



### 温经活血巴布剂中挥发油的提取工艺

彭慧丽, 赵利娜, 程艳芹, 赵丽艳, 封颖路, 李明春

### Extraction Technology of Volatile Oil from Wenjing Huoxue Cataplasm

PENG Huili, ZHAO Lina, CHENG Yanqin, ZHAO Liyan, FENG Yinglu, LI Mingchun

在线阅读 View online: <http://yxj.smmu.edu.cn/cn/article/doi/10.12206/j.issn.2097-2024.202109095>

### 您可能感兴趣的其他文章

#### Articles you may be interested in

#### 川芎药材超临界CO<sub>2</sub>萃取与水蒸气蒸馏提取挥发油比较研究

Comparative study on volatile oil in *Rhizoma chuanxiong* by steam distillation and supercritical fluid extraction

药学实践与服务. 2020, 38(2): 152-155 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.201907022

#### 赶黄草中大环多酚类成分含量测定及其提取工艺

Content determination and extraction process of macrocyclic polyphenols from *Penthorum chinense* Pursh

药学实践与服务. 2021, 39(4): 309-312, 378 DOI: 10.12206/j.issn.1006-0111.202009048

#### 正交试验法优化车前子中槲皮素提取工艺

Optimization of extraction process of quercetin from *Semen Plantaginis* by orthogonal test

药学实践与服务. 2018, 36(4): 351-354 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.2018.04.014

#### 正交试验法优化透肤洗剂的提取工艺

Optimization of extraction technology for Tofu irrigation by orthogonal test

药学实践与服务. 2018, 36(2): 173-175 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.2018.02.016

#### 鸡骨草与毛鸡骨草挥发油及脂肪酸成分的比较分析

Comparative analysis of essential oil and fatty acid constituents of *Abrus cantoniensis* and *Abrus mollis*

药学实践与服务. 2017, 35(1): 39-42 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.2017.01.010

#### 复元醒脑颗粒的提取工艺研究

Study on extraction technology of Fuyuan Xingnao granule

药学实践与服务. 2018, 36(2): 121-125 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.2018.02.006



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

## · 论著 ·

## 温经活血巴布剂中挥发油的提取工艺

彭慧丽<sup>1,2</sup>, 赵利娜<sup>1,2</sup>, 程艳芹<sup>2</sup>, 赵丽艳<sup>1,2</sup>, 封颖璐<sup>2</sup>, 李明春<sup>1,2</sup> (1. 大连医科大学药学院, 辽宁 大连 116000; 2. 中国人民解放军海军第九七一医院, 山东 青岛 266071)

**[摘要]** 目的 优选温经活血巴布剂中挥发油的超临界 CO<sub>2</sub> 萃取工艺条件。方法 在单因素考察萃取温度、分离釜 I 温度、萃取压力、萃取时间对萃取得率、蛇床子素含量和异欧前胡素综合评分的基础上, 正交设计优选萃取温度、萃取压力、萃取时间对所提挥发油综合评分的影响。**结果** 单因素实验中, 对所提挥发油综合评分影响较大的因素为萃取温度, 萃取压力和萃取时间, 正交实验结果表明萃取温度、萃取压力对挥发油综合评分有显著影响, 优选的最佳工艺为: 萃取温度为 55 ℃, 萃取压力为 30 MPa, 萃取时间为 2.0 h。**结论** 本实验优选的萃取工艺稳定可行, 可用于该挥发油的提取制备。

**[关键词]** 温经活血; 超临界萃取; 正交设计; 蛇床子素; 异欧前胡素

**[文章编号]** 2097-2024(2023)08-0492-04

**[DOI]** 10.12206/j.issn.2097-2024.202109095

## Extraction Technology of Volatile Oil from Wenjing Huoxue Cataplastm

PENG Huili<sup>1,2</sup>, ZHAO Lina<sup>1,2</sup>, CHENG Yanqin<sup>2</sup>, ZHAO Liyan<sup>1,2</sup>, FENG Yinglu<sup>2</sup>, LI Mingchun<sup>1,2</sup> (1. School of Pharmacy, Dalian Medical University, Dalian 116000, China; 2. 971st Hospital of Chinese People's Liberation Army Navy, Qingdao 266071, China)

