

HPLC法与UPLC法同时测定黄芩中5种黄酮类成分含量的比较[△]

李化^{1*},刘静^{1,2},董红敬¹,刘红亮¹,杨滨^{1#}(1.中国中医科学院中药研究所,北京 100700;2.成都中医药大学药学院,成都 610075)

中图分类号 R284.1;R927.2 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2014)35-3293-04

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2014.35.10

摘要 目的:为黄芩多指标成分同步质量控制提供更加简便、快捷的检测方法。方法:分别采用高效液相色谱(HPLC)法和超高效液相色谱(UPLC)法测定黄芩中黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素和千层纸素A含量,比较两种方法的分离情况、线性关系、精密度、重复性、稳定性和加样回收率。HPLC法色谱柱为Diamonsil C₁₈(250 mm×4.6 mm,5 μm),流动相为乙腈-水-甲酸(梯度洗脱),柱温为30℃,流速为1.0 ml/min,检测波长为280 nm;UPLC法色谱柱为Acquity BEH C₁₈(50 mm×2.1 mm,1.7 μm),流动相为0.1%甲酸水溶液-乙腈(梯度洗脱),柱温为40℃,流速为0.4 ml/min,检测波长为280 nm。结果:两种方法在各自对应条件下的分离情况良好;进样量与峰面积积分值均呈良好的线性关系($r \geq 0.9995$);精密度、稳定性和重复性试验RSD<4%;平均加样回收率均>96%(RSD<5%, $n=6$);样品测定结果差异无统计学意义($P>0.05$)。结论:UPLC法较HPLC法具有速度更快、灵敏度更高,且节省溶剂的优势。UPLC法可以成功代替HPLC法,应用于黄芩药材多指标成分的同时质量控制。

关键词 黄芩;黄酮类成分;含量测定;高效液相色谱法;超高效液相色谱法

Comparison of HPLC and UPLC for the Determination of 5 Flavonoids in *Scutellaria baicalensis*

LI Hua¹, LIU Jing^{1,2}, DONG Hong-jing¹, LIU Hong-liang¹, YANG Bin¹ (1.Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China; 2.College of Pharmacy, Chengdu University of TCM, Chengdu 610075, China)

ABSTRACT OBJECTIVE: To provide simple and efficient method for the quality control of multiple componets in *Scutellaria baicalensis*. METHODS: HPLC and UPLC method were established to determine the contents of baicalin, wogonoside, baicalein, wogonin and oroxylin A in *S. baicalensis*. The separation, linear relationship, precision, reproducibility, stability and recovery were compared between 2 methods. For HPLC system, Diamonsil C₁₈ (250 mm×4.6 mm, 5 μm) column was applied with mobile phase consisted of acetonitrile-water-formic acid (gradient elution) at the flow rate of 1.0 ml/min. The column temperature was 30℃, and detection wavelength was set at 280 nm. For UPLC system, Acquity BEH C₁₈ (50 mm×2.1 mm, 1.7 μm) column was applied with mobile phase consisted of 0.1% formic acid- acetonitrile (gradient elution) at the flow rate of 0.4 ml/min. The column temperature was set at 40℃, and detection wavelength was set 280 nm. RESULTS: Both methods had good linear relationship in sample size and peak area ($r \geq 0.9995$); RSDs of precision, stability and reproducibility tests were lower than 4%; average recovery was higher than 96% (RSD<5%, $n=6$). CONCLUSIONS: Compared with HPLC method, UPLC method is faster and more sensitive and costs less solvents, and can be used for the quality control of various components in *S. baicalensis* simultaneously.

KEYWORDS *Scutellaria baicalensis*; Flavonoids; Content determination; HPLC; UPLC

[3] 曾祖平,何薇,崔立山.高效液相法测定枳实中黄酮类成分[J].中国实验方剂学杂志,2006,12(7):9.

[4] 王佳,周家雨,郭军伟,等.枳实中辛弗林和橙皮苷的联合提取工艺研究[J].天然产物研究与开发,2009,21(6):1 057.

[5] 黄爱华,曾元儿,迟玉广,等.正交试验优选枳实中新橙皮

苷的提取工艺[J].中药新药与临床药理,2009,20(6):580.

