高效液相色谱法同时测定蒙药复方述达格－4 中6个成分的含量*

信莎莎[1],杜银飞[1],董玉[1**],孙国园[2],朱小玲[2],周昊霏[1],盛华[1],胡密霞[1]

(1. 内蒙古医科大学药学院,呼和浩特市 010110; 2. 内蒙古自治区国际蒙医医院,呼和浩特 010020)

摘要　目的: 建立采用HPLC同时测定蒙药复方述达格－4 中1-苯基-7-(3-甲氧基-4-羟基)苯基-5-醇-3-庚酮、高良姜素、山柰素、高良姜素-3-甲醚、α-细辛醚、木香烃内酯含量的方法。**方法:** 采用C_{18}色谱柱(4.6 mm×250 mm,5 μm),以乙腈-0.2%乙酸水溶液为流动相,梯度洗脱,流速0.6 mL·min^{-1},检测波长254 nm,柱温30 ℃,进样量为10 μL。**结果:** 1-苯基-7-(3-甲氧基-4-羟基)苯基-5-醇-3-庚酮、高良姜素、山柰素、高良姜素-3-甲醚、α-细辛醚、木香烃内酯的进样量与其峰面积具有良好的线性关系(r=0.999 9);平均加样回收率(n=6)为96.6%~101.1%,RSD为0.70%~1.8%;测定样品6批,1-苯基-7-(3-甲氧基-4-羟基)苯基-5-醇-3-庚酮、高良姜素、山柰素、高良姜素-3-甲醚、α-细辛醚、木香烃内酯的平均含量分别为0.008 4%~0.060 0%、0.010 7%~0.061 6%、0.010 9%~0.086 5%、0.006 2%~0.066 6%、0.011 0%~0.078 1%、0.005 1%~0.060 6%。**结论:** 该方法可用于蒙药复方述达格－4 的质量控制,可为蒙药复方述达格-4资源开发利用提供理论依据。

关键词: 蒙药复方述达格－4;菖蒲四味;民族药;1-苯基-7-(3-甲氧基-4-羟基)苯基-5-醇-3-庚酮;高良姜素;山柰素;高良姜素-3-甲醚;α-细辛醚;木香烃内酯;高效液相色谱

中图分类号: R 917　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 0254-1793(2018)10-1817-07

doi: 10.16155/j.0254-1793.2018.10.23

Simultaneous determination of six components in Mongolian medicine compound formula Shudage-4 by HPLC*

XIN Sha-sha[1], DU Yin-fei[1], DONG Yu[1**], SUN Guo-yuan[2], ZHU Xiao-ling[2], ZHOU Hao-fei[1], SHENG Hua[1], HU Mi-xia[1]

(1. College of Pharmacy, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110, China;
2. Department of Pharmacy, Inner Mongolia International Mongolian Hospital, Hohhot 010020, China)

Abstract　Objective: To establish a method for simultaneous determination of 6 components including 1-phenyl-7-(3-methoxy-4-hydroxy)phenyl-5-ol-3-heptanone, galangin, kaempferide, galangin-3-methylether, alpha-asarone and costunolide in Mongolian medicine compound formula Shudage-4 by HPLC. **Methods:** Separation was performed on a C_{18} column (4.6 mm×250 mm, 5 μm) and the mobile phase consisted of acetonitrile-0.2% glacial

* 2016年内蒙古自治区科技创新引导奖励基金;2015内蒙古自治区科技计划项目(kjt15sf20);内蒙古自治区高等学校"青年科技英才支持计划"青年科技领军人才(NJYT-14-A12)