**[Abstract]** **Objective** To optimize the supercritical CO<sub>2</sub> extraction conditions of volatile oil from Wenjing Huoxue cataplastm. **Methods** On the basis of single factor investigation on the comprehensive score of extraction yield, osthole content and isoimperatorin, the effects of extraction temperature, pressure and time on the comprehensive score of extracted volatile oil were optimized by orthogonal design. **Results** In the single factor experiment, the factors that had a great influence on the comprehensive score of the extracted volatile oil were extraction temperature, extraction pressure and extraction time. The orthogonal experiment results showed that the extraction temperature and extraction pressure had a significant influence on the comprehensive score of volatile oil. The optimized extraction process was as follows: extraction temperature at 55 ℃, extraction pressure as 30 MPa, and extraction time as 2 h. **Conclusion** The extraction process optimized in this experiment is stable and feasible, which could be used for the extraction and preparation of the volatile oil.

**[Key words]** warming meridians and promoting blood circulation; supercritical extraction; orthogonal design; osthole; isoimperatorin

温经活血汤作为海军第九七一医院的院内处方, 由川芎、红花、独活、羌活、秦艽、甘草等十四味中药材组成, 可用于因“瘀、湿、寒”引起的各部位疼痛, 如风湿性关节炎等, 具有“温经散寒、活血消肿、祛风胜湿、通痹止痛”的功效。温经活血巴布剂是在温经活血汤基础上改良的新型制剂, 该剂型在保持其原有药效作用的基础上, 改善了汤剂在储存过程中易腐败的特点<sup>[1]</sup>。处方中川芎、红花、独活、羌活含有的挥发性成分是温经活血巴布剂发挥其药效作用的重要组成部分, 其中独活、羌活的重要药效成分蛇床子素、异欧前胡素因其不溶于水的物理特性, 故在全方水提时难以提出<sup>[2-5]</sup>。为更好

地提取药材中的药效成分, 本实验拟采用超临界 CO<sub>2</sub> 萃取技术<sup>[6-8]</sup>, 在单因素试验的基础上, 正交设计优选川芎、红花、独活、羌活的挥发油提取工艺。

## 1 仪器与试药

## 1.1 仪器

安捷伦 1260 型高效液相色谱仪(美国安捷伦公司), FA1604 型电子分析天平(上海衡平仪器仪表厂), DHG-9023 型电热恒温鼓风干燥箱(上海申贤恒温设备厂), KH-100B 型超声波清洗器(昆山禾创超声仪器有限公司), HH-2 型数显恒温水浴锅(国华电器有限公司), HA221-40-11 超临界萃取装置(江苏南通华安超临界萃取有限公司)。

## 1.2 试药

川芎(批号: 200701)、红花(批号: 200801)、羌

**[作者简介]** 彭慧丽, 硕士生, 研究方向: 中药制备工艺, Tel: 15735013093, Email: 15735013093@163.com

**[通信作者]** 李明春, 硕士, 主任药师, 硕士生导师, 研究方向: 药理学, Tel: (0532)51870518, Email: lmc401y@163.com

活(批号:200201)、独活(批号:200301)均购自青岛天成中药饮片有限公司,经山东中医药大学张华教授鉴定川芎为伞形科植物川芎 *Ligusticum chuanxiong* Hort 的干燥根茎、红花为菊科植物红花 *Carthamus tinctorius* L.的干燥花、羌活为伞形科植物羌活 *Notopterygium incisum* Ting ex H. T. Chang 的干燥根茎和根、独活为伞形科植物重齿毛当归 *Angelica pubescens* Maxim, f. *biserrata* Shan et Yuan 的干燥根,均符合《中华人民共和国药典》(2020年版)中的相关规定,为正品药材;蛇床子素对照品(批号:823A027)、异欧前胡素对照品(批号:A1229A025)均购自北京索莱宝科技有限公司,纯度均>98%;高效液相用甲醇、乙腈为色谱纯(天津四友有限公司);其余试剂均为分析纯。

