

# HPLC法同时测定蒙药复方协日嘎-4中5种有效成分的含量<sup>Δ</sup>

白凤\*,董玉#,李斌鑫,赵海龙(内蒙古医科大学药学院,呼和浩特 010059)

中图分类号 R284.1 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2018)14-1964-04

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2018.14.21

**摘要** 目的:建立同时测定蒙药复方协日嘎-4中高良姜素、高良姜素-3-甲醚、双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素含量的方法。方法:采用高效液相色谱法。色谱柱为Elite C<sub>18</sub>,流动相为0.5%磷酸-乙腈(梯度洗脱),流速为0.6 mL/min,检测波长为235 nm(高良姜素、高良姜素-3-甲醚)、420 nm(双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素),柱温为25 ℃,进样量为10 μL。结果:高良姜素、高良姜素-3-甲醚、双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素检测进样量线性范围分别为0.047 2~0.472 0 μg( $r=0.999 9$ )、0.104 0~1.040 0 μg( $r=0.999 9$ )、0.030 4~0.304 0 μg( $r=0.999 9$ )、0.039 2~0.392 0 μg( $r=0.999 8$ )、0.232 0~2.320 0 μg( $r=0.999 7$ );定量限分别为11.41、12.73、4.92、5.29、5.39 ng,检测限分别为3.41、3.72、1.46、1.59、1.62 ng;精密性、稳定性、重复性试验的RSD均小于3%;加样回收率分别为97.24%~102.93%(RSD=2.01%, $n=6$ )、95.10%~101.50%(RSD=2.34%, $n=6$ )、95.23%~97.61%(RSD=0.97%, $n=6$ )、97.10%~100.65%(RSD=1.24%, $n=6$ )、98.69%~101.15%(RSD=0.99%, $n=6$ )。结论:该方法简单、准确、重复性好,可用于蒙药复方协日嘎-4中高良姜素、高良姜素-3-甲醚、双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素含量的同时测定。

**关键词** 蒙药;复方协日嘎-4;高良姜素;高良姜素-3-甲醚;双去甲氧基姜黄素;去甲氧基姜黄素;姜黄素;高效液相色谱法;含量测定

## Simultaneous Determination of 5 Effective Components in Mongolian Medicine Xieriga-4 by HPLC

BAI Feng, DONG Yu, LI Binxin, ZHAO Hailong (College of Pharmacy, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010059, China)

**ABSTRACT** OBJECTIVE: To establish a method for the simultaneous determination of galangin, galangin-3-methyl ether, bisdemethoxycurcumin, demethoxycurcumin and curcumin in mongolian medicine Xieriga-4. METHODS: HPLC method was adopted. The determination was performed on Elite C<sub>18</sub> column with mobile phase consisted of 0.5% phosphoric acid-acetonitrile (gradient elution) at the flow rate of 0.6 mL/min. The detection wavelengths were set at 235 nm (galangin, galangin-3-methyl ether) and 420 nm (bisdemethoxycurcumin, demethoxycurcumin and curcumin). The column temperature was set at 25 ℃, and sample size was 10 μL. RESULTS: The linear range of galangin, galangin-3-methyl ether, bisdemethoxycurcumin, demethoxycurcumin and curcumin were 0.047 2-0.472 0 μg( $r=0.999 9$ ), 0.104 0-1.040 0 μg( $r=0.999 9$ ), 0.030 4-0.304 0 μg( $r=0.999 9$ ), 0.039 2-0.392 0 μg( $r=0.999 8$ ), 0.232 0-2.320 0 μg( $r=0.999 7$ ), respectively. The limits of quantitation were 11.41, 12.73, 4.92, 5.29, 5.39 ng; the limits of detection were 3.41, 3.72, 1.46, 1.59, 1.62 ng, respectively, respectively. RSDs of precision, stability and repeatability tests were all lower than 3%. The recovery rates were 97.24%-102.93%(RSD=2.01%, $n=6$ ), 95.10%-101.50%(RSD=2.34%, $n=6$ ), 95.23%-97.61%(RSD=0.97%, $n=6$ ), 97.10%-100.65%(RSD=1.24%, $n=6$ ), 98.69%-101.15%(RSD=0.99%, $n=6$ ), respectively. CONCLUSIONS: The method is simple, accurate and reproducible. It can be used for simultaneous determination of galangin, galangin-3-methyl ether, bisdemethoxycurcumin, demethoxycurcumin and curcumin in mongolian medicine Xieriga-4.

