以峰面积(Y)对浓度(X)进行回归分析, 得野黄芩苷、黄芩苷、野黄芩素、异野黄芩素、木犀草素、芹菜素、黄芩素和汉黄芩素的回归方程和相关系数(r)见表 1。

表 1 野黄芩苷等 8 种成分的线性关系考察

化学成分	回归方程	<i>r</i>	线性范围/mg
野黄芩苷	$Y = 46.583\ 623X - 29.603\ 275\ 3$	0.998 6	7.23 ~ 72.32
黄芩苷	$Y = 23.368\ 241X + 7.056\ 483\ 1$	0.999 2	3.28 ~ 32.76
野黄芩素	$Y = 21.366\ 821X + 6.568\ 321\ 6$	0.999 8	2.35 ~ 23.53
异野黄芩素	$Y = 11.653\ 374X + 3.421\ 765\ 9$	0.999 6	2.54 ~ 25.37
木犀草素	$Y = 16.854\ 371X + 5.896\ 543\ 7$	0.999 9	1.77 ~ 17.65
芹菜素	$Y = 10.351\ 894X + 2.334\ 175\ 5$	0.998 3	2.26 ~ 22.57
黄芩素	$Y = 14.663\ 942X + 4.035\ 793\ 2$	0.999 2	1.95 ~ 19.48
汉黄芩素	$Y = 16.245\ 893X + 5.678\ 218\ 4$	0.998 9	3.52 ~ 35.24

3.3 精密度试验

精密吸取 2.2.1 项下的对照品溶液,按上述色谱条件重复测定 6 次,结果野黄芩苷、黄芩苷、野黄芩素、异野黄芩素、木犀草素、芹菜素、黄芩素和汉黄芩素峰面积的 RSD 分别为 1.17%、0.68%、0.79%、1.24%、0.76%、1.70%、0.97% 和 0.78% ($n=6$),表明仪器精密度良好。

3.4 稳定性试验

精密称取同一批产地河南郑州的半枝莲干燥粉末(20~40 目),按 2.2.2 项下方法操作,制备供试品溶液。依上述色谱条件分别于 0、2、4、8、12、24 h 进样 10 μ L,测得野黄芩苷、黄芩苷、野黄芩素、异野黄芩素、木犀草素、芹菜素、黄芩素和汉

黄芩素峰面积的 RSD 分别为 1.24%、0.85%、1.06%、1.26%、0.98%、1.27%、1.46%、0.89% ($n=6$),表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

3.5 重复性试验

精密称取同一批产地河南郑州的半枝莲粉末(20~40 目)6 份,按 2.2.2 项下方法操作,制备供试品溶液,按上述色谱条件分别进样 10 μ L,测得野黄芩苷、黄芩苷、野黄芩素、异野黄芩素、木犀草素、芹菜素、黄芩素和汉黄芩素平均含量的 RSD 分别为 1.37%、0.96%、0.82%、1.03%、0.86%、1.43%、1.68%、1.52% ($n=6$),表明本方法重复性良好。

3.6 加样回收率试验

精密称取已知含量的半枝莲粉末(产地河南郑州)约 0.1 g,共 6 份。分别精密加入含野黄芩苷 0.512 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、黄芩苷 0.243 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、野黄芩素 0.176 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、异野黄芩素 0.183 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、木犀草素 0.076 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、芹菜素 0.106 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、黄芩素 0.086 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、汉黄芩素 0.212 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的对照品溶液 0.8、1.0、1.2 mL,各 2 份。按 2.2.2 项下方法制备供试品溶液,按上述色谱条件分别进样测定各成分含量,计算回收率,结果见表 2。

表 2 半枝莲中 8 种成分的加样回收率试验结果($n=6$)

成分	样品量/g	样品含量/mg	对照品加入量/mg	测得量/mg	回收率(%)	平均回收率(%)	RSD(%)
野黄芩苷	0.100 6	0.515	0.614	1.131	100.2	99.5	1.39
	0.100 2	0.513	0.614	1.112	98.7		
	0.100 9	0.516	0.512	1.036	100.8		
	0.100 3	0.513	0.512	1.028	100.3		
	0.099 7	0.510	0.409	0.912	99.2		
	0.100 2	0.513	0.409	0.900	97.6		
黄芩苷	0.100 6	0.244	0.292	0.545	101.5	99.9	1.08
	0.100 2	0.243	0.292	0.534	99.8		
	0.100 9	0.245	0.243	0.491	100.6		
	0.100 3	0.243	0.243	0.481	98.9		
	0.100 7	0.244	0.194	0.439	100.2		
	0.100 2	0.243	0.194	0.429	98.1		
野黄芩素	0.100 6	0.177	0.211	0.387	99.7	99.8	0.95
	0.100 2	0.176	0.211	0.382	98.9		