## 2 方法与结果

### 2.1 超临界萃取工艺

按处方比例称取一定量的川芎、红花、羌活、独活药材,放入萃取釜中按设置好的温度和压力加热加压提取至结束后,从解析釜 I 出料口接收黄色膏状提取物,计算所得萃取得率(萃取得率=所得提取物的质量/药材质量×100%)。

### 2.2 蛇床子素、异欧前胡素的含量测定<sup>[8-10]</sup>

#### 2.2.1 对照品溶液的制备

精密称定蛇床子素、异欧前胡素适量分别置于 25 ml 容量瓶中,加甲醇定容后配制成 210.40 μg/ml 的蛇床子素、163.20 μg/ml 的异欧前胡素对照品母液。精密量取蛇床子素对照品母液 5 ml、异欧前胡素对照品母液 3 ml 于 10 ml 容量瓶中,用甲醇定容,摇匀,过 0.45 μm 微孔滤膜,取续滤液,得混合对照品溶液。

#### 2.2.2 供试品溶液的制备

精密称定超临界提取挥发油 150 mg 于 25 ml 容量瓶中,加甲醇超声处理后定容,摇匀,过 0.45 μm 微孔滤膜,取续滤液,得供试品溶液。

#### 2.2.3 阴性供试品的制备

按处方比例称取缺羌活、独活的药材,按“2.1”项下工艺操作,同“2.2.2”项下进行样品处理,得阴性供试品溶液。

#### 2.2.4 色谱条件

色谱柱: ZORBAX SB-C<sub>18</sub>(4.6 mm×250 mm, 5 μm),进样量: 10 μl,流速: 1.0 ml/min,柱温: 20 °C,检测波长: 321 nm。流动相与洗脱条件: A 相为乙腈, B 相为水。梯度洗脱为: 0~8 min, 30%→62%A; 8~22 min, 62%A。

### 2.2.5 系统适应性试验

分别精密吸取混合对照品溶液,挥发油供试品溶液,羌活、独活的阴性供试品溶液按“2.2.4”项下条件进样测定,记录色谱图。测得成分蛇床子素、异欧前胡素色谱峰达到了较为理想的分离效果,分离度均>1.5,理论板数均≥5 000,且阴性供试品对测定无干扰,混合对照品、供试品及阴性供试品色谱图见图 1。

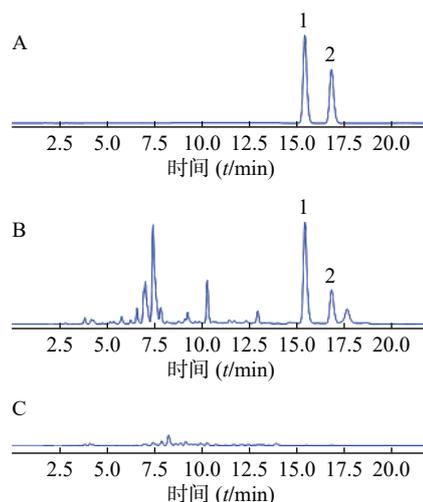


图 1 温经活血巴布剂挥发油混合对照品、供试品、阴性供试品 HPLC 图

A. 混合对照品; B 温经活血巴布剂挥发油供试品;  
C. 缺羌活、羌活的阴性供试品; 1. 蛇床子素; 2. 异欧前胡素

### 2.2.6 线性关系

取混合对照品溶液,分别吸取 2、5、10、20、30、40 μl 注入液相色谱仪,记录峰面积。以对照品溶液的进样量为横坐标(X),峰面积为纵坐标(Y),绘制标准曲线。得蛇床子素回归方程为  $Y=28.273X-1.521, r=1.000(n=6)$ ; 异欧前胡素回归方程为  $Y=21.251X+21.496, r=1.000(n=6)$ 。结果表明,蛇床子素在 21.04~420.80 μg 范围内线性良好,异欧前胡素在 12.24~195.84 μg 范围内线性良好。

### 2.2.7 精密度考察

精密量取对照品溶液,按“2.2.4”项下色谱条件重复进样 6 次,记录各成分色谱峰面积。结果表明蛇床子素、异欧前胡素的峰面积 RSD 分别为 0.98% 和 0.64%,结果表明仪器精密度良好。