** 通信作者　Tel:(0471)6653084;E-mail:dongyu010@126.com
第一作者　Tel:18047108421;E-mail:nmgxss@163.com

acetic acid with gradient elution at a flow rate of 0.6 mL·min^{-1}. The detection wavelength was 254 nm and the column temperature was 30 ℃. The injection volume was 10 μL. **Results:** 1-phenyl-7-(3-methoxy-4-hydroxy)phenyl-5-ol-3-heptanone, galangin, kaempferide, galangin-3-methylether, alpha-asarone and costunolide exhibited good linear relationship with correlation coefficients of 0.999 9, the recoveries were 96.6%-101.1%, and the RSD were 0.70%-1.8%. The content ranges of the above mentioned components in 6 samples were 0.008 4%-0.060 0%, 0.010 7%-0.061 6%, 0.010 9%-0.086 5%, 0.006 2%-0.066 6%, 0.011 0%-0.078 1% and 0.005 1%-0.060 6%, respectively. **Conclusion:** The method can be applied in quality control of Mongolian medicine compound formula Shudage-4. The study can provide theoretical basis for development and utilization of Mongolian medicine Shudage-4.

Keywords: Mongolian medicine compound formula Shudage-4; Changpu Siwei; ethnic medicine; 1-phenyl-7-(3-methoxy-4-hydroxy)phenyl-5-ol-3-heptanone; galangin; kaempferide; galangin-3-methylether; alpha-asarone; costunolide; HPLC

蒙药复方述达格-4 收载于《中华人民共和国卫生部药品标准 蒙药分册》,是蒙医临床上常用的消喘止痛的传统蒙药配方,又名菖蒲四味,由高良姜、紫硇砂、木香、石菖蒲(4∶2∶1∶1)组成,具有镇"巴达干赫依",消喘止痛的功效。用于隔肌痉挛,胸闷气短,胸肋刺痛,消化不良[1]。

课题组前期对蒙药复方述达格-4 的总类成分、单成分、双成分及三成分的含量以及药理药效做了相关研究[2-7],本文建立了以1-苯基-7-(3-甲氧基-4-羟基)苯基-5-醇-3-庚酮、高良姜素、山柰素、高良姜素-3-甲醚、α-细辛醚、木香烃内酯为指标的HPLC测定方法,该方法简便、准确、快捷,提升了蒙药复方述达格-4 的质量标准,为全面的质量控制提供技术保障。

1 仪器与材料

Agilent 1260型高效液相色谱仪,包括DEACB06007梯度泵、DEAAC21236自动进样器、DEAAX04861检测器、JPAAJ82372柱温箱、DEACN22944化学工作站(Agilent公司);AB135-S型超声清洗仪(昆山市超声仪器有限公司);BS224S型电子分析天平(北京塞多利斯仪器系统公司);AB-8大孔吸附树脂(南开化工)。

对照品:高良姜素(批号111699-200501)、山柰素(批号110861-200808)、α-细辛醚(批号100298-201203)、木香烃内酯(批号111524-201509),均购自中国食品药品检定研究院。1-苯基-7-(3-甲氧基-4-羟基)苯基-5-醇-3-庚酮、高良姜素-3-甲醚由本课题组从复方述达格-4 中分离、纯化得到,经UV、^{1}H-NMR、^{13}C-NMR、MS分析鉴定结构,经1260型HPLC仪二极管阵列(DAD)检测器进行峰纯度检测,纯度分别为99.98%、99.99%,用峰面积归一化法计算纯度分别为99.74%、99.78%;甲醇、乙腈为色谱纯,其他试剂均为分析纯,水为娃哈哈纯净水。

蒙药复方述达格-4 中各味药材,购于内蒙古天立药材有限公司,所购药材经内蒙古医科大学药学院李骁副教授鉴定,高良姜为姜科植物高良姜(*Alpinia officinarum* Hance)的干燥根茎(批号20150410),紫硇砂为卤化类矿物红盐(*Halitum violaceum*)的块状结晶体(批号20150301);木香为菊科植物木香(*Aucklandia lappa* Decne.)的干燥根(批号20150821);石菖蒲为天南星科菖蒲属多年生草本植物石菖蒲(*Acorus tatarinowii* Schott)的干燥根(批号20150401)。

