

一测多评法比较不同产地甘草中 6 种有效成分含量

郭立强¹, 李熙¹, 刘谦¹, 杨健², 马娜¹, 郭毅² (1. 石家庄海关技术中心保定业务部, 河北 保定 071000; 2. 河北鑫民和质检技术服务有限公司, 河北 保定 071000)

摘要: 目的 建立甘草中 6 种成分含量的一测多评方法, 并验证该方法的准确性和可行性。方法 以甘草苷为内参物, 分别建立甘草酸、蔗糖甘草苷、蔗糖异甘草苷、甘草素、异甘草素的相对校正因子, 利用该相对校正因子计算其他 5 种成分含量, 同时利用外标法测定不同产地和批次甘草中 6 种有效成分含量, 比较 2 种测量方法的差异, 验证一测多评法的可行性和准确性。结果 16 批不同产地和批号的甘草中 6 种有效成分采用一测多评法与外标法的实测值之间无显著性差异。结论 一测多评法测定甘草中 6 种成分准确可行, 可用于甘草的质量控制。

关键词: 甘草; 一测多评; 相对校正因子

中图分类号: R917.101

文献标志码: B

文章编号: 1007-7693(2019)24-3051-05

DOI: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2019.24.009

引用本文: 郭立强, 李熙, 刘谦, 等. 一测多评法比较不同产地甘草中 6 种有效成分含量[J]. 中国现代应用药学, 2019, 36(24): 3051-3055.

Simultaneous Quantitative Analysis of Six Active Ingredients in Glycyrrhizae Radix Et Rhizoma from Different Habitats by QAMS

GUO Liqiang¹, LI Xi¹, LIU Qian¹, YANG Jian², MA Na¹, GUO Yi² (1. Baoding Business Department of Shijiazhuang Customs Technical Center, Baoding 071000, China; 2. HeBei XinMinHe Testing Co., Ltd., Baoding 071000, China)

ABSTRACT: OBJECTIVE To establish quantitative analysis of multi-components to a single-marker(QAMS) for determining contents of six ingredients from Glycyrrhizae Radix et Rhizoma and to verify the accuracy and feasibility of the method. **METHODS** QAMS was established and validated for Glycyrrhizae Radix et Rhizoma. Liquiritin apioside, isoliquiritin apioside, liquiritigenin, isoliquiritigenin and glycyrrhiic acid were selected as analytes while liquiritin was chosen as internal reference substance to evaluate the quality. The relative correction factor(RCF) of liquiritin to the other five active ingredients were calculated. The method was evaluated by the comparison of quantity between external standard method and QAMS method. **RESULTS** The contents of six active ingredients in 16 batches of Glycyrrhizae Radix et Rhizoma determined by QAMS method had no significantly different with external standard method. **CONCLUSION** The determination of 6 components in Glycyrrhizae Radix et Rhizoma by QAMS is accurate and feasible, which can be used for the quality control of Glycyrrhizae Radix et Rhizoma.

KEYWORDS: Glycyrrhizae Radix et Rhizoma; quantitative analysis of multi-components by single marker(QAMS); relative correction factor

甘草为豆科蝶形花亚科多年生草本植物, 在我国分布广泛, 主产于新疆、内蒙古、甘肃等地, 是我国临床使用量最多的中药之一。甘草性平, 味甘, 具有补脾益气, 清热解毒, 祛痰止咳, 缓急止痛, 调和诸药的功效, 被明代李时珍《本草纲目》列为百药之首。传统临床上主要用于脾胃虚弱, 倦怠乏力, 心悸气短, 咳嗽痰多, 痈肿疮毒等症^[1]。现代研究表明, 甘草中含有甘草酸、蔗糖甘草苷、甘草醇等数百种化合物。其中黄酮类、皂苷类和多糖类是最重要的甘草生理活性成分。目前中国药典 2015 年版以甘草苷和甘草酸为指标