表 2(续)

成分	样品量/g	样品含量/mg	对照品加入量/mg	测得量 /mg	回收率 (%)	平均回收率 (%)	RSD(%)
野黄芩素	0.100 9	0.178	0.176	0.358	101.2		
	0.100 3	0.177	0.176	0.352	99.8		
	0.100 7	0.177	0.141	0.320	100.6		
	0.100 6	0.177	0.141	0.313	98.6		
异野黄芩素	0.100 6	0.184	0.220	0.404	100.0	99.3	1.28
	0.100 2	0.184	0.220	0.397	98.2		
	0.100 9	0.185	0.183	0.365	99.3		
	0.100 8	0.184	0.183	0.358	97.6		
	0.100 3	0.184	0.146	0.333	101.0		
	0.100 2	0.184	0.146	0.329	99.7		
木犀草素	0.100 6	0.076	0.091	0.166	99.4	99.2	1.06
	0.100 2	0.076	0.091	0.168	100.5		
	0.100 9	0.077	0.076	0.152	99.3		
	0.100 3	0.076	0.076	0.151	98.6		
	1.000 7	0.076	0.061	0.135	98.5		
	0.100 2	0.076	0.061	0.136	99.3		
芹菜素	0.100 6	0.106	0.127	0.228	97.6	99.4	1.72
	0.100 2	0.106	0.127	0.231	99.1		
	0.100 9	0.107	0.106	0.216	101.2		
	0.100 3	0.106	0.106	0.211	99.6		
	0.100 7	0.107	0.85	0.189	98.3		
	0.100 2	0.106	0.85	0.190	99.8		
黄芩素	0.100 6	0.086	0.103	0.189	99.8	99.7	1.82
	0.100 2	0.086	0.103	0.187	98.9		
	0.100 9	0.087	0.086	0.175	101.2		
	0.100 3	0.087	0.086	0.171	99.6		
	0.100 7	0.087	0.069	0.153	98.3		
	0.100 2	0.086	0.069	0.156	100.6		
汉黄芩素	0.100 6	0.213	0.254	0.460	98.5	98.9	1.94
	0.100 2	0.212	0.254	0.462	99.1		
	0.100 9	0.214	0.212	0.420	99.3		
	0.100 3	0.213	0.212	0.417	98.8		
	0.100 7	0.214	0.170	0.386	100.4		
	0.100 2	0.212	0.170	0.373	97.6		

3.7 样品的含量测定

精密称取不同产地的半枝莲粉末(20~40 目筛)各 3 份,按 2.2.2 项下方法制备供试品溶液,按上

述色谱条件分别进样 10 μL 测定,分别计算其含量,结果见表 3。

表3 半枝莲样品含量测定结果($n=3$)

产地	平均质量分数/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$							
	野黄芩苷	黄芩苷	野黄芩素	异野黄芩素	木犀草素	芹菜素	黄芩素	汉黄芩素
北京	3.14	1.19	1.62	0.72	0.57	0.85	0.29	2.37
安徽亳州	5.62	2.73	0.94	1.32	0.37	0.76	0.73	1.29
湖南长沙	1.73	0.82	1.53	0.69	0.52	0.29	0.42	0.76
河南郑州	5.12	2.43	1.76	1.83	0.76	1.06	0.86	2.12
四川成都	2.96	1.73	0.51	0.92	0.29	1.13	0.71	2.07
江苏江阴	2.37	2.04	0.82	1.72	0.57	0.93	1.04	0.74
甘肃平凉	5.73	1.27	2.31	1.97	0.39	0.51	0.87	1.92
云南丽江	4.62	0.61	1.43	0.83	0.43	0.37	0.43	2.34