2 方法与结果

2.1 溶液的制备

2.1.1 混合对照品溶液 精密称取高良姜素-3-甲醚对照品5.60 mg,置于10 mL量瓶中,加甲醇定容,摇匀,制成每1 mL含高良姜素-3-甲醚0.56 mg的储备液;精密称取α-细辛醚对照品2.10 mg,置于10 mL量瓶中,加甲醇定容,摇匀,制成每1 mL含α-细辛醚0.21 mg的储备液;精密称取1-苯基-7-(3-甲氧基-4-羟基)苯基-5-醇-3-庚酮对照品1.81 mg,高良姜素对照品3.08 mg,山柰素对照品1.79 mg,木香烃内酯对照品4.53 mg,置同一10 mL量瓶中,并加入上述高良姜素-3-甲醚储备液及α-细辛醚储备液各1 mL,加甲醇定容,摇匀,制成1-苯基-7-(3-甲氧基-4-羟基)苯基-5-

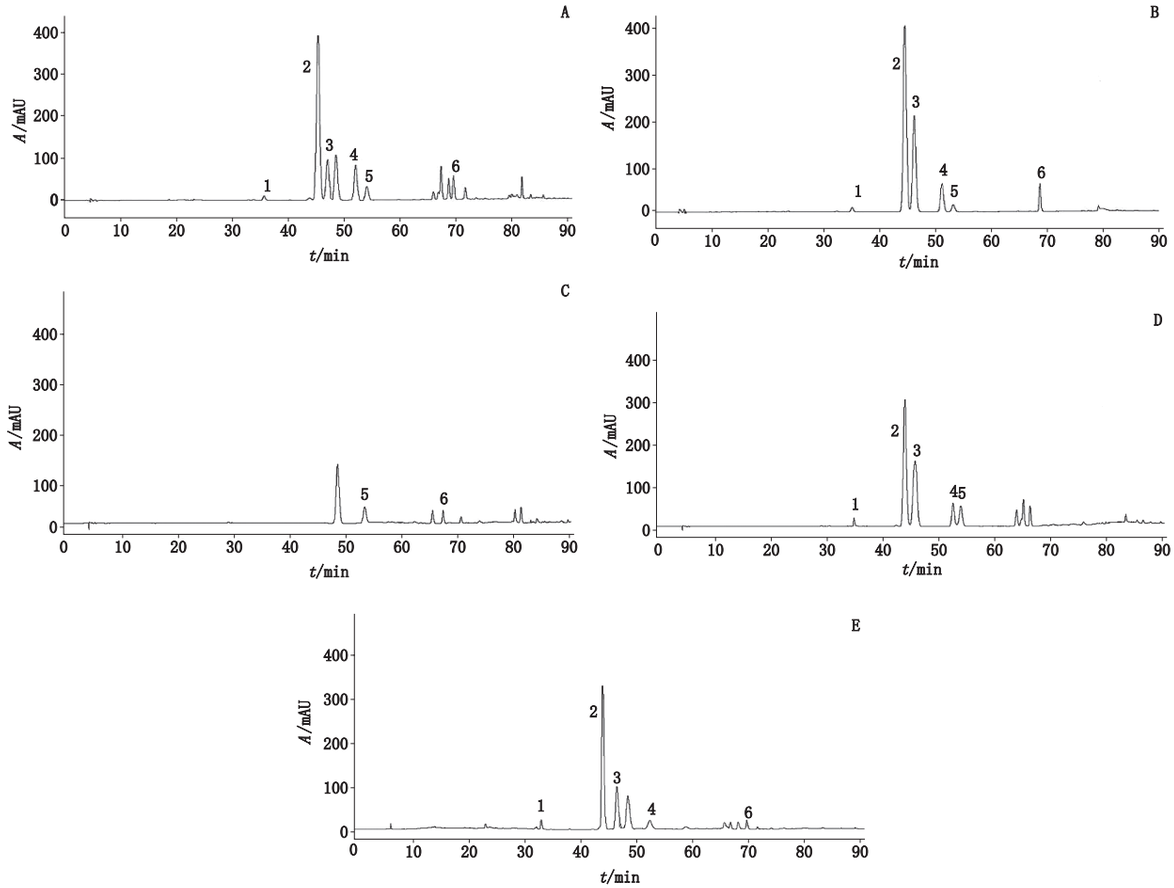
醇-3-庚酮、高良姜素、山柰素、高良姜素-3-甲醚、α-细辛醚、木香烃内酯质量浓度分别为0.181、0.308、0.179、0.056、0.021、0.453 mg·mL^{-1}的溶液，用0.45 μm微孔滤膜滤过，即得混合对照品溶液，4 ℃冰箱放置，备用。