### 2.2.8 稳定性考察

取同一供试品溶液,分别于制备后 0、2、4、8、12、24 h 按“2.2.4”项下色谱条件进样测定,记录各成分峰面积,蛇床子素和异欧前胡素的 RSD 分别为 1.50% 和 1.36%,结果表明所提挥发油在室温条件下 24 h 内稳定。

### 2.2.9 重复性考察

同样的条件下制备供试品溶液6份,按“2.2.4”项下色谱条件进样测定,记录峰面积,并计算含量,结果蛇床子素和异欧前胡素的平均含量分别为17.34 mg/g和8.09 mg/g, RSD分别为1.85%和1.57%,结果表明该方法重复性良好。

### 2.2.10 加样回收率考察

取已知含量的挥发油供试品6份,分别精密称定50 mg于10 ml容量瓶中,按药材成分含有量

1:1的比例,分别精密加入蛇床子素、异欧前胡素对照品按“2.2.2”项下制备供试品溶液,按“2.2.4”项下色谱条件进行含量测定,测定两种成分的平均加样回收率为100.01%和99.65%,RSD分别为1.10%和1.13%,表明该方法稳定可行。

### 2.2.11 样品测定

取各操作下的供试品溶液,按“2.2.4”项下色谱条件分别进样,记录峰面积,按外标一点法进行所测指标的含量测定,测定结果如表1所示。

表1 正交试验设计及结果

试验号	因素				萃取得率 (%)	蛇床子素含量 (mg/g)	异欧前胡素含量 (mg/g)	综合评分* (Y)
	A	B	C	D				
1	1	1	1	1	2.55	20.34	10.50	69.95
2	1	2	2	2	2.98	22.19	10.90	76.79
3	1	3	3	3	4.43	20.85	9.39	85.70
4	2	1	2	3	3.55	23.86	11.45	85.05
5	2	2	3	1	3.75	25.99	11.77	89.94
6	2	3	1	2	3.80	27.38	12.78	94.28
7	3	1	3	2	3.00	23.77	11.00	78.95
8	3	2	1	3	3.38	24.81	11.17	83.90
9	3	3	2	1	3.75	27.40	10.78	89.15
K1	232.44	233.95	248.13	249.04				
K2	269.27	250.63	250.99	250.02				
K3	252	269.13	254.59	254.65				
R	36.83	35.18	6.46	5.61				

注: \*综合评分(Y)计算公式见“2.3”项;因素A: 萃取温度;因素B: 萃取压力;因素C: 萃取时间;因素D: 空白

### 2.3 单因素试验设计及结果

影响超临界提取挥发油的主要因素有萃取温度、分离釜I温度、萃取压力和萃取时间等,按照“2.1”项下实验方法,以萃取得率、蛇床子素含量和异欧前胡素含量的综合评分为考察指标综合评价<sup>[6-7]</sup>,各指标权重系数分别为:0.40、0.30、0.30,综合评分公式:Y(得分)=(本组萃取得率/最高组萃取得率×0.40+本组蛇床子素含量/最高组蛇床子素含量×0.30+本组异欧前胡素含量/最高组异欧前胡素含量×0.30)×100,考察萃取温度(40、45、50、55、60℃)、分离釜I温度(40、45、50、55、60℃)、萃取压力(20、25、30、35、40 MPa)、萃取时间(1、2、3、4、5 h)对所提挥发油的影响。采用控制变量的方法,当改变其中一个因素时,其余因素为萃取温度40℃、分离釜I温度40℃、萃取压力20 MPa、萃取时间1.0 h,确定各因素的大致范围,实验结果如图2所示。

由图2可得,在萃取温度、分离釜I温度、萃取压力、萃取时间4个影响因素中,萃取温度、萃取压力、萃取时间3个因素对挥发油综合评分影响较大,而分离釜I温度影响较小,故确定后续操作在分离釜I温度为50℃的基础上,萃取温度选取50、55、60℃3个水平,萃取压力选20、25、30 MPa 3个水平,萃取时间选取2、3、4 h 3个水平进行正交试验。