4 讨论

4.1 供试品溶液的制备

本实验在制备供试品溶液时对“超声提取 45 min”和“加热回流提取 2 h”进行了比较,结果所测各成分含量无明显差异,但“加热回流提取 2 h”所测杂质较多,因此选择提取效率高、操作简单且耗能少的超声提取法用来制备供试品溶液。在超声提取条件下,本文考察提取时间 20、45、90 min,超声提取 20 min 所得木犀草素和黄芩素的含量较低;而提取时间为 45、90 min 时所测各成分的含量无明显差异,但提取时间为 90 min 时杂质较多,因此超声提取时间选择 45 min。本实验另考察不同提取溶剂(无水乙醇、70% 乙醇水、50% 乙醇水、甲醇、70% 甲醇水和 50% 甲醇水),发现用 70% 甲醇水作为提取溶剂各成分分离效果最好,且测得含量较高。因此,采用 70% 甲醇水作为提取溶剂。

4.2 流动相及其比例的选择

本实验分别考察了不同比例的“甲醇-水”和“乙腈-水”系统作流动相,调整不同比例,发现各峰形对称性均不好,野黄芩素、异野黄芩素和汉黄芩素不能达到基线分离。考虑到 pH 值对分离效果的影响,考察了“甲醇-0.1% 甲酸水”、“乙腈-0.1% 甲酸水”和“乙腈-0.4% 磷酸水”,结果发现乙腈(A)-0.1% 甲酸水(B),梯度洗脱(0→15 min, 20% A; 15→25 min, 40% A; 25→35 min, 60% A; 35→60 min, 80% A)分离度良好,峰形较好,无杂质干扰,基线较平整,保留时间合适。

4.3 检测波长的选择

取上述 8 个对照品,于 200 ~ 400 nm 波长范围

内进行扫描,野黄芩苷、野黄芩素、黄芩素和汉黄芩素在 322 nm 吸收良好,黄芩苷、木犀草素、芹菜素在 362 nm 吸收较好,异野黄芩素在 348 nm 为最大吸收波长。结合文献报道的不同检测波长(275 nm^[9], 350 nm^[10], 315 nm^[11])进样进行色谱比较。当波长为 350 nm 时各成分的峰形对称好,基线平稳,分离度高。

4.4 小结

本文采用 HPLC 测定半枝莲中野黄芩苷、黄芩苷、野黄芩素、异野黄芩素、木犀草素、芹菜素、黄芩素和汉黄芩素含量,并比较不同产地半枝莲中有效成分的差异。从表 3 可以看出,不同产地半枝莲中野黄芩苷、黄芩苷、野黄芩素、异野黄芩素、木犀草素、芹菜素、黄芩素和汉黄芩素的含量差异很大,以安徽亳州、河南郑州和甘肃平凉含量相对较高。此方法简单快速,灵敏度高,具有较好的重复性和稳定性,为半枝莲药材及其相关制剂的质量控制提供了方法和依据,同时研究不同产地的半枝莲品质的差异为半枝莲栽培提供参考。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 北京:中国医药科技出版社,2015:109-110.
- [2] Wei L H, Lin J M, Wu G W, et al. Scutellaria barbata D. Don induces G1/S arrest via modulation of p53 and Akt pathways in human colon carcinoma cells[J]. Oncol Reports, 2013 (4):69-78.
- [3] 卢小路,徐海波,石梦莹,等. 半枝莲通过 Hedgehog 信号通路抑制结肠肿瘤干细胞自我更新[J]. 中药药理与临床, 2015, 44(1):144-147.

(下转第 1000 页)