2.1.2 供试品溶液 取蒙药复方述达格-4样品5.0 g，精密称定，置于100 mL圆底烧瓶中，用10倍量50%乙醇回流提取2次，每次2 h，趁热用棉花粗滤，合并滤液，减压浓缩至无醇味，定容至10 mL量瓶中，将上述药液经已处理的AB-8大孔吸附树脂柱，依次用蒸馏水及50%乙醇洗脱，分别回收溶剂，50%乙醇部位溶液置于10 mL量瓶中，甲醇定容，摇匀，经0.45 μm微孔滤膜滤过，取续滤液，即得。

2.1.3 阴性样品溶液 取缺高良姜阴性样品、缺木香阴性样品及缺石菖蒲阴性样品，按“2.1.2”项下方法操作，制得3个阴性样品溶液。

2.2 色谱条件

采用Agilent C_{18}色谱柱（4.6 mm×250 mm，5 μm），以乙腈（A）-0.2%乙酸水（B）为流动相，梯度洗脱（0~2 min，15%A→20%A；2~5 min，20%A→25%A；5~20 min，25%A→40%A；20~40 min，40%A；40~45 min，40%A→42%A；45~55 min，42%A→47%A；55~65 min，47%A→60%A；65~90 min，60%A-100%A），流速0.6 mL·min^{-1}，检测波长254 nm，柱温30 ℃，进样量10 μL。在上述色谱条件下各成分基线分离良好，分离度>1.5，详见图1。



1. 1-苯基-7-（3-甲氧基-4-羟基）苯基-5-醇-3-庚酮（1-phenyl-7-（3-methoxy-4-hydroxy）phenyl-5-ol-3-heptanone） 2. 高良姜素（galangin） 3. 山柰素（kaempferide） 4. 高良姜素-3-甲醚（galangin-3-methylether） 5. α-细辛醚（alpha-asarone） 6. 木香烃内酯（costunolide）

A. 蒙药复方述达格-4供试品（test sample of Mongolian Medicine compound formula Shudage-4） B. 混合对照品（mixed reference substances） C. 缺高良姜阴性样品（negative sample without Alpiniae Officinarum Rhizoma） D. 缺木香阴性样品（negative sample without Aucklandiae Radix） E. 缺石菖蒲阴性样品（negative sample without Acori Tatarinowii Rhizoma）

图1 高效液相色谱图

Fig. 1 HPLC chromatograms

2.3 线性关系考察

分别精密量取混合对照品溶液 2、4、6、8、10、20 μL，按“2.2”项下色谱条件进样测定，记录峰面积。以待测成分进样量 X（μg）为横坐标，峰面积 Y 为纵坐标绘制标准曲线，计算回归方程、相关系数和线性范围，结果见表 1。

表 1 回归方程、相关系数和线性范围

Tab. 1 Regression equations, correlation coefficients and linear ranges of 6 chemical compounds

成分（component）	回归方程（regression equation）	相关系数（correlation coefficient）	线性范围（linear range）/μg
1-苯基-7-（3-甲氧基-4-羟基）苯基-5-醇-3-庚酮（1-phenyl-7-（3-methoxy-4-hydroxy）phenyl-5-ol-3-heptanone）	Y=150.20X-1.56	0.999 9	0.362~3.62
高良姜素（galangin）	Y=5 176.37X-59.58	0.999 9	0.616~6.16
山柰素（kaempferide）	Y=4 774.00X-60.55	0.999 9	0.358~3.58
高良姜素-3-甲醚（galangin-3-methylether）	Y=4 192.87X-5.35	0.999 9	0.109 6~1.096
α-细辛醚（alpha-asarone）	Y=2 776.00X-2.59	0.999 9	0.042~0.42
木香烃内酯（costunolide）	Y=426.00X-1.28	0.999 9	0.604~6.04