对甘草进行评价, 甘草中的异甘草苷、蔗糖甘草苷等黄酮类成分在抗心律失常及抗肿瘤、抗病毒、抗氧化等方面均具有显著的疗效^[2]。刘香南等^[3]采用一测多评法(quantitative analysis of multi-components by single marker, QAMS), 甘草酸为内参物, 测定了甘草中甘草查尔酮 A、甘草次酸等 6 种成分含量, 但未测定蔗糖甘草苷、蔗糖异甘草苷含量, 两者亦是甘草中重要的药理活性成分。本研究在前期已建立的 HPLC 同时测定甘草中甘草苷、甘草酸、蔗糖甘草苷、蔗糖异甘草苷、甘草素、异甘草素含量的基础上, 拟采用 QAMS,

基金项目: 河北检验检疫局科技计划项目(HE2017K010)

作者简介: 郭立强, 男, 工程师 Tel: 18931203812 E-mail: 40246138@qq.com

以甘草苷为内参物, 建立其余 5 种成分与甘草苷相对校正因子, 利用 1 种对照品同时测定样品中 6 种成分的含量。

1 仪器与试剂

1.1 仪器

Waters e2695 型高效液相色谱仪(美国 Waters 公司); LC-20AT 型高效液相色谱仪、LC-2030C 型高效液相色谱仪(日本岛津公司); KQ-250 型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司); XS205 型分析天平(瑞士梅特勒-托利多仪器有限公司)。

1.2 试剂与材料

对照品甘草苷(批号: 111610-201607; 纯度: 93.1%)、甘草酸铵(批号: 110731-201720; 纯度: 97.7%)购自中国食品药品检定研究院; 芹糖甘草苷(批号: 74639-14-8; 纯度 $\geq 98\%$)、芹糖异甘草苷(批号: 120926-46-7; 纯度 $\geq 98\%$)、甘草素(批号: 578-86-9; 纯度 $\geq 98\%$)、异甘草素(批号: 961-29-5; 纯度 $\geq 98\%$)均购自上海诗丹德标准技术服务有限公司; 乙腈为色谱纯, 磷酸为分析纯, 水为超纯水。16 批样品购自内蒙古、甘肃、新疆、宁夏等地, 经平安药业赵志兴主管药师鉴定为豆科植物甘草的干燥根茎, 样品信息见表 1。

表 1 样品信息

Tab. 1 Information of samples

编号	产地	编号	产地
GC01	甘肃	GC09	内蒙古
GC02	甘肃	GC10	内蒙古
GC03	甘肃	GC11	内蒙古
GC04	甘肃	GC12	内蒙古
GC05	新疆	GC13	宁夏
GC06	新疆	GC14	宁夏
GC07	新疆	GC15	宁夏
GC08	新疆	GC16	宁夏

2 方法与结果

2.1 色谱条件

色谱柱为 Agilent Eclipse XDB-C₁₈ (250 mm $\times$ 4.6 mm, 5 μ m) 色谱柱, 以乙腈(A)-0.05%磷酸水溶液(B)为流动相; 梯度洗脱: 0~8 min, 19%A; 8~35 min, 19% $\rightarrow$ 50%A; 35~36 min, 50% $\rightarrow$ 100%A; 36~40 min, 100% $\rightarrow$ 19%A; 体积流量 1.0 mL $\cdot$ min⁻¹; 检测波长 237 nm; 柱温 35 $^{\circ}$ C; 进样量 10 μ L。理论板数按甘草苷计算应 $\geq 5\,000$ 。在此条件下, 甘草中 6 种化学成分与相邻峰的分离度均 >1.5 , 结果见图 1。

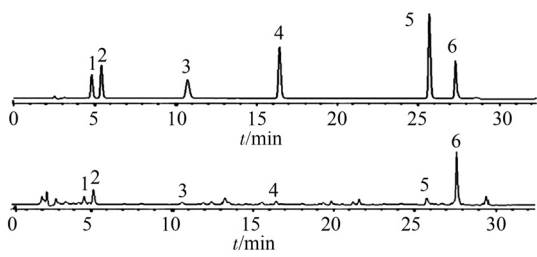


图 1 HPLC 色谱图

A-混合对照品溶液; B-供试品溶液; 1-芹糖甘草苷; 2-甘草苷; 3-芹糖异甘草苷; 4-甘草素; 5-异甘草素; 6-甘草酸。

Fig. 1 HPLC chromatograms

A-mixed reference solution; B-sample solution; 1-liquiritin apioside; 2-liquiritin; 3-isoliquiritin apioside; 4-liquiritigenin; 5-isoliquiritigenin; 6-glycyrrhizic acid.