△基金项目:国家自然科学基金资助项目(No.81202903)
*助理研究员,博士。研究方向:中药材及其复方制剂的质量评价、元素形态分析。电话:010-64014411-2848。E-mail: lihua621@hotmail.com

#通信作者:研究员,博士研究生导师,博士。研究方向:中药材及其复方制剂质量评价、抗氧化。电话:010-64014411-2848。E-mail: ybinmm@hotmail.com

[6] 彭友元,叶建农.毛细管电泳电化学检测法测定中药枳实和枳壳中的辛弗林和3种黄酮[J].分析测试学报,2007,26(5):694.

[7] 贾强,白杨,马燕,等.枳壳和枳实化学成分的HPLC-ESI-MS分析[J].中草药,2005,36(2):169.

[8] 张永勇,倪丽,范春林,等.枳实中一个新的酚苷成分[J].中草药,2006,37(9):1 295.

[9] 雷泞菲,桑世华,彭书明.槐花中芦丁的提取工艺研究[J].时珍国医国药,2008,19(4):860.

(收稿日期:2014-04-17 修回日期:2014-05-28)

黄芩为唇形科植物黄芩 *Scutellaria baicalensis* Georgi 的干燥根,具有清热燥湿、泻火解毒、止血、安胎等作用^[1]。药理研究发现,黄芩中黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素和千层纸素 A 在抗菌^[2]、抗病毒^[3]、抗氧化^[4]、抗肿瘤^[5]等方面有显著作用。2010 版《中国药典》黄芩项下仅以黄芩苷的含量作为评价指标,尽管限制饮片中黄芩苷含量不低于 8.0%,但仍然难以真正体现黄芩的内在品质。为了更好地保证黄芩在临床使用上的有效性和安全性,以黄芩苷、黄芩素、汉黄芩苷、汉黄芩素和千层纸素 A 为指标评价黄芩的质量更为全面和合理。目前文献报道中,多成分同步测定的方法主要是高效液相色谱(HPLC)法^[6-9],运行时间一般为 60~120 min,耗时较长,溶剂消耗较大。超高效液相色谱(UPLC)技术是近几年推出的一种新型的液相色谱技术,与 HPLC 技术相比,能获得更高的分离度,具有更好灵敏度和更快的速度。本试验分别采用 HPLC 和 UPLC 技术,建立了对上述 5 个黄酮类成分含量同时测定的方法,以期对黄芩多指标成分同步质量控制提供一种更加简便、快捷的检测方法。

1 材料

1.1 仪器

Alliance 2695 型 HPLC 仪,包括四元梯度泵、2996 型二极管阵列检测器、真空脱气机、自动进样器、柱温箱、Empower II 色谱工作站(美国 Waters 公司);ACQUITY H-Class UPLC™ UPLC 仪,包括四元高压梯度泵、真空脱气机、自动进样器、柱温箱、二级管阵列检测器、Empower II 色谱工作站(美国 Waters 公司);2004 MP6 型半微量电子显示天平(德国 Sartorius 公司);Scout Pro 型电子天平(美国 Ohaus 公司);KQ-100DE 型医用数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司);Milli-Q 型超纯水制备仪(法国 Millipore 公司)。

1.2 试剂

黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素对照品(上海同田生物技术股份有限公司,纯度均≥98%,批号分别为 E-0050、E-0664、E-0051、E-0103);千层纸素 A 对照品(上海源叶生物科技有限公司,纯度≥98%,批号:20120129);乙腈为色谱纯,其余试剂均为分析纯;超纯水由 Milli-Q 纯水制备仪(法国 Millipore 公司)制备。

1.3 药材

购买内蒙古、河北、甘肃、吉林、山东、北京、山西、陕西、安徽等不同产地 10 批黄芩饮片,经中国中医科学院中药研究所杨滨研究员鉴定为唇形科植物黄芩 *S. baicalensis* Georgi 的干燥根。将药材粉碎,过 40 目筛,置封口袋中贮藏,备用。

2 方法与结果

2.1 溶液的制备

2.1.1 混合对照品溶液的制备 精密称取黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素和千层纸素 A 对照品适量,加 20% 乙腈溶液使溶解,制得质量浓度分别为 64.80、31.00、28.00、2.72、1.85 μg/ml 的混合对照品溶液。

2.1.2 供试品溶液的制备 取黄芩粉末约 0.05 g,精密称定,置具塞锥形瓶中,吸取 70% 乙醇 50 ml,称定质量,超声提取(功率:100 W,频率:40 kHz)1 h,放冷,称定质量,以 70% 乙醇补足减失质量,滤过,取续滤液过 0.2 μm 微孔滤膜,即得。