2.4 精密度试验

取同一混合对照品溶液，按“2.2”项下色谱条件，连续进样 6 次，测得 1-苯基-7-（3-甲氧基-4-羟基）苯基-5-醇-3-庚酮、高良姜素、山柰素、高良姜素-3-甲醚、α-细辛醚、木香烃内酯峰面积的 RSD（n=6）分别为 0.84%、1.1%、0.66%、0.26%、0.25%、0.93%，表明仪器精密度良好。

2.5 稳定性试验

取同一份供试品溶液，按“2.2”项下色谱条件，分别于 0、2、6、4、8、10、12、24 h 进样，测得 1-苯基-7-（3-甲氧基-4-羟基）苯基-5-醇-3-庚酮、高良姜素、山柰素、高良姜素-3-甲醚、α-细辛醚、木香烃内酯峰面积的 RSD（n=6）分别为 0.27%、0.13%、0.13%、0.18%、0.17%、0.46%，表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.6 重复性试验

取同一批蒙药复方述达格-4，按“2.1.2”项下方法平行制备 6 份供试品溶液，按“2.2”项下色谱条件分别进样分析，测得 1-苯基-7-（3-甲氧基-4-羟基）苯基-5-醇-3-庚酮、高良姜素、山柰素、高良姜素-3-甲醚、α-细辛醚、木香烃内酯的平均含量分别为 0.041 0%、0.060 0%、0.016 5%、0.014 6%、0.008 4%、0.054 7%，RSD 分别为 0.95%、0.35%、1.2%、1.0%、0.94%、0.50%，符合方法学验证要求，表明该方法重复性良好。

2.7 加样回收率试验

取已知含量的同一批次的蒙药复方述达格-4 约 2.5 g，共 6 份，分别加入对照品适量，按“2.1.2”项下方法制备供试溶液，按“2.2”项下的色谱条件进行含量测定，计算 6 个成分的平均回收率及 RSD，结果见表 2。6 个待测成分的平均回收率分别为 97.1%、97.4%、96.8%、101.1%、96.6%、98.1%，RSD 均小于 2.0%，表明方法的准确度良好。

2.8 样品的测定

取蒙药复方述达格-4 6 批，分别按“2.1.2”项下的方法制备供试品溶液，按“2.2”项下色谱条件进行分析，通过回归方程计算 1-苯基-7-（3-甲氧基-4-羟基）苯基-5-醇-3-庚酮、高良姜素、山柰素、高良姜素-3-甲醚、α-细辛醚、木香烃内酯的含量，结果见表 3。

3 讨论

3.1 待测成分的药理活性

蒙药复方述达格-4 主要含有黄酮、内酯、苯丙素、挥发油等化学成分[8-10]，具有显著的抗炎，抗胃溃疡，抗肿瘤，镇痛的作用[11-12]。其中高良姜具有抗肿瘤作用，抗氧化作用，抗胃肠道出血作用，抗溃疡作用和胃黏膜保护作用[13]；α-细辛醚具有抗癌，利胆，抗菌消炎，抗癫痫，镇静，抗惊厥等作用[14]；木香烃内酯具有抗肿瘤，降血糖，抑制机体对酒精的吸收，抑制微生物活性，抗炎等作用[15]。