2.2 溶液的制备

2.2.1 对照品溶液 取芹糖甘草苷、甘草苷、芹糖异甘草苷、甘草素、异甘草素、甘草酸铵(甘草酸重量=甘草酸铵/1.020 7)对照品适量, 精密称定, 加乙腈溶解, 配制成质量浓度为 100 μ g $\cdot$ mL⁻¹的对照品储备溶液。

2.2.2 供试品溶液的制备^[4] 取甘草粉末(过三号筛)约 0.2 g, 精密称定, 置具塞锥形瓶中, 精密加入 70%乙醇 100 mL, 密塞, 称定质量, 超声处理(功率 250 W, 频率 40 kHz)30 min, 放冷, 再称定重量, 用 70%乙醇补足减失的质量, 摇匀, 滤过, 取续滤液, 即得供试品溶液。

2.3 方法学验证

2.3.1 线性关系考察 精密吸取适宜质量浓度对照品溶液, 稀释成系列质量浓度的混合对照品溶液, 按照“2.1”项下条件进样, 测定峰面积, 以芹糖甘草苷、甘草苷、芹糖异甘草苷、甘草素、异甘草素、甘草酸的进样量为横坐标(X), 对应峰面积为纵坐标(Y), 分别绘制标准曲线, 得各成分的回归方程, 结果表明 6 种成分在线性范围内线性良好, 结果见表 2。

表 2 甘草中 6 种化学成分的线性回归方程

Tab. 2 Linear regression equations of six compositions in Glycyrrhizae Radix et Rhizoma

成分	回归方程	线性范围/ μ g $\cdot$ mL ⁻¹	<i>r</i>
甘草苷	$Y=20\,134.37X+7\,499.92$	1.25~50.00	0.999 6
甘草酸	$Y=5\,078.76X+485.78$	2.50~100.00	1.000 0
芹糖甘草苷	$Y=12\,929.29X+16\,893.80$	1.25~50.00	0.995 5
芹糖异甘草苷	$Y=11\,400.75X+29.67$	0.25~10.00	1.000 0
甘草素	$Y=38\,493.33X-162.80$	0.10~4.00	1.000 0
异甘草素	$Y=22\,947.51X+5\,890.05$	0.10~4.00	0.999 4

2.3.2 仪器精密度试验 精密吸取“2.2.1”项下芹糖甘草苷、甘草苷、芹糖异甘草苷、甘草素、异甘草素、甘草酸对照品储备溶液，稀释成浓度分别为12.5, 12.5, 2.5, 1.0, 1.0, 25 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的对照品溶液，按“2.1”项下色谱条件进样，重复测定6次，进样量10 μL 。结果表明，芹糖甘草苷、甘草苷、芹糖异甘草苷、甘草素、异甘草素、甘草酸峰面积的RSD分别为0.18%, 0.14%, 0.63%, 0.33%, 0.71%, 0.76%，表明仪器精密度良好。

2.3.3 稳定性试验 取甘草粉末(GC01号样品)约0.2 g，精密称定，按照“2.2.2”项下方法制备供试品溶液，分别在0, 4, 8, 12, 24 h按“2.1”项下色谱条件测定芹糖甘草苷、甘草苷、芹糖异甘草苷、甘草素、异甘草素、甘草酸峰面积，结果相应6种成分峰面积的RSD分别为0.11%, 0.17%, 0.37%, 0.24%, 4.10%, 0.39%，表明供试品溶液24 h内稳定性良好。