### 2.4 正交试验设计及结果

对单因素试验结果进行分析,确定以萃取温度、萃取压力、萃取时间为考察因素,采用L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交试验法,优选最佳提取工艺条件。具体因素水平表见表2。试验设计及结果见表1,方差分析结果见表3,统计分析使用SPSS 22.0软件。

由极差分析可以得出影响所提药材综合评分的因素大小为A>B>C,即萃取温度>萃取压力>萃取时间,各因素水平的强弱顺序为:A<sub>2</sub>>A<sub>3</sub>>A<sub>1</sub>,

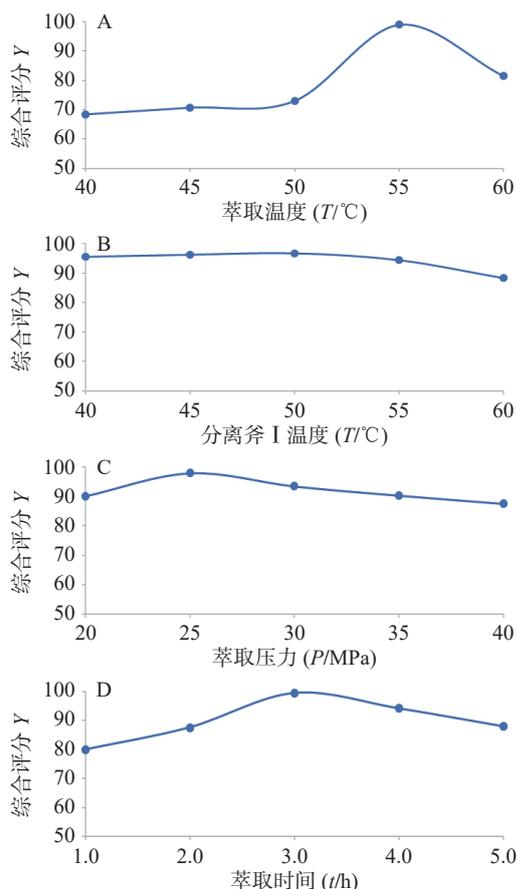


图2 单因素试验结果

A. 萃取温度; B. 分离釜 I 温度; C. 萃取压力; D. 萃取时间

表2 正交因素试验水平表

水平	因素		
	A. 萃取温度(T/°C)	B. 萃取压力(P/MPa)	C. 萃取时间(t/h)
1	50	20	2.0
2	55	25	3.0
3	60	30	4.0

表3 方差分析结果

方差来源	方差平方和	自由度	均方	F	P
A	226.366	2	113.183	37.819	<0.05
B	206.456	2	103.228	34.493	<0.05
C	6.986	2	3.496	1.167	>0.05
D(误差)	5.985	2	2.993		

$F_{0.05}(2,2)=19.0$

$B_3 > B_2 > B_1, C_3 > C_2 > C_1$ 。同时方差分析结果表明因素 A 萃取温度和因素 B 萃取压力对于超临界所提挥发油的综合评分有显著性影响, 因素 C 萃取时间的 3 个水平相差不大, 无显著影响。结合极差分析和方差分析结果, 在综合考虑实际操作的前提下, 为获得好的提取效果, 确定因素 A 选择水平 2,

因素 B 选择水平 3, 因素 C 选择水平 1, 即本试验最佳提取工艺组合为  $A_2B_3C_1$ , 萃取温度为 55 °C, 萃取压力为 30 MPa, 萃取时间为 2 h。

## 2.5 验证试验

按比例称取 3 份同一批号的处方量药材, 按照正交试验优选条件进行萃取, 测定所得挥发油的萃取得率和每 1.00 g 萃取物中所含蛇床子素、异欧前胡素的含量, 实验结果如表 4 所示。计算其相应结果得平均萃取得率为 3.77%, RSD 为 1.56%, 蛇床子素平均含量为 27.41 mg/g, RSD 为 1.66%, 异欧前胡素平均含量为 12.69 mg/g, RSD 为 1.28%, 表明正交试验所得萃取工艺条件稳定可行。