表 2 回收率试验结果

Tab. 2 Recoveries

成分(component)	称样量(sample amount)/mg	加入量(added)/mg	测定量(measured)/mg	回收率(recovery)/%	平均回收率(average recovery)/%	RSD/%
1-苯基-7-(3-甲氧基-4-羟基)苯基-5-醇-3-庚酮(1-phenyl-7-(3-methoxy-4-hydroxy)phenyl-5-ol-3-heptanone)	2.501 2	1.120 0	2.125 0	98.2	97.1	1.6
	2.500 8	1.120 0	2.138 4	99.4		
	2.501 1	1.120 0	2.093 7	95.4		
	2.501 4	1.120 0	2.097 0	95.7		
	2.500 3	1.120 0	2.103 7	96.3		
	2.500 6	1.120 0	2.117 0	97.5		
高良姜素(galangin)	2.501 2	1.540 0	3.002 1	97.5	97.4	1.2
	2.500 8	1.540 0	2.967 8	95.3		
	2.501 1	1.540 0	3.012 6	98.2		
	2.501 4	1.540 0	3.003 8	97.6		
	2.500 3	1.540 0	3.022 9	98.9		
	2.500 6	1.540 0	2.995 1	97.1		
山柰素(kaempferide)	2.501 2	0.430 0	0.827 0	96.4	96.8	0.70
	2.500 8	0.430 0	0.826 0	96.1		
	2.501 1	0.430 0	0.831 3	97.4		
	2.501 4	0.430 0	0.828 4	96.7		
	2.500 3	0.430 0	0.833 2	97.8		
	2.500 6	0.430 0	0.826 6	96.3		
高良姜素-3-甲醚(galangin-3-methylether)	2.501 2	0.420 0	0.784 8	99.9	101.1	1.4
	2.500 8	0.420 0	0.785 8	100.3		
	2.501 1	0.420 0	0.789 4	101.0		
	2.501 4	0.420 0	0.795 4	102.4		
	2.500 3	0.420 0	0.798 8	103.3		
	2.500 6	0.420 0	0.784 7	99.9		
α-细辛醚(alpha-asarone)	2.501 2	0.260 0	0.457 8	95.3	96.6	1.8
	2.500 8	0.260 0	0.460 3	96.2		
	2.501 1	0.260 0	0.467 6	99.0		
	2.501 4	0.260 0	0.457 3	95.1		
	2.500 3	0.260 0	0.465 6	98.3		
	2.500 6	0.260 0	0.458 1	95.4		
木香烃内酯(costunolide)	2.501 2	1.480 0	2.844 1	99.7	98.1	1.4
	2.500 8	1.480 0	2.794 3	96.4		
	2.501 1	1.480 0	2.817 5	97.9		
	2.501 4	1.480 0	2.839 8	99.4		
	2.500 3	1.480 0	2.820 2	98.1		
	2.500 6	1.480 0	2.801 2	96.8		

表 3 不同批次样品的测定结果（%，n=3）

Tab. 3 The determination results of different batches of samples

成分（component）	样品 1（sample No. 1）	样品 2（sample No. 2）	样品 3（sample No. 3）	样品 4（sample No. 4）	样品 5（sample No. 5）	样品 6（sample No. 6）
1-苯基-7-（3-甲氧基-4-羟基）苯基-5-醇-3-庚酮（1-phenyl-7-（3-methoxy-4-hydroxy）phenyl-5-ol-3-heptanone）	0.041 0	0.043 2	0.068 9	0.028 4	0.055 1	0.034 3
高良姜素（galangin）	0.060 0	0.061 6	0.086 5	0.066 6	0.078 1	0.060 6
山柰素（kaempferide）	0.016 5	0.014 4	0.016 8	0.015 8	0.016 5	0.016 9
高良姜素-3-甲醚（galangin-3-methylether）	0.014 6	0.015 5	0.019 4	0.012 5	0.014 2	0.013 0
α-细辛醚（alpha-asarone）	0.008 4	0.010 7	0.010 9	0.006 2	0.011 0	0.005 1
木香烃内酯（costunolide）	0.054 7	0.057 1	0.042 7	0.049 4	0.063 4	0.049 3

3.2 测定波长的选择

本实验采用 DAD 检测器在 200~400 nm 波长下进行全波长扫描，并采集光谱图，结果发现 1-苯基-7-（3-甲氧基-4-羟基）苯基-5-醇-3-庚酮、高良姜素、山柰素、高良姜素-3-甲醚和 α-细辛醚在 254 nm 左右有较好的吸收，木香烃内酯在 210 nm 左右有较好的吸收，且在 254 nm 处也有较好的吸收，色谱峰形和分离度良好，基线平整，故选择 254 nm 作为检测波长。