**KEYWORDS** Mongolian medicine; Xieriga-4; Galangin; Galangin-3-methyl ether; Bisdemethoxycurcumin; Demethoxycurcumin; Curcumin; HPLC; Content determination

蒙药复方协日嘎-4是蒙医临床治疗泌尿系统感染的常用处方<sup>[1]</sup>,该处方收载于《中华人民共和国卫生部药品标准·蒙药分册》<sup>[2]</sup>中,由姜黄、黄柏、栀子、蒺藜等4

味药材按配伍原则以5:3:4:5(质量比)组成,具有利尿、清泄湿热等功效,主要用于小便闭止、尿频、尿急、尿中带血、膀胱刺痛等症<sup>[1]</sup>。从该复方中分离得到的姜黄

tributes to myocardial ischemia/reperfusion injury by regu-

Δ 基金项目:内蒙古自治区科技计划项目

\* 药师,硕士研究生。研究方向:中蒙药(复方)有效物质基础研究及药物创新。E-mail:2463924338@qq.com

# 通信作者:教授,博士生导师,博士。研究方向:中蒙药(复方)有效物质基础研究及药物创新。电话:0471-6653084。E-mail:dongyu010@126.com

lating cardiomyocyte apoptosis and neutrophil infiltration [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2012, 59(4):420-429.

[25] 孟剑峰. 地黄多糖对H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>诱导乳鼠心肌细胞损伤的保护作用及其机制研究[J]. *中药药理与临床*, 2016, 32(1):90-95.

(收稿日期:2018-01-13 修回日期:2018-05-13)

(编辑:张元媛)

素、去甲氧基姜黄素、双去甲氧基姜黄素等姜黄素类成分已被证实是姜黄中具有抗炎、抗氧化、抗肿瘤等药理作用的主要有效成分<sup>[3-8]</sup>;高良姜素、高良姜素-3-甲醚是从该复方姜黄药材中首次分离得到的化合物,已有研究表明高良姜素具有广泛的生物活性,如抗炎、抗菌和抗过敏等<sup>[9]</sup>。

本课题组前期对复方协日嘎-4的化学成分、质量控制进行了初步研究<sup>[10-13]</sup>。在此基础上,本研究采用高效液相色谱法(HPLC)建立了同时测定该复方中高良姜素、高良姜素-3-甲醚、双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素5种成分含量的方法,旨在为完善其质量标准提供参考。

## 1 材料

### 1.1 仪器

Agilent 1100型HPLC仪,包括化学工作站、二元泵、内置真空脱气机、柱温箱、输液泵、手动进样器、紫外检测器(美国Agilent公司);AB135-S型电子分析天平(美国Mettler-Toledo公司)。

### 1.2 药品与试剂

复方协日嘎-4(内蒙古医科大学药学院自制,编号:S1-S15);高良姜素-3-甲醚对照品(上海颀心实验室设备有限公司,批号:20170919001,纯度:99.8%);高良姜素对照品(批号:111699-200501,纯度:98.5%)、双去甲氧基姜黄素对照品(批号:112004-201501,纯度:95.0%)、去甲氧基姜黄素对照品(批号:112003-201501,纯度:98.5%)均由中国食品药品检定研究院提供;姜黄素对照品(北京坛墨质检科技有限公司,批号:MUST-17050310,纯度:98.9%);乙腈为色谱纯,其余试剂均为分析纯,水为纯化水。