2.2 HPLC 法测定

2.2.1 色谱条件与系统适用性试验 色谱柱:Diamonsil C₁₈

(250 mm × 4.6 mm, 5 μm);流动相:流动相 A 为乙腈-水-甲酸(21:78:1, V/V/V),流动相 B 为乙腈-水-甲酸(80:20:1, V/V/V),梯度洗脱(0~10 min, 100% A; >10~35 min, 100% → 90% A; >35~70 min, 90% → 65% A; >70~85 min, 65% → 5% A);柱温:30 ℃;流速:1.0 ml/min;检测波长:280 nm。取混合对照品溶液和供试品溶液适量,在上述色谱条件下进样测定。结果显示,各峰分离情况良好。色谱见图 1。

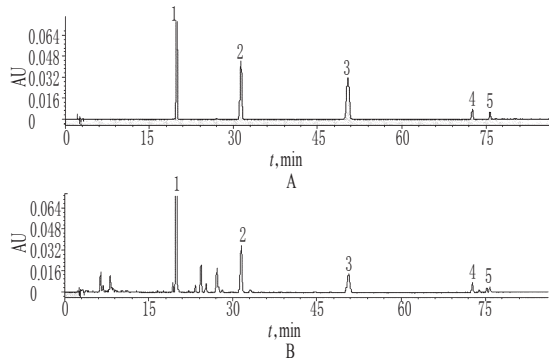


图 1 高效液相色谱图

A. 混合对照品; B. 供试品; 1. 黄芩苷; 2. 汉黄芩苷; 3. 黄芩素; 4. 汉黄芩素; 5. 千层纸素 A

Fig 1 HPLC chromatograms

A. mixed control; B. test sample; 1. baicalin; 2. wogonoside; 3. baicalein; 4. wogonin; 5. oroxylin A

2.2.2 线性关系考察 分别取对照品溶液 1、2、4、8、12、16、20 μl,按“2.2.1”项下色谱条件进样测定。以进样量(x , μg)为横坐标,峰面积积分值(y)为纵坐标,进行线性回归,绘制标准曲线。黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素和千层纸素 A 的回归方程分别为 $y=3.393 \times 10^6 x - 5.978 \times 10^4$ ($r=0.9999, n=7$)、 $y=3.279 \times 10^6 x - 2.115 \times 10^3$ ($r=0.9999, n=7$)、 $y=4.873 \times 10^6 x - 3.478 \times 10^4$ ($r=0.9999, n=7$)、 $y=5.824 \times 10^7 x - 5.886 \times 10^3$ ($r=0.9999, n=7$)、 $y=4.341 \times 10^6 x + 2.170 \times 10^3$ ($r=0.9950, n=7$)。结果表明,黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素和千层纸素 A 的进样量分别在 64.80~1 296.00、31.00~620.00、28.00~560.00、2.72~54.40、1.85~37.00 ng 范围内与各自峰面积积分值呈良好的线性关系。以信噪比 $S/N=3$ 和 $S/N=10$ 为标准,分别计算黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素和千层纸素 A 的最低检测限(LOD)和定量限(LOQ)。结果,LOD 分别为 2.87、2.93、3.75、0.44、0.38 ng/ml, LOQ 分别为 9.58、9.04、12.5、1.12、1.14 ng/ml。

2.2.3 精密度的试验 精密吸取同一供试品溶液 10 μl,按“2.2.1”项下色谱条件,连续进样 6 次测定。结果,黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A 峰面积的 RSD 分别为 1.52%、1.79%、1.23%、1.32%、2.60% (n 均为 6),表明本方法精密密度良好。

2.2.4 稳定性试验 取同一供试品溶液适量,按“2.2.1”项下色谱条件,分别于 0、2、4、6、8、24 h 进样测定。结果显示,黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A 峰面积的 RSD 分别为 1.70%、2.16%、3.66%、3.98%、2.31% (n 均为 6),表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.2.5 重复性试验 取同一批黄芩粉末,按“2.1.2”项下方法制备 6 份供试品溶液,按“2.2.1”项下色谱条件进样测定。结果,黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A 峰面积