3.3 流动相的选择

本实验试用了甲醇-水、乙腈-水、甲醇-乙酸水、乙腈-乙酸水等不同系统为流动相，分别进行优化与筛选，结果采用甲醇-水、乙腈-水、甲醇-乙酸水为流动相时，无论是等度洗脱，还是梯度洗脱均不能将上述 6 个成分有效分离，而以乙腈-乙酸水溶液系统为流动相时峰形较好，基线稳定，经比较选择最后确定采用乙腈-0.2% 乙酸水溶液为流动相。

3.4 柱温的选择

色谱柱的温度对被分离物质的保留时间及分离度有较大影响[16]。当温度在 25 ℃以下时高良姜素与山柰素的峰重叠，同时高良姜素-3-甲醚和 α-细辛醚达不到基线分离；温度达到 35 ℃时，木香烃内酯与其他峰不能很好地分离，分离度较差；当温度继续升高时，分离效果更差。因此，在保证每个成分有效分离的前提下，本试验选择在 30 ℃的条件下进行分析测定。

3.5 小结

本实验建立测定蒙药复方述达格-4 中 1-苯基-7-（3-甲氧基-4-羟基）苯基-5-醇-3-庚酮、高良姜素、山柰素、高良姜素-3-甲醚、α-细辛醚、木香烃内酯 6 个成分含量的方法，精密度高，重复性好，选择性强，干扰较小，适合蒙药复方述达格-4 中上述 6 个成分的含量分析，为此药的质量控制提供依据，为反映蒙药复方多成分、多靶点及协同作用的特性，对全面控制药材质量，建立科学的质量控制方法具有重要的意义。

参考文献

[1] 中华人民共和国卫生部药品标准 蒙药分册[S].1998：158
Drug Specifications Promulgated by the Ministry of Public Health, P. R. China. Mongolian Fascicles[S]. 1998：158

[2] 贾鑫，董玉，武娜. 紫外可见分光光度法测定蒙药述达格-4 中总黄酮的含量[J]. 内蒙古医学院学报，2010，32（3）：303
JIA X, DONG Y, WU N. Determination of total flavones content in Shudage-4 by UV-visible spectrophotometry[J]. J Inner Mongolia Med Coll, 2010, 32(3): 303

[3] 信莎莎，杜银飞，董玉. 紫外可见分光光度法测定蒙药述达格-4 中苯丙素的含量[J]. 内蒙古大学学报（自然科学版），2016，47（5）：522
XIN SS, DU YF, DONG Y. Determination of phenylpropanoids in Mongolian medicine compound formula Shudage-4 by UV-VIS spectrophotometry[J]. J Inner Mongolian Univ (Nat Sci Ed), 2016, 47(5): 522

[4] 信莎莎，杨洋，孙国园，等. HPLC 法测定蒙药复方述达格-4 中 1-苯基-7-（3-甲氧基-4-羟基）苯基-5-醇-3-庚酮的含

量[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2015, 46(2): 191
XIN SS, YANG Y, SUN GY, *et al*. Quantitative determination of 1-phenyl-7-(3-methoxy-4-hydroxy)phenyl-5-ol-3-heptanone in Mongolian medicine compound formula Shudage-4 by HPLC[J]. J Inner mongolian Univ(Nat Sci Ed), 2015, 46(2): 191

[5] 马强,贾鑫,董玉. RP-HPLC 法测定蒙药复方述达格-4 中高良姜素和山奈素的含量[J]. 北京中医药大学学报, 2010, 33(12): 845
MA Q, JIA X, DONG Y. Quantitative determination of galangin and kaempferide in Shudage-4 (Mongolian medicinal formula) by RP-HPLC[J]. J Beijing Univ Tradit Chin Med, 2010, 33(12): 845