### 1.3 药材

蒙药复方协日嘎-4制备所用各味药材均经内蒙古医科大学药学院李晓副教授鉴定为真品,药材样品来源见表1。

表1 药材样品来源

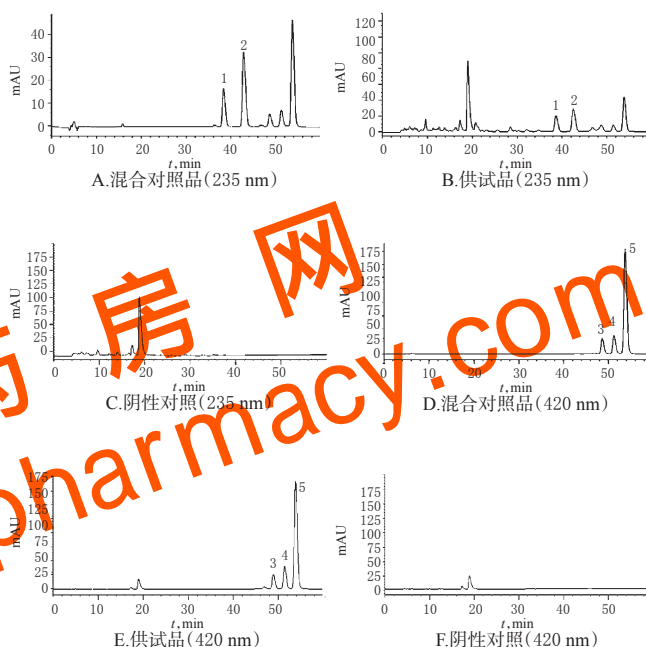
Tab 1 Sources of medicinal materials

样品编号	药材批号	生产公司
S1	姜黄(170401)、黄柏(170701)、栀子(170501)、藜藜(170601)	呼和浩特市天立药业有限公司
S2	姜黄、黄柏、栀子、藜藜批号均为2017090531	安徽盛海堂中药饮片有限公司
S3	姜黄、黄柏、栀子、藜藜批号均为2017090631	安徽盛海堂中药饮片有限公司
S4	姜黄、黄柏、栀子、藜藜批号均为2017090731	安徽盛海堂中药饮片有限公司
S5	姜黄、黄柏、栀子、藜藜批号均为170501	河北四瑞药业有限公司
S6	姜黄、黄柏、栀子、藜藜批号均为170601	河北四瑞药业有限公司
S7	姜黄、黄柏、栀子、藜藜批号均为170701	河北四瑞药业有限公司
S8	姜黄、黄柏、栀子、藜藜批号均为171008	安国市依山中药材有限公司
S9	姜黄、黄柏、栀子、藜藜批号均为171015	安国市依山中药材有限公司
S10	姜黄、黄柏、栀子、藜藜批号均为171028	安国市依山中药材有限公司
S11	姜黄、黄柏、栀子、藜藜批号均为171102	安国市依山中药材有限公司
S12	姜黄、黄柏、栀子、藜藜批号均为171115	安国市依山中药材有限公司
S13	姜黄、黄柏、栀子、藜藜批号均为160901CP215	河北万修药业有限公司
S14	姜黄、黄柏、栀子、藜藜批号均为161001CP235	河北万修药业有限公司
S15	姜黄、黄柏、栀子、藜藜批号均为161101CP275	河北万修药业有限公司

## 2 方法与结果

### 2.1 色谱条件与系统适用性

色谱柱:Elite C<sub>18</sub>(250 mm×4.6 mm, 5 μm);流动相:0.5%磷酸(A)-乙腈(B),梯度洗脱(0~10 min, 36%→37% A; 10~40 min, 37%→38% A; 40~50 min, 38%→41% A; 50~60 min, 41% A);流速:0.6 mL/min;检测波长:235 nm(高良姜素、高良姜素-3-甲醚)、420 nm(双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素);柱温:25℃;进样量:10 μL。在该色谱条件下,高良姜素、高良姜素-3-甲醚、双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素峰形尖锐、对称性好;供试品中上述5种成分色谱峰与相邻峰的分度均大于1.5,均达到基线分离,理论板数以高良姜素峰计应不低于14 000,阴性对照对测定无干扰。色谱图见图1。



注:1.高良姜素;2.高良姜素-3-甲醚;3.双去甲氧基姜黄素;4.去甲氧基姜黄素;5.姜黄素

Note: 1. galangin; 2. galangin-3-methyl ether; 3. bisdemethoxycurcumin; 4. demethoxycurcumin; 5. curcumin

图1 高效液相色谱图

Fig 1 HPLC chromatograms

### 2.2 溶液的制备

2.2.1 混合对照品溶液 精密称取高良姜素对照品1.18 mg、高良姜素-3-甲醚对照品1.30 mg、双去甲氧基姜黄素0.76 mg、去甲氧基姜黄素0.98 mg,分别置于5 mL量瓶中,加甲醇定容,得单一对照品贮备液。精密称取姜黄素对照品0.58 mg,精密吸取上述高良姜素对照品贮备液0.5 mL、高良姜素-3-甲醚对照品贮备液1 mL、双去甲氧基姜黄素对照品贮备液0.5 mL、去甲氧基姜黄素对照品贮备液0.5 mL,置于同一5 mL量瓶中,加甲醇定容,得高良姜素、高良姜素-3-甲醚、双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素质量浓度分别为0.023 6、0.052 0、0.015 2、0.019 6、0.116 0 mg/mL的混合对照品溶液。