- ization of a time-course transcriptional response induced by autotoxins in *Panax ginseng* using RNA-Seq[J]. BMC genomics, 2015, 16(1): 1010.
- [11] Bin W, Meizhen W, Yimian M, et al. High-throughput sequencing and characterization of the small RNA transcriptome reveal features of novel and conserved microRNAs in *Panax ginseng*[J]. PLoS One, 2012, 7(9): e44385.
- [12] 吴凯, 周晓阳. 环境胁迫对植物超微结构的影响[J]. 山东林业科技, 2007, 170(3): 80-83.
- [13] Shiping L, Jirong W, Lu W, et al. Adventitious root formation in rice requires OsGNOM1 and is mediated by the OsPINs family[J]. Cell Research, 2009, 19(9): 1110-1119.
- [14] 刘士平, 王璐, 薛艳红, 等. ARF-GEF 基因家族的研究进展[J]. 遗传, 2009, 31(10): 982-992.
- [15] 王艳敏, 白卉, 曹焱. bHLH 转录因子研究进展及其在植物抗逆中的应用[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(21): 34-35.
- [16] Qing L, Yohei O, Mariko K, et al. GLABRA2 Directly Suppresses Basic Helix-Loop-Helix Transcription Factor Genes with Diverse Functions in Root Hair Development[J]. The Plant Cell, 2015, 27(10): 2894-2906.
- [17] 杨春雪, 卓丽环, 柳参奎. 植物显微及超微结构变化与其抗逆性关系的研究进展[J]. 分子植物育种, 2008, 6(2): 341-346.
- [18] Zeng R S, Luo S M, Yue H S, et al. Physiological and Biochemical Mechanism of Allelopathy of Secalonic Acid F on higher Plants[J]. Agronomy Journal, 2001, 93(1): 72-79.
- [19] Tenhaken R. Cell wall remodeling under abiotic stress[J]. Frontiers in plant science, 2014, 5(771): 1-9.
- [20] 兰世超, 姜山. 病原体胁迫下植物细胞壁的变化[J]. 贵州科学, 2013, 31(3): 17-24.
- [21] Van Sandt Vicky S T, Dmitry S, Jean-Pierre V, et al. Xyloglucan endotransglucosylase activity loosens a plant cell wall[J]. Annals of Botany, 2007, 100(7): 1467-1473.
- [22] Séverine B, J W B, Saskia H, et al. The nucleolus under stress[J]. Molecular Cell, 2010, 40(2): 216-227.
- [23] 代容春, 何文锦, 林荣华, 等. NaCl 胁迫下萝卜幼苗根系生理和细胞核形态的变化[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(6): 124-127.
- [24] 王如平, 解凯彬, 徐楠, 等. Cd²⁺胁迫下浮萍叶细胞核超微结构、nDNA 损伤及抗氧化酶系的变化[J]. 广西植物, 2009, 29(4): 502-505.
- [25] 廖祥儒, 陈彤, 刘小丽. 植物液泡的形成及其功能[J]. 细胞生物学杂志, 2002, 24(2): 95-101.
- [26] Gao C, Zhao Q, Jiang L. Vacuoles protect plants from high magnesium stress[J]. P Natl Acad Sci USA, 2015, 112(11): 2931-2932.
- [27] Mowla S N, Lam E W F, Jat P S. Cellular senescence and aging: the role of B- MYB[J]. Aging Cell, 2014, 13(5): 773-779.
- [28] Mittler R, Kim Y, Song L, et al. Gain- and loss-of-function mutations in Zat10 enhance the tolerance of plants to abiotic stress[J]. FEBS letters, 2006, 580(28): 6537-6542.
- [29] Treweek T M, Meehan S, Ecroyd H, et al. Small heat-shock proteins: important players in regulating cellular proteostasis[J]. Cellular and Molecular Life Sciences, 2015, 72(3): 429-451.

(收稿日期 2016-11-19)

(上接第 982 页)

- [4] Bardakci H, Skaltsa H, Milosevic-Ifantis T, et al. Antioxidant activities of several *Scutellaria taxa* and bioactive phytoconstituents from *Scutellaria hastifolia* L. [J]. Ind Crops Prod, 2015, 23(77): 196-203.
- [5] 陈红梅, 谢翎. 响应面法优化半枝莲黄酮提取工艺及体外抗氧化性分析[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 96-98.
- [6] Liu H L, Chen B H, Kao T H, et al. Carotenoids composition in *Scutellaria barbata* D. Don as detected by high performance liquid chromatography-diode array detection-mass spectrometry-atmospheric pressure chemical ionization[J]. J Funct Foods, 2014, 8(5): 100-103.
- [7] Marsh Z, Yang T H, Nopo-Olazabal L, et al. Effect of light, methyl jasmonate and cyclodextrin on production of phenolic compounds in hairy root cultures of *Scutellaria lateriflora*[J]. Phytochemistry, 2014, 107(11): 50-58.
- [8] 乔春峰, 韩全斌, 宋景政, 等. RP-HPLC 测定半枝莲药材中 4 种主要黄酮类成分的含量[J]. 中国药学杂志, 2006, 41(17): 1342-1344.
- [9] Rao Y K, Geethangili M, Fang S H, et al. Antioxidant and cytotoxic activities of naturally occurring phenolic and related compounds: a comparative study[J]. Food Chem Toxicol, 2007, 45: 1770-1776.
- [10] 董琳, 关薇薇, 盛琳, 等. HPLC 同时测定裸花紫珠中 4 种黄酮[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(3): 52-55.
- [11] 孟姝, 林玉莲, 都述虎. HPLC 同时测定利胆片中绿原酸和黄芩苷的含量[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 21(10): 78-79.

(收稿日期 2016-11-20)