2.3.4 重复性试验 取甘草样品粉末(GC01号样品)约0.2 g，精密称定，平行操作6份，按照“2.2.2”项下方法制备供试品溶液，按照“2.1”项下色谱条件进行测定，记录峰面积，计算芹糖甘草苷、甘草苷、芹糖异甘草苷、甘草素、异甘草素、甘草酸的质量分数，结果6种成分质量分数RSD分别为0.24%, 0.17%, 0.31%, 0.18%, 1.90%, 0.14%，表明方法重复性良好。

2.3.5 加样回收试验 取已测定的甘草粉末，共6份，各约0.2 g，精密称定，分别精密加入芹糖甘草苷、甘草苷、芹糖异甘草苷、甘草素、异甘草素、甘草酸对照品分别为1.25, 1.25, 0.25, 0.10, 0.10, 2.50 mg，按照“2.2.2”项下方法制备供试品溶液，按照“2.1”项下色谱条件进样，测定峰面积，计算回收率。芹糖甘草苷、甘草苷、芹糖异甘草苷、甘草素、异甘草素、甘草酸回收率分别为98.23%, 99.31%, 95.44%, 93.09%, 101.33%, 99.50%，RSD分别为1.22%, 1.37%, 2.05%, 2.77%, 3.05%, 1.08%，表明方法准确度良好。

2.4 校正因子 f 的测定

2.4.1 原理 在一定的线性范围内成分的量(质量或浓度)与检测器响应成正比。在多指标质量评价时，以药材中某一典型成分为内参物，根据中药有效成分间存在的内在函数关系和比例关系，建立该组分与其他组分之间的相对校正因子，通过校正因子计算其他组分的量^[5]。

2.4.2 f 的测定 取混合对照品溶液，按照“2.1”项下色谱条件，分别进样4, 8, 10, 15, 20, 40 μL ，测定峰面积，以甘草苷为内参物，分别计算芹糖甘草苷、芹糖异甘草苷、甘草素、异甘草素、甘草酸的相对校正因子 f ，结果见表3。

表3 以甘草苷为内参物的5种成分的 f 计算结果

Tab. 3 f values of 5 compounds using glycyrrhizin as internal reference

进样体积/ μL	f 芹糖甘草苷/ 甘草苷	f 芹糖异甘草 苷/甘草苷	f 甘草素/ 甘草苷	f 异甘草素/ 甘草苷	f 甘草酸/ 甘草苷
4	0.700 1	0.540 8	1.802 8	1.361 5	0.256 6
8	0.705 6	0.543 1	1.850 9	1.337 2	0.243 3
10	0.700 9	0.546 8	1.830 1	1.321 6	0.243 7
15	0.693 6	0.555 4	1.847 7	1.330 6	0.245 4
20	0.697 4	0.545 2	1.837 8	1.331 7	0.2437
40	0.703 8	0.565 8	1.909 5	1.425 4	0.252 4
均值	0.700 2	0.549 5	1.846 5	1.351 5	0.247 5
RSD/%	0.62	1.71	1.91	2.86	2.27

2.4.3 不同仪器对 f 的影响 考察岛津LC-20AT、Waters e2695、岛津LC-2030C型号的高效液相色谱仪对 f 的影响，结果表明 f 在不同的高效液相色谱仪具有良好的适应性。结果见表4。

表4 不同仪器对测定甘草中5种成分的 f 的影响

Tab. 4 Effects of different instruments on the determination of f in 5 components of Glycyrrhizae Radix et Rhizoma

仪器	f 芹糖甘草苷/ 甘草苷	f 芹糖异甘草 苷/甘草苷	f 甘草素/ 甘草苷	f 异甘草素/ 甘草苷	f 甘草酸/ 甘草苷
岛津 LC-20AT	0.700 9	0.546 8	1.830 1	1.337 2	0.243 7
Waters e2695	0.701 7	0.534 2	1.847 3	1.315 1	0.239 0
岛津 LC-2030C	0.703 9	0.518 8	1.848 3	1.361 5	0.233 9
平均值	0.702 2	0.533 3	1.841 9	1.337 9	0.238 9
RSD/%	0.22	2.63	0.56	1.74	2.05