2.2.2 供试品溶液 精密称取复方协日嘎-4样品约10 g,置于500 mL圆底烧瓶中,加入10倍量70%乙醇加热回流提取2次,每次2 h,合并滤液,减压浓缩,置于25 mL量瓶中,加甲醇定容。将上述浓缩后的复方协日嘎-4样品提取液加入大孔吸附树脂柱经水洗脱,弃去洗脱液,加入95%乙醇洗脱,回收溶剂并浓缩洗脱液,置于5 mL量瓶中,加甲醇定容,经0.45 μm微孔滤膜滤过,取续滤液,即得。

2.2.3 阴性对照溶液 按复方协日嘎-4处方,制备缺姜黄药材的阴性样品(精密称取黄柏约1.6 g,栀子约2.4 g、蒺藜约3.0 g,依法操作),按“2.2.2”项下方法制备阴性对照溶液。

### 2.3 线性关系考察

分别吸取“2.2.1”项下混合对照品溶液2、4、6、8、10、20 μL,按“2.1”项下色谱条件进样测定,记录峰面积。以各待测成分检测进样量( $x, \mu\text{g}$ )为横坐标、峰面积( $y$ )为纵坐标进行线性回归,回归方程与线性范围见表2。

表2 回归方程与线性范围

Tab 2 Regression equations and linear range

待测成分	回归方程	$r$	线性范围, μg
高良姜素	$y=3\ 542.3x-13.820$	0.999 9	0.047 2~0.472 0
高良姜素-3-甲醚	$y=3\ 143.7x-16.754$	0.999 9	0.104 0~1.040 0
双去甲氧基姜黄素	$y=8\ 626.8x-4.066$	0.999 9	0.030 4~0.304 0
去甲氧基姜黄素	$y=8\ 327.1x-36.262$	0.999 8	0.039 2~0.392 0
姜黄素	$y=8\ 084.6x-35.803$	0.999 7	0.232 0~2.320 0

### 2.4 定量限与检测限考察

取“2.2.1”项下混合对照品溶液适量,倍比稀释,按“2.1”项下色谱条件进样测定,记录峰面积。当信噪比为10:1时,得定量限;当信噪比为3:1时,得检测限。结果,高良姜素、高良姜素-3-甲醚、双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素的定量限分别为11.41、12.73、4.92、5.29、5.39 ng,检测限分别为3.41、3.72、1.46、1.59、1.62 ng。

### 2.5 精密度试验

取“2.2.2”项下同一供试品溶液(编号:S1)适量,按“2.1”项下色谱条件连续进样测定6次,记录峰面积。结果,高良姜素、高良姜素-3-甲醚、双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素峰面积的RSD分别为0.73%、0.22%、0.38%、0.67%、1.06% ( $n=6$ ),表明本方法精密度良好。

### 2.6 稳定性试验

取“2.2.2”项下同一供试品溶液(编号:S1)6份,分别于室温下放置0、2、4、8、10、12 h时按“2.1”项下色谱条件进样测定,记录峰面积。结果,高良姜素、高良姜素-3-甲醚、双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素峰面积的RSD分别为1.54%、0.51%、0.50%、1.12%、0.74% ( $n=6$ ),表明供试品溶液室温放置12 h内稳定性良好。

### 2.7 重复性试验

精密称取复方协日嘎-4样品(编号:S1)约10 g,共6

份,按“2.2.2”项下方法制备供试品溶液,再按“2.1”项下色谱条件进样测定,记录峰面积并计算样品含量。结果,高良姜素、高良姜素-3-甲醚、双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素的平均含量分别为0.001 2%、0.002 1%、0.002 9%、0.001 4%、0.005 9%,RSD分别为2.92%、2.89%、2.61%、2.25%、2.23% ( $n=6$ ),表明本方法重复性良好。

### 2.8 加样回收率试验

精密称取复方协日嘎-4样品(编号:S1)5 g,共6份,分别加入一定量的5种成分对照品溶液,按“2.2.2”项下方法制备供试品溶液,再按“2.1”项下色谱条件进样测定,记录峰面积并计算加样回收率,结果见表3。

表3 加样回收率试验结果( $n=6$ )

Tab 3 Results of recovery tests( $n=6$ )