[6] 信莎莎,杨洋,白埔,等. 蒙药述达格-4 抗小鼠胃溃疡的作用研究[J]. 北京中医药大学学报, 2015, 38(8): 524
XIN SS, YANG Y, BAI P, *et al*. Effects of Mongolian medicine Shudage-4 on gastric ulcer[J]. J Beijing Univ Tradit Chin Med, 2015, 38(8): 524

[7] 杜银飞,周昊霏,信莎莎,等. 蒙药复方述达格-4 有效部位抗实验性胃溃疡的作用及其机制[J]. 北京中医药大学学报, 2016, 39(10): 839
DU YF, ZHOU HF, XIN SS, *et al*. Effect and mechanism of effective components of Mongolian medicine compound Shudage-4 against experimental stomach ulcer[J]. J Beijing Univ Tradit Chin Med, 2016, 39(10): 839

[8] 祝永仙,李尚秀,赵升逵,等. 高良姜的化学成分研究[J]. 云南民族大学学报(自然科学版), 2013, 22(4): 239
ZHU YX, LI SX, ZHAO SK, *et al*. Study on chemical constituents of *Alpinia officinarum* Hance[J]. J Yunnan Univ Natl(Nat Sci Ed), 2013, 22(4): 239

[9] 董玉,石任兵,刘斌. 石菖蒲化学成分的研究(Ⅰ)[J]. 北京中医药大学学报, 2007, 30(1): 61
DONG Y, SHI RB, LIU B. Study on chemical compositions of *Acorus tatarinowii* Schott(Ⅰ)[J]. J Beijing Univ Tradit Chin Med, 2007, 30(1): 61

[10] 张婷,马林,吴丰,等. 云木香乙醇提取物化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(9): 1232
ZHANG T, MA L, WU F, *et al*. Study on chemical constituents of extracts of Radix Aucklandiae alcohol cloud[J]. China J Chin Mater Med, 2012, 37(9): 1232

[11] 曹纬国,刘志勤,邵云,等. 黄酮类化合物药理作用的研究进展[J]. 西北植物学报, 2003, 23(12): 2241
CAO WG, LIU ZQ, SHAO Y, *et al*. Research progress in pharmacological action of flavonoid[J]. J Northwest Plant, 2003, 23(12): 2241

[12] 张丽娟,刘继勇,姚翀,等. 洋川芎内酯类化合物药理作用研究进展[J]. 中国药学杂志, 2015, 50(13): 1081
ZHANG LJ, LIU JY, YAO C, *et al*. Progress of senkyunolide compounds pharmacological research[J]. Chin Pharm J, 2015, 50(13): 1081

[13] 李洪福,李永辉,王勇,等. 高良姜化学成分及药理活性的研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(7): 236
LI HF, LI YH, WANG Y, *et al*. Advances in studies on chemical constituents in Alpiniae Officinarum Rhizoma and their pharmacological activities[J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2014, 20(7): 236

[14] 赵李宏,吴建梅,武凤兰. α-细辛脑近 10 年研究概述[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(7): 562
ZHAO LH, WU JM, WU FL. α-asarone takes nearly 10 years of research[J]. China J Chin Mater Med, 2007, 32(7): 562

[15] 潘阳,王小静,潘娟,等. 木香烃内酯的药理作用及构效关系研究进展[J]. 中南药学, 2013, 11(2): 108
PAN Y, WANG XJ, PAN J, *et al*. Research progress of pharmacological action and structure-activity relationship of costunolide[J]. Cent Suoth Pharm, 2013, 11(2): 108

[16] 曹淑瑞,刘治勇,张雷,等. 高效液相色谱法同时测定食品中 6 种对羟基苯甲酸酯[J]. 分析化学, 2012, 40(4): 529
CAO SR, LIU ZY, ZHANG L, *et al*. Simultaneous determination of 6 benzoic acid esters in food by high performance liquid chromatography[J]. Anal Chem, 2012, 40(4): 529

(本文于 2018 年 9 月 5 日修改回)