表4 3批中药材萃取得率和主要含量工艺验证试验结果

批号	萃取得率 (%)	蛇床子素含量 (mg/g)	异欧前胡素含量 (mg/g)
20210724	3.70	27.81	12.84
20210801	3.81	27.50	12.73
20210810	3.79	26.91	12.52

## 3 讨论

### 3.1 高效液相色谱条件的确定

本实验对甲醇-水, 乙腈-水, 乙腈-0.1% 磷酸水作为流动相进行比较, 结果显示乙腈洗脱能力较甲醇更好, 出峰时间早且分离好, 乙腈-水与乙腈-0.1% 磷酸水相比得出的图无明显区别, 表明调节洗脱液酸碱性对分离物质无太大影响, 故流动相选择乙腈-水。波长选择为 321 nm 是因为在该波长处蛇床子素、异欧前胡素均有较好吸收。

### 3.2 考察指标的选择

本次实验中选择蛇床子素、异欧前胡素为液相检测指标, 其中蛇床子素具有抗炎、抗氧化、抗血栓及抗血小板凝聚等作用, 是独活发挥其祛风除湿、通痹止痛功效的主要药效成分<sup>[11-12]</sup>。羌活具有抗炎、抗氧化、抗菌、抗癌细胞增殖、抗血栓等作用, 而异欧前胡素作为羌活的重要活性成分, 故将其作为本次实验的考察指标<sup>[5]</sup>。同时未考察红花中活性成分是因为红花主要活性成分为羟基红花黄色素 A, 虽然其同样具有活血化瘀的药理作用, 但其溶解性为水溶性, 不在挥发油成分中。川芎的主要药效成分——阿魏酸, 虽具有抗氧化、抑菌消炎、抗血栓的作用, 但在经液相检测过程中发现挥发油中虽含阿魏酸, 但其提取量过低且在阿魏酸出峰位置有其他物质干扰, 经调节流动相比比例和切换

(下转第 508 页)

存在一些缺陷,如气泡较多、拉伸性能较差、厚度较大、质地较硬等,其中最大的缺陷是 CMC-Na 初始黏附性较差,在试验过程中初始贴敷成功率较低,极易掉落,需要较长时间吸水溶胀形成凝胶后,才具有一定黏附性。本试验自制膜剂采用 PVA-1788 与 CMC-Na 配伍,使膜剂同时具备了较长的黏附时间和溶蚀时间,从黏附和缓释两方面确保膜剂对溃疡创面的滞留,改善了膜剂的外观、柔软度和拉伸性能,起到长效物理隔离和治疗作用。

【参考文献】

[1] 李晓琰,葛国岚. 康复新液联合西尼替丁治疗复发性口腔溃疡疗效分析[J]. *实用中医内科杂志*, 2020, 34(9): 83-85.  
 [2] 刘新辉,孔小强,胡鹏翼,等. 银黄滴丸制剂提取物抗口腔溃疡的药效学研究[J]. *江西中医药*, 2018, 49(5): 69-71.  
 [3] 王辉. 复发性口腔溃疡病因和治疗的临床研究进展[J]. *现代养生*, 2018(6): 106-107.  
 [4] 张宝文,李萌梅,苑迅. 复发性口腔溃疡病因病机及临床治疗研究进展[J]. *大连大学学报*, 2016, 37(06): 71-75.  
 [5] 贾新斌. 复发性口腔溃疡患者口腔微生物菌群检验情况分析[J]. *基层医学论坛*, 2020, 24(35): 5117-5118.  
 [6] 王慧灵. 探讨使用口腔溃疡药膜治疗口腔溃疡的效果[J]. *现代盐化工*, 2019, 46(06): 59-60.