待测成分	样品含量, mg	加入量, mg	测得量, mg	加样回收率, %	平均加样回收率, %	RSD, %			
高良姜素	0.059 0	0.058 0	0.115 4	97.24	100.34	2.01			
	0.059 0	0.058 0	0.118 7	102.93					
	0.059 0	0.058 0	0.117 4	100.68					
	0.059 0	0.058 0	0.117 6	101.03					
	0.059 0	0.058 0	0.116 3	98.79					
	0.059 0	0.058 0	0.117 8	101.37					
	高良姜素-3-甲醚	0.103 0	0.100 0	0.198 1			95.10	99.25	2.34
		0.103 0	0.100 0	0.202 1			99.10		
		0.103 0	0.100 0	0.204 5			101.50		
		0.103 0	0.100 0	0.203 4			100.40		
0.103 0		0.100 0	0.201 5	98.50					
0.103 0		0.100 0	0.203 9	100.90					
双去甲氧基姜黄素		0.044 0	0.042 0	0.084 9	97.38	96.47	0.97		
		0.044 0	0.042 0	0.085 0	97.61				
		0.044 0	0.042 0	0.084 4	96.19				
		0.044 0	0.042 0	0.084 2	95.71				
	0.044 0	0.042 0	0.084 6	96.67					
	0.044 0	0.042 0	0.084 0	95.23					
	去甲氧基姜黄素	0.068 0	0.062 0	0.130 4	100.65			99.14	1.24
		0.068 0	0.062 0	0.128 2	97.10				
		0.068 0	0.062 0	0.129 1	98.54				
		0.068 0	0.062 0	0.129 9	99.83				
0.068 0		0.062 0	0.129 4	99.03					
0.068 0		0.062 0	0.129 8	99.67					
姜黄素		0.297 0	0.260 0	0.555 0	99.23	100.11	0.99		
		0.297 0	0.260 0	0.553 6	98.69				
		0.297 0	0.260 0	0.558 3	100.50				
		0.297 0	0.260 0	0.557 1	100.04				
	0.297 0	0.260 0	0.560 0	101.15					
	0.297 0	0.260 0	0.559 7	101.04					

### 2.9 样品含量测定

分别取15批复方协日嘎-4样品各适量,按“2.2.2”项下方法制备供试品溶液,再按“2.1”项下色谱条件进样测定,平行测定3次,记录峰面积并按回归方程计算样品含量,结果见表4。

## 3 讨论

### 3.1 测定成分的选择

本课题组通过网络药理学研究<sup>[14]</sup>,筛选出复方协日

表4 样品含量测定结果( $n=3, \%$ )Tab 4 Results of content determination of samples ( $n=3, \%$ )

编号	高良姜素	高良姜素-3-甲醚	双去甲氧基姜黄素	去甲氧基姜黄素	姜黄素
S1	0.001 1	0.002 1	0.002 0	0.002 0	0.007 6
S2	0.000 7	0.001 2	0.001 2	0.001 7	0.006 3
S3	0.001 0	0.001 9	0.001 6	0.002 1	0.008 0
S4	0.000 8	0.001 7	0.000 7	0.001 1	0.004 7
S5	0.000 9	0.001 8	0.000 6	0.000 8	0.003 8
S6	0.000 8	0.001 2	0.000 4	0.001 0	0.003 1
S7	0.001 0	0.001 7	0.000 8	0.001 4	0.006 2
S8	0.001 1	0.001 5	0.001 6	0.001 9	0.005 4
S9	0.000 9	0.001 6	0.000 7	0.001 0	0.004 2
S10	0.001 2	0.002 0	0.000 8	0.001 3	0.006 0
S11	0.000 9	0.002 0	0.000 9	0.001 4	0.006 0
S12	0.001 2	0.002 0	0.000 8	0.001 3	0.005 8
S13	0.001 2	0.001 9	0.000 9	0.001 4	0.005 9
S14	0.001 1	0.002 0	0.000 9	0.001 4	0.005 9
S15	0.001 2	0.002 1	0.000 8	0.001 4	0.005 8

嘎-4中所含的部分有效成分,并将其与前期分离得到的化学成分进行对比分析,最终确定以高良姜素、高良姜素-3-甲醚、双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素为测定成分,以完善其质量控制。

### 3.2 检测波长的选择

本试验在200~400 nm波长范围内进行全波长扫描,结果发现高良姜素和高良姜素-3-甲醚在254 nm波长附近吸收较好。本试验又分别比较了235、254、280 nm波长的检测结果,进一步发现检测波长为235 nm时高良姜素和高良姜素-3-甲醚的分离度较好,故选择235 nm为高良姜素、高良姜素-3-甲醚的检测波长。2015年版《中国药典》(一部)中姜黄素的检测波长为430 nm<sup>[15]</sup>,笔者结合本试验发现双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素在420 nm波长处分离较好,且干扰少,故选择420 nm为这3种成分的检测波长。