的RSD分别为2.14%、1.23%、4.63%、2.07%、5.25% (n均为6),表明本方法重复性良好。

2.2.6 加样回收率试验 取已知含量的黄芩粉末6份,每份约0.05 g,精密称定。按样品中各成分含量,分别等量加入黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素对照品,加入汉黄芩素和千层纸素A对照品溶液,按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液,按“2.2.1”项下色谱条件进样测定,计算5种黄酮类成分的加样回收率,结果见表1。

表1 5种黄酮类成分的加样回收率试验结果(HPLC法, n=6)

Tab 1 Results of recovery test of 5 flavonoids(HPLC, n=6)

成分	样品含量,mg	加入量,mg	测得量,mg	回收率,%	\bar{x} ,%	RSD,%
黄芩苷	2.650	2.560	5.100	95.70	96.45	1.43
	2.640	3.010	5.600	98.34		
	2.640	2.770	5.340	97.47		
	2.640	3.060	5.610	97.06		
	2.650	2.600	5.120	95.00		
	2.640	2.450	4.970	95.10		
汉黄芩苷	0.620	0.630	1.260	101.59	98.66	2.81
	0.610	0.750	1.330	96.00		
	0.610	0.660	1.280	101.52		
	0.610	0.630	1.210	95.24		
	0.610	0.840	1.430	97.62		
	0.610	0.800	1.410	100.00		
黄芩素	0.349	0.407	0.754	99.51	102.05	2.17
	0.348	0.406	0.764	102.46		
	0.348	0.406	0.776	105.42		
	0.348	0.406	0.762	101.97		
	0.349	0.406	0.754	99.75		
	0.348	0.406	0.767	103.20		
汉黄芩素	0.091	0.082	0.171	97.56	98.98	1.81
	0.090	0.082	0.171	98.78		
	0.090	0.082	0.170	97.56		
	0.090	0.082	0.173	101.22		
	0.090	0.082	0.173	101.22		
	0.090	0.082	0.170	97.56		
千层纸素A	0.038	0.037	0.075	100.00	98.65	4.16
	0.038	0.037	0.074	97.30		
	0.038	0.037	0.073	94.59		
	0.038	0.037	0.073	94.59		
	0.038	0.037	0.077	105.41		
	0.038	0.037	0.075	100.00		

2.3 UPLC法测定

2.3.1 色谱条件与系统适用性试验 色谱柱:Aquity BEH C₁₈ (50 mm×2.1 mm, 1.7 μm);流动相:0.1%甲酸水溶液(A)-乙腈(B),梯度洗脱(0~0.5 min, 82% A; >0.5~2.0 min, 82% → 80% A; >2.0~6.0 min, 80% → 70% A; >6.0~8.0 min, 70% A; >8.0~10.0 min, 70% → 40% A; >10.0~12.0 min, 40% A);柱温:40 °C;流速:0.4 ml/min;检测波长:280 nm。取混合对照品溶液和供试品溶液适量,按上述色谱条件进样测定。结果显示,各峰分离情况良好。色谱见图2。

2.3.2 线性关系考察 分别吸取对照品溶液0.4、0.6、0.8、1.0、2.0、4.0、6.0 μl,按“2.3.1”项下色谱条件测定,记录峰面积。以进样量(x, μg)为横坐标,峰面积积分值(y)为纵坐标,进行线性回归,绘制标准曲线。黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素和千层纸素A的回归方程分别为 $y=8.632 \times 10^6 x - 3.08 \times 10^4$ ($r=$