[7] Baccaglioni L, Lalla R V, Bruce A J, et al. Urban legends: recurrent aphthous stomatitis[J]. *Oral Diseases*, 2011, 17(8): 755-770.  
 [8] Rashid M, Zarkadas M, Anca A, et al. Oral manifestations of celiac disease: a clinical guide for dentists[J]. *J Mich Dent Assoc*, 2011, 93(10): 42-46.  
 [9] Keogan M T. Clinical Immunology Review Series: an approach to the patient with recurrent orogenital ulceration, including Behçet's syndrome[J]. *Clinical and Experimental Immunology*, 2009, 156(1): 1-11.  
 [10] Vasantha P V, Puratchikody A, Mathew S T, et al. Development and characterization of Eudragit based mucoadhesive buccal patches of salbutamol sulfate[J]. *Saudi Pharm J*, 2011, 19(4): 207-214.  
 [11] MEHER J G, TARAI M, YADAV N P, et al. Development and characterization of cellulose-polymethacrylate mucoadhesive film for buccal delivery of carvedilol[J]. *Carbohydr Polym*, 2013, 96(1): 172-180.  
 [12] Butbul A Y, Tatour S, Gershoni B R, et al. Colchicine as a therapeutic option in periodic fever, aphthous stomatitis, pharyngitis, cervical adenitis (PFAPA) syndrome[J]. *Semin Arthritis Rheum*, 2016, 45(4): 471-474.

【收稿日期】 2021-09-13 【修回日期】 2022-07-24  
 【本文编辑】 李睿旻

(上接第 495 页)

检测波长等方法未将其去除,故未将其列入检测指标范围内。

3.3 提取方法的选择

常用的挥发油提取方法有水蒸气蒸馏法、超临界 CO<sub>2</sub> 萃取法等。水蒸气蒸馏法是指将药材用水浸泡后,采用直接加热蒸馏或通入水蒸气蒸馏,使挥发油与水共同蒸馏出来后收集馏液,冷却后分离油层的方法。超临界 CO<sub>2</sub> 萃取法是指应用 CO<sub>2</sub> 超临界流体提取植物的挥发油,该方法较水蒸气蒸馏法可以有效防止挥发油中易热解成分的破坏且可以提高产品质量和提高收率。

【参考文献】

[1] 韩霜,冯松浩,马旭伟,等. 中药凝胶贴膏剂的研究进展及在产品开发中的应用[J]. *中草药*, 2018, 49(21): 5197-5204.  
 [2] 杜旌畅,谢晓芳,熊亮,等. 川芎挥发油的化学成分与药理活性研究进展[J]. *中国中药杂志*, 2016, 41(23): 4328-4333.  
 [3] 李馨蕊,刘娟,彭成,等. 红花化学成分及药理活性研究进展[J]. *成都中医药大学学报*, 2021, 44(1): 102-112.

[4] 周璐丽,曾建国. 独活化学成分及药理活性研究进展[J]. *中国现代中药*, 2019, 21(12): 1739-1748.  
 [5] 郭培,郎拥军,张国桃. 羌活化学成分及药理活性研究进展[J]. *中成药*, 2019, 41(10): 2445-2459.  
 [6] 张玉杰,李明春,张华,等. 正交设计法优化鼻渊净胶囊超临界 CO<sub>2</sub> 萃取工艺条件研究[J]. *中国医院药学杂志*, 2016, 36(6): 459-463.  
 [7] 程艳芹,李明春,李晓. 正交设计法优选舒肤爽喷雾剂中挥发油成分的 CO<sub>2</sub> 超临界萃取工艺[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2013, 19(7): 63-65.  
 [8] 席旭东,尹红芳,晋小军,等. 宽叶羌活超临界 CO<sub>2</sub> 流体萃取工艺研究[J]. *药物分析杂志*, 2009, 29(12): 2093-2101.  
 [9] 周和,谭翔匀,冯华,等. 通络止痛胶囊中 4 种成分测定及 HPLC 指纹图谱建立[J]. *中成药*, 2020, 42(8): 1996-2002.  
 [10] 张闯,陈世雨,李葆林,等. 蛇床子配方颗粒 HPLC 指纹图谱研究及 6 种香豆素类成分含量测定[J]. *中草药*, 2020, 51(6): 1530-1536.  
 [11] 覃小燕,胡珍,张花美,等. 蛇床子素药理作用及相关机制研究进展[J]. *天津中医药*, 2018, 35(11): 877-880.  
 [12] 姚丽,冯红玄,霍红,等. 独活活性成分蛇床子素的药理学研究进展[J]. *中华中医药学刊*, 2012, 30(10): 2221-2225.

【收稿日期】 2021-09-18 【修回日期】 2022-01-05  
 【本文编辑】 李春德