2.4.4 不同色谱柱对 f 的影响 考察Eclipse XDB C₁₈(250 mm×4.6 mm, 5 μm)、Shim-pack GIST C₁₈(250 mm×4.6 mm, 5 μm)、XBP-C₁₈-L(TCM)(250 mm×4.6 mm, 5 μm)3种色谱柱对 f 的影响，结果见表5。结果表明 f 在不同品牌色谱柱具有良好的适应性。

表5 不同色谱柱对测定甘草中5种成分的 f 的影响

Tab. 5 Effects of different columns on the determination of f in 5 components of Glycyrrhizae Radix et Rhizoma

色谱柱	f 芹糖甘草 苷/甘草苷	f 芹糖异甘草 苷/甘草苷	f 甘草素/ 甘草苷	f 异甘草素/ 甘草苷	f 甘草酸/ 甘草苷
Eclipse XDB C ₁₈	0.700 9	0.546 8	1.830 1	1.337 2	0.247 5
Shim-pack GIST C ₁₈	0.723 5	0.534 2	1.838 8	1.405 4	0.239 0
XBP-C ₁₈ -L	0.703 1	0.524 4	1.843 3	1.355 1	0.227 6
平均值	0.709 2	0.535 1	1.837 4	1.365 9	0.238 0
RSD/%	1.76	2.10	0.37	2.59	4.20

2.4.5 不同柱温对 f 的影响 考察柱温为 30, 35, 40 °C 时, 对测定甘草中 5 种成分的 f 的影响, 结果表明 f 在不同柱温下适应性良好。结果见表 6。

2.4.6 不同体积流量对 f 的影响 考察体积流量为 0.8, 1.0, 1.2 mL·min⁻¹ 时对 f 的影响, 结果表明 f 在不同体积流量时具有良好的适应性。结果见表 7。

2.5 待测成分色谱峰的定位

待测组分色谱峰的定位, 一般根据相对保留时间进行定性, 内标峰的保留时间已知, 根据相对保留时间, 再根据色谱峰的峰形, 即可正确判断出目标峰的准确位置。结果见表 8。

2.6 QAMS 与外标法检测结果的比较

采用外标法对甘草中 6 种化学成分进行含量测定, 并与 QAMS 计算的结果进行比较, 验证 QAMS 用于甘草中 6 种成分测定的准确度和可靠性, 结果见表 9。并利用 SPSS 25.0 统计软件进行 t 检验, 结果显示 2 种方法测定结果无显著性差异。

表 8 不同仪器和色谱柱条件下测得的相对保留时间

Tab. 8 Relative retention time obtained by different instruments and chromatographic columns

仪器	色谱柱	Rt 甘草苷	Rt 蔗糖甘草苷/甘草苷	Rt 蔗糖异甘草苷/甘草苷	Rt 甘草素/甘草苷	Rt 异甘草素/甘草苷	Rt 甘草酸/甘草苷
LC-20AT	Eclipse XDB C ₁₈	7.277	0.892 4	2.039 2	2.704 8	3.950 1	4.145 0
Waters	Shim-pack GIST C ₁₈	11.75	0.891 5	1.919 1	2.693 5	3.855 9	3.922 9
	XBP- C ₁₈ -L	9.128	0.901 6	1.890 4	2.673 5	3.928 0	4.119 8
LC-2030C	Shim-pack GIST C ₁₈	11.52	0.900 1	2.106 6	2.597 8	3.796 6	3.904 6
	XBP- C ₁₈ -L	9.059	0.9044	2.008 7	2.632 7	4.002 2	4.027 8
平均值			0.898 0	1.992 8	2.660 5	3.906 6	4.024 0

表 9 一测多评法和外标法测定甘草中 5 种成分的含量

Tab. 9 Contents of 5 components of Glycyrrhizae Radix et Rhizoma determined by QAMS and ESM