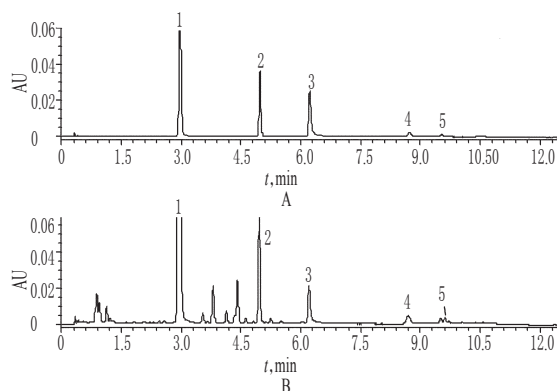


图2 超高效液相色谱图

A.混合对照品;B.供试品;1.黄芩苷;2.汉黄芩苷;3.黄芩素;4.汉黄芩素;5.千层纸素A

Fig 2 UPLC chromatograms

A. mixed control; B. test sample; 1. baicalin; 2. wogonoside; 3. baicalin; 4. wogonin; 5. oroxylin A

0.999 9, $n=7$)、 $y=8.194 \times 10^6 x - 7.99 \times 10^3$ ($r=0.999 9, n=7$)、 $y=1.068 \times 10^7 x - 3.278 \times 10^4$ ($r=0.999 9, n=7$)、 $y=1.341 \times 10^7 x - 4.19 \times 10^3$ ($r=0.999 9, n=7$)、 $y=9.192 \times 10^6 x - 1.512 \times 10^3$ ($r=0.999 9, n=7$)。结果表明,黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素和千层纸素A的进样量分别在25.920~388.800、12.400~186.000、11.200~168.000、1.088~16.320、0.740~11.100 ng范围内与各自的峰面积积分值呈良好的线性关系。以信噪比 $S/N=3$ 和 $S/N=10$ 为标准,分别计算LOD和LOQ。结果,黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素和千层纸素A的LOD分别为1.30、1.55、2.24、0.16、0.11 ng/ml, LOQ分别为3.880、4.650、6.720、0.444、0.333 ng/ml。

2.3.3 精密度试验 吸取同一供试品溶液适量,照“2.3.1”项下色谱条件下连续进样6次测定。结果,黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素A峰面积的RSD分别为0.82%、0.11%、1.97%、0.99%、0.88% (n均为6),表明本方法的精密度良好。

2.3.4 稳定性试验 吸取同一供试品溶液适量,按“2.3.1”项下色谱条件,分别于0、2、4、6、8、24 h进样测定。结果显示,黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素A峰面积的RSD分别为0.69%、0.32%、1.60%、1.30%、2.91% (n均为6),表明供试品溶液在24 h内稳定性良好。

2.3.5 重复性试验 吸取同一批黄芩粉末,按“2.1.2”项下方法制备6份供试品溶液,照“2.3.1”项下色谱条件进样测定。结果显示,黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素A峰面积的RSD分别为1.95%、1.47%、3.57%、0.7%、2.58% (n均为6),表明本方法的重复性良好。

2.3.6 加样回收率试验 取已知含量的黄芩粉末6份,每份约0.05 g,精密称定。按样品中各成分含量,分别等量加入黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素对照品,加入汉黄芩素和千层纸素A对照品溶液,按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液。按“2.3.1”项下色谱条件进样测定,计算5种黄酮类成分的加样回收率,结果见表2。

2.4 样品含量测定

取10批不同产地黄芩,按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液,分别按“2.2.1”和“2.3.1”项下色谱条件进样测定,记录峰面

表2 5种黄酮类成分的加样回收率试验结果(UPLC法, n=6)

Tab 2 Results of recovery test of 5 flavonoids(UPLC, n=6)

成分	样品含量,mg	加入量,mg	测得量,mg	回收率,%	\bar{x} ,%	RSD,%
黄芩苷	2.640	2.560	5.300	103.91	102.98	1.12
	2.640	3.010	5.750	103.32		
	2.640	2.770	5.480	102.53		
	2.620	3.060	5.820	104.58		
	2.650	2.600	5.300	101.92		
	2.640	2.450	5.130	101.63		
汉黄芩苷	0.620	0.630	1.270	103.17	101.04	3.71
	0.620	0.750	1.400	104.00		
	0.620	0.660	1.250	95.45		
	0.620	0.630	1.280	104.76		
	0.620	0.840	1.440	97.62		
	0.620	0.800	1.430	101.25		
黄芩素	0.400	0.466	0.896	106.44	105.19	1.44
	0.399	0.465	0.894	106.45		
	0.399	0.466	0.886	104.51		
	0.397	0.466	0.884	104.51		
	0.400	0.466	0.896	106.44		
	0.399	0.467	0.879	102.78		
汉黄芩素	0.091	0.082	0.172	98.78	102.44	2.38
	0.090	0.082	0.174	102.44		
	0.090	0.082	0.174	102.44		
	0.090	0.082	0.177	106.10		
	0.091	0.082	0.176	103.66		
	0.090	0.082	0.173	101.22		
千层纸素 A	0.043	0.038	0.084	107.89	103.51	3.47
	0.043	0.038	0.082	102.63		
	0.043	0.038	0.082	102.63		
	0.043	0.038	0.080	97.37		
	0.043	0.038	0.083	105.26		
	0.043	0.038	0.083	105.26		