### 3.3 流动相的选择

本试验考察了0.5%乙酸-甲醇、0.5%磷酸-甲醇、0.5%乙酸-乙腈、0.5%磷酸-乙腈和0.2%磷酸-乙腈5种不同组成及比例的流动相。结果发现,高良姜素、高良姜素-3-甲醚、双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素采用含甲醇的流动相时分离度较差,而采用含乙腈的流动相时分离度较好,故选择含乙腈的流动相<sup>[16]</sup>。又通过比较发现,流动相中加入磷酸分离度较好,且磷酸质量分数越高分离度越好<sup>[17]</sup>,故最终选择0.5%磷酸-乙腈(梯度洗脱)为流动相。在此条件下,高良姜素、高良姜素-3-甲醚、双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素均能达到基线分离,且峰形较好。

### 3.4 流速的选择

流速是色谱条件中的重要因素,流速增加可使样品分析时间缩短,但流速过快又会使样品组分的分离效果变差。本试验分别考察了0.4、0.6、0.8、1.0 mL/min 4个

流速,结果发现流速为0.6 mL/min时,高良姜素、高良姜素-3-甲醚、双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素的分离度均较好且分析时间较短,故最终选择0.6 mL/min为流速。

综上所述,本方法简单、准确、重复性好,可用于同时测定蒙药复方协日嘎-4中高良姜素、高良姜素-3-甲醚、双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素5种成分的含量。

### 参考文献

- [1] 内蒙古卫生厅. 内蒙古蒙成药标准[M]. 赤峰: 内蒙古科技人民出版社, 1984: 265.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国卫生部药品标准: 蒙药分册[S]. 1998: 87.
- [3] 国家医药管理局中草药情报中心站. 植物药有效成分手册[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1984: 281-282.
- [4] 李伟锋, 蒋建兰. 姜黄素药理作用的研究现状[J]. 中国临床药理学杂志, 2017, 33(10): 957-960.
- [5] 胡文卓, 李杜, 冯玛莉. 姜黄素药理作用的研究进展[J]. 世界最新医学信息文摘, 2017, 17(40): 31-33, 43.
- [6] 王敏, 冯彩霞, 郭立杰, 等. 姜黄素应用于肝脏疾病的研究进展[J]. 解放军医药杂志, 2016, 28(5): 113-116.
- [7] 张英, 李冬梅, 邢颖. 姜黄素的药理作用与载体研究进展[J]. 中国药房, 2015, 26(13): 1850-1853.
- [8] 章村田. 姜黄药理作用研究进展[J]. 河南中医, 2015, 35(5): 1188-1190.
- [9] 张旭光, 尹航, 陈峰, 等. 高良姜素药理活性的研究进展[J]. 中国现代中药, 2016, 18(11): 1532-1536.
- [10] 高建华, 杨婷, 董玉. 蒙药复方协日嘎四味汤散的化学成分研究[J]. 中国药房, 2014, 25(47): 4470-4472.
- [11] 高建华, 李斌鑫, 白凤, 等. 蒙药复方协日嘎四味化学成分的研究[J]. 北京中医药大学学报, 2016, 39(9): 755-758.
- [12] 李斌鑫, 高建华, 董玉, 等. 蒙药协日嘎-4不同配伍对总萹和梔子苷含量的影响[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2017, 48(2): 164-168.
- [13] 冀云涛, 朱小玲, 李斌鑫, 等. RP-HPLC法同时测定蒙药复方协日嘎-4中梔子苷、京尼平-1-O- $\beta$ -D-龙胆二糖苷、西红花苷-1、西红花苷-3的含量[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2016, 47(6): 604-608.
- [14] 白凤, 李斌鑫, 董玉, 等. 蒙药复方协日嘎-4的网络药理学研究[J]. 北京中医药大学学报, 2018, 41(2): 140-147.
- [15] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[S]. 2015年版. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 264.
- [16] 全红娜, 金松子, 雷勇胜, 等. 反相高效液相色谱中流动相选择与优化的研究进展[J]. 现代药物与临床, 2014, 29(10): 1190-1194.
- [17] 王丽, 申兰慧, 陈国清. 浅谈样品溶剂对高效液相色谱行为的影响[J]. 中国药事, 2013, 27(2): 163-166.

(收稿日期: 2018-02-23 修回日期: 2018-05-17)

(编辑: 陈宏)