编号	产地	甘草苷/%	异甘草素/%		蔗糖甘草苷/%		蔗糖异甘草苷/%		甘草素/%		甘草酸/%	
			一测多评	外标	一测多评	外标	一测多评	外标	一测多评	外标	一测多评	外标
GC01	甘肃	0.54	0.007	0.008	0.50	0.51	0.18	0.18	0.013	0.014	2.00	2.00
GC02	甘肃	0.55	0.007	0.008	0.50	0.51	0.18	0.18	0.013	0.013	2.00	2.00
GC03	甘肃	0.56	0.007	0.008	0.50	0.50	0.19	0.19	0.012	0.012	2.03	2.03
GC04	甘肃	0.56	0.007	0.008	0.50	0.51	0.19	0.19	0.011	0.011	2.02	2.02
GC05	新疆	0.75	0.071	0.071	1.17	1.17	0.43	0.43	0.133	0.133	2.97	2.97
GC06	新疆	0.75	0.071	0.071	1.17	1.17	0.43	0.43	0.134	0.134	2.97	2.97
GC07	新疆	0.72	0.072	0.072	1.13	1.13	0.42	0.42	0.135	0.135	2.98	2.98
GC08	新疆	0.72	0.071	0.072	1.13	1.13	0.42	0.42	0.134	0.134	2.98	2.97
GC09	内蒙古	1.44	0.026	0.027	1.08	1.08	0.36	0.36	0.053	0.053	3.33	3.33
GC10	内蒙古	1.44	0.026	0.027	1.08	1.08	0.36	0.36	0.052	0.053	3.35	3.35
GC11	内蒙古	1.40	0.025	0.025	1.04	1.05	0.35	0.35	0.051	0.051	3.23	3.23
GC12	内蒙古	1.40	0.025	0.025	1.04	1.05	0.35	0.35	0.050	0.051	3.22	3.22
GC13	宁夏	0.80	0.090	0.090	0.55	0.55	0.19	0.19	0.060	0.060	2.23	2.23
GC14	宁夏	0.80	0.088	0.088	0.55	0.55	0.19	0.19	0.059	0.060	2.24	2.23
GC15	宁夏	0.79	0.089	0.089	0.51	0.52	0.19	0.19	0.063	0.063	2.23	2.23
GC16	宁夏	0.79	0.090	0.090	0.51	0.52	0.18	0.18	0.063	0.063	2.23	2.23

表 6 不同柱温对测定甘草中 5 种成分的 f 的影响

Tab. 6 Effects of different column temperatures on the determination of f in 5 components of Glycyrrhizae Radix et Rhizoma

柱温/°C	f 蔗糖甘草苷/ 甘草苷	f 蔗糖异甘草苷/ 甘草苷	f 甘草素/ 甘草苷	f 异甘草素/ 甘草苷	f 甘草酸/ 甘草苷
30	0.703 2	0.537 4	1.821 8	1.360 6	0.239 0
35	0.700 9	0.546 8	1.830 1	1.337 2	0.247 5
40	0.702 6	0.544 6	1.847 3	1.295 7	0.242 1
平均值	0.702 2	0.542 9	1.833 1	1.331 2	0.242 9
RSD/%	0.17	0.91	0.71	2.47	1.77

表 7 不同体积流量对测定甘草中 5 种成分的 f 的影响

Tab. 7 Effects of different flow rates on the determination of f in 5 components of Glycyrrhizae Radix et Rhizoma

体积流量/ mL·min ⁻¹	f 蔗糖甘草苷/ 甘草苷	f 蔗糖异甘草苷/ 甘草苷	f 甘草素/ 甘草苷	f 异甘草素/ 甘草苷	f 甘草酸/ 甘草苷
0.8	0.700 9	0.537 4	1.849 9	1.340 9	0.243 7
1.0	0.700 2	0.546 8	1.830 1	1.337 2	0.247 5
1.2	0.702 7	0.534 2	1.843 3	1.297 9	0.246 4
平均值	0.701 3	0.539 5	1.841 1	1.325 3	0.245 9
RSD/%	0.18	1.21	0.55	1.80	0.80