积。用外标法计算黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素和千层纸素 A 的含量,结果见表3。采用 SPSS13.0 软件对 UPLC 和 HPLC 法的测定结果进行 *t* 检验,结果表明,两种方法对 5 种黄酮类成分的检测结果差异无统计学意义($P>0.05$)。

3 讨论

为了使黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素和千层纸素 A 较好地分离,本研究考察了不同比例的乙腈-甲酸水溶液和甲醇-甲酸水溶液等流动相系统,结果发现甲醇-甲酸水溶液体系的洗脱能力不如乙腈-甲酸水溶液,且甲醇-甲酸水溶液体系的系统压力较高。

HPLC 法完成 1 个样品的测定需要运行 85 min,而 UPLC 法可在 12 min 内完成一次测定,分析速度较 HPLC 法显著提高;从各峰的分离情况来看,黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素和千层纸素 A 在 HPLC 和 UPLC 的色谱条件下,各峰的分

表3 UPLC 与 HPLC 法对黄芩中 5 种黄酮类成分的含量测定结果(%)

Tab 3 Content determination of 5 flavonoids in *S. baicalensis* by UPLC and HPLC(%)

编号	产地	黄芩苷		汉黄芩苷		黄芩素		汉黄芩素		千层纸素 A	
		HPLC	UPLC	HPLC	UPLC	HPLC	UPLC	HPLC	UPLC	HPLC	UPLC
1	内蒙古	11.10	11.07	2.43	2.53	0.77	1.00	0.20	0.20	0.10	0.10
2	河北	8.85	8.88	1.95	2.03	0.42	0.61	0.14	0.14	0.04	0.05
3	甘肃	10.81	10.85	2.54	2.59	0.58	0.75	0.22	0.22	0.18	0.18
4	吉林	12.02	12.31	2.96	3.08	0.78	0.94	0.37	0.40	0.06	0.13
5	吉林	10.79	10.93	2.08	2.23	0.80	0.98	0.34	0.37	0.21	0.23
6	北京	16.78	17.43	3.95	4.09	1.81	2.06	0.46	0.50	0.09	0.12
7	山东	11.52	11.79	2.82	2.91	0.40	0.54	0.11	0.10	0.03	0.09
8	安徽	9.35	9.70	2.54	2.58	1.52	1.72	0.34	0.32	0.11	0.12
9	山西	11.90	12.14	2.51	2.59	1.31	1.40	0.36	0.38	0.13	0.15
10	陕西	9.03	9.39	2.18	2.27	2.24	2.61	0.58	0.60	0.20	0.23

离情况良好。UPLC 法在精密度、准确性等方面与 HPLC 法相近,但灵敏度高、分析时间短,流动相消耗较少。UPLC 法可作为黄芩药材质量控制的一种更加简便、快捷的检测方法。

参考文献

- [1] 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, 2010:282.
- [2] 周锡钦,梁鸿,路新华,等. 中药黄芩主要黄酮类成分及其生物活性研究[J]. 北京大学学报:医学版, 2009, 41(5): 578.
- [3] 吴莹,金叶智,吴珺,等. 黄芩主要成分体外抗甲型流感病毒作用的研究[J]. 北京中医药大学学报, 2010, 33(8): 541.
- [4] 王小淞,陈波,姚守拙. HPLC-DPPH 在线法筛选黄芩提取物中抗氧化活性成分[J]. 中草药, 2009, 40(增刊):224.
- [5] 赵梅,周淑琴. 黄芩中黄酮类化合物抗肿瘤作用的研究进展[J]. 中国药房, 2013, 24(11):1 050.
- [6] 郭鹤男,杨学东,刘军,等. 高效液相色谱-质谱分析指导下制备黄芩中系列黄酮成分对照品[J]. 色谱, 2012, 30(7):691.
- [7] 王丹,蒋亚杰,梁艳,等. 黄芩不同规格与化学成分及内在质量相关性的研究[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(4):426.
- [8] 李凤,魏胜利,王文全. 黄芩药材主、侧根中黄酮类成分含量的比较及相关性研究[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(13):1 703.
- [9] 李艳荣,潘海峰. 热河黄芩中 4 种黄酮的测定及其黄酮类成分的指纹图谱研究[J]. 华西药学杂志, 2010, 25(4): 467.

(收稿日期:2013-08-18 修回日期:2013-10-22)

《中国药房》杂志——中国科技论文统计源期刊, 欢迎投稿、订阅