3 讨论

中药成分的多样性和整体作用机理,决定了任何一个单一成分作为指标不能准确反映中药材的质量,以中国药典为代表的质量标准已经确立了“从单指标向多指标、从指标性成分向药效成分控制”的发展方向。利用 QAMS 可以实现通过测定一种成分的含量达到多指标控制的目的。能够一定程度上解决中药对照品性质不稳定、货源紧缺和检测成本昂贵等问题,目前 QAMS 的研究已成功应用于部分药材的质量评价,包括菟丝子、茯苓、菊花、黄芪、弯管列当、桔梗等^[6-11]。在中国药典 2015 年版中,丹参、生姜等药材 QAMS 已成功应用,成为中药质量控制和评价模式新的发展趋势。甘草中含多种活性成分,仅依据中国药典对甘草中甘草苷和甘草酸对其进行质量评价,无法真实评价甘草的内在质量。本实验室采用甘草苷为内参物,通过优化检测条件,建立了 QAMS 法,极大地降低了分析成本。

本实验室分别考察了岛津 LC-20AT、Waters e2695、岛津 LC-2030C 高效液相色谱仪和 3 根不同品牌色谱柱对甘草苷与芹糖甘草苷、甘草苷、芹糖异甘草苷、甘草素、异甘草素、甘草酸之间 f 的影响,结果发现各成分 f 重复性良好,同时考察了同一色谱条件下待测成分与内参物保留时间的差值、待测成分与内参物的相对保留时间 2 种色谱峰定位方法,结果显示,用相对保留时间定位色谱峰波动较小。验证了 QAMS 在甘草质量控制中的可行性和适应性。为甘草的质量控制提供了参考方法。

REFERENCES

- [1] TIAN Q L, GUAN Y P, ZHANG B. Research advances on

pharmacological activities of components in licorice [J]. Nat Pro Res Dev(天然产物研究与开发), 2006, 18(2): 343-347.

- [2] 季宇彬, 姜薇, 范玉玲, 等. 甘草黄酮的研究进展[J]. 中草药, 2004, 35(9): 126-127.
- [3] LIU X N, LI M Z, SHANG X N. Determination of six active ingredients in gycyrrhizae radix et rhizoma by quantitative analysis of multi-components with a single-marker [J]. Chin J Exp Tradit Med Form(中国实验方剂学杂志) 2013, 19(24): 56-59.
- [4] 中国药典. 一部[S]. 2015: 86-87.
- [5] LU T L, SHI S M, CAI B C. Advances in studies on multi-component determination of Chinese material medica by QAMS [J]. Chin Tradit Herb Drug(中草药), 2012, 43(12): 2525-2529.
- [6] ZHOU Y, DONG Q J, FENG W. Determination of seven effective constituents in crude and processed *Cuscuta australis* by quantitative analysis of multi-components with single marker [J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药), 2018, 49(1): 227-232.
- [7] LUO W Y, DUAN H X, LIU X P. Content determination of 6 antitumor active constituents in *Folium isatidis* by HPLC-QAMS [J]. China Pharm(中国药房), 2018, 29(19): 2635-2639.
- [8] HUANG W, WANG Y. Simultaneous determination of three indicators in *Chrysanthemi Flos* by quantitative analysis of multi-components by single-marker [J]. Herald Med(医药导报), 2016, 35(6): 645-649.
- [9] YANG X J, SHAO J, YANG Z J. Content determination of four flavonoids in *Hedysari Radix* in Gansu province based on quantitative analysis of multi-components by single marker [J]. Chin J Inf Tradit Chin Med(中国中医药信息杂志), 2017, 24(8): 66-69.
- [10] LI C F, WANG X Q, WANG S W. Simultaneous quantitative analysis of four phenylethanoid glycosides in *Orobanchae Cernua* Loeffling by multi-components with single marker [J]. Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药理学), 2016, 33(10): 1231-1235.
- [11] JIANG L Z, GONG Z F. Determination of three ingredients in *Platycodonis Radix* by quantitative analysis of multi-components by single marker [J]. Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药理学), 2017, 34(5): 729-732.

收稿日期: 2018-12-12

(本文责编: 蔡珊珊)