

# 清眩丸中5种挥发性成分含量测定气相色谱法的建立<sup>Δ</sup>

刘杰\*, 刘长河, 王艳艳(河南省中医药研究院中药研究所, 郑州 450004)

中图分类号 R917 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2022)17-2097-05

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2022.17.10



**摘要** 目的 建立测定清眩丸中薄荷酮、薄荷脑、胡薄荷酮、胡椒酮和藁本内酯5种挥发性成分含量的方法。方法 以7批清眩丸为检测样品,采用气相色谱法进行测定。气相色谱柱为DB-5石英毛细管柱,载气为氮气,进样口温度为200℃,进样量为1μL,分流比为10:1,程序升温(初始温度100℃保持2min,以5℃/min升温至220℃并保持2min),火焰离子化检测器温度为250℃。结果 薄荷酮、薄荷脑、胡薄荷酮、胡椒酮和藁本内酯与相邻成分色谱峰均达到基线分离;5种成分的线性范围依次为0.008~0.388、0.010~0.527、0.006~0.327、0.006~0.312、0.053~2.672 mg/mL( $r$ 均大于0.999 0);平均加样回收率依次为96.33%(RSD=1.23%, $n=6$ )、96.92%(RSD=1.38%, $n=6$ )、97.53%(RSD=1.81%, $n=6$ )、96.80%(RSD=1.89%, $n=6$ )、95.61%(RSD=0.77%, $n=6$ );5种成分的含量依次为0.009~0.070、0.040~0.157、0.017~0.150、0.008~0.049、0.144~0.932 mg/g。结论 本研究建立的气相色谱法简便、准确,能同时测定清眩丸中5种挥发性成分的含量。

**关键词** 清眩丸;薄荷酮;薄荷脑;胡薄荷酮;胡椒酮;藁本内酯;气相色谱法

## Establishment of gas chromatography for content determination of five volatile components in Qingxuan pills

LIU Jie, LIU Changhe, WANG Yanyan (Institute of Chinese Materia Medica, Henan Academy of Traditional Chinese Medicine, Zhengzhou 450004, China)

**ABSTRACT** **OBJECTIVE** To establish a method for the determination of 5 volatile components as menthone, menthol, pulegone, piperitone and ligustilide in Qingxuan pills. **METHODS** Seven batches of Qingxuan pills were taken as test samples and determined by gas chromatography. The gas chromatographic column was DB-5 silica capillary column, the carrier gas was nitrogen, the inlet temperature was 200 °C. The sample size was 1 μL, and the split ratio was 10 : 1. The temperature was programmed (the initial temperature was kept at 100 °C for 2 min, and then raised to 220 °C at 5 °C/min for 2 min), and the temperature of the flame ionization detector was 250 °C. **RESULTS** The chromatographic peaks of menthone, menthol, pulegone, piperitone and ligustilide reached the baseline separation; the linear ranges of the five components were 0.008-0.388, 0.010-0.527, 0.006-0.327, 0.006-0.312, 0.053-2.672 mg/mL (all  $r > 0.999$  0); the average recoveries were 96.33% (RSD=1.23%,  $n=6$ ), 96.92% (RSD=1.38%,  $n=6$ ), 97.53% (RSD=1.81%,  $n=6$ ), 96.80% (RSD=1.89%,  $n=6$ ) and 95.61% (RSD=0.77%,  $n=6$ ); the contents of the five components were 0.009-0.070, 0.040-0.157, 0.017-0.150, 0.008-0.049 and 0.144-0.932 mg/g, respectively. **CONCLUSIONS** The gas chromatography method established in this study is simple and accurate, which can simultaneously determine the contents of five volatile components in Qingxuan pills.

**KEYWORDS** Qingxuan pills; menthone; menthol; pulegone; piperitone; ligustilide; gas chromatography

清眩丸为2020年版《中国药典》(一部)收载品种,是由薄荷、荆芥穗、川芎、白芷、石膏5味中药加工制成的丸剂,分为大蜜丸和小蜜丸2种规格,具有散风清热之功效,主要用于风热头晕目眩、偏正头痛、鼻塞、牙痛等症状<sup>[1]</sup>。另有研究报道,清眩丸还具有抗菌、消炎、降血压等作用<sup>[2]</sup>。目前,对清眩丸及同处方清眩片成分测定和质量控制的研究包括采用高效液相色谱法<sup>[3-5]</sup>、超高效液相色谱法<sup>[6]</sup>、液相色谱-质谱法<sup>[7]</sup>测定其中1种或多种成分的含量,采用超高效液相色谱法建立清眩丸的指纹图谱<sup>[8]</sup>,采用气相色谱法测定清眩片中薄荷脑的含量<sup>[9]</sup>等。

挥发性成分是清眩丸的重要有效成分,清眩丸中的薄荷含薄荷酮、薄荷脑等成分<sup>[10]</sup>,荆芥穗含胡薄荷酮、胡椒酮等成分<sup>[11-12]</sup>,川芎含藁本内酯、丁烯基醚内酯等成分<sup>[13]</sup>。其中,薄荷酮对内毒素所致炎症模型小鼠有保护作用<sup>[14]</sup>;薄荷脑具有明显的抗肿瘤活性,对人胃癌SGC-7901细胞的增殖有抑制作用<sup>[15]</sup>;胡薄荷酮对二甲苯所致耳廓肿胀模型小鼠、角叉菜胶所致足肿胀模型大鼠和脂多糖所致急性肺损伤模型大鼠的急性炎症均有改善作用<sup>[16]</sup>;胡椒酮有平喘、止咳及抗菌作用<sup>[17]</sup>;藁本内酯可加速药物透过血脑屏障,具有抗凝、抗炎、镇痛、抗氧化、保护神经等药理活性<sup>[18-20]</sup>。2020年版《中国药典》(一部)清眩丸项下质控内容为采用薄层色谱法鉴别川芎和白芷,采用高效液相色谱法测定欧前胡素含量,但

Δ 基金项目 河南省中医药科学研究专项课题(No.2018ZY3070)

\* 第一作者 研究员。研究方向:中药质量控制、中药制剂。电话:0371-66331718。E-mail:renjieliu@sina.com

并未涉及其中挥发性成分的检测。鉴于清眩丸中挥发性成分的重要性,本研究拟建立气相色谱法测定清眩丸中5种挥发性成分(薄荷酮、薄荷脑、胡薄荷酮、胡椒酮和藁本内酯)的含量,旨在更加全面地控制该药的质量。

## 1 材料

### 1.1 主要仪器

Clarus 500型气相色谱仪、火焰离子化检测器(FID)、TotalChrom色谱数据工作站均购自美国Perkin-Elmer公司;SB-5200DT型超声波清洗器购自宁波新芝生物科技股份有限公司;挥发油测定器购自成都蜀牛科技有限公司;AE240型十万分之一电子天平购自瑞士Mettler Toledo公司;气相色谱柱DB-5石英毛细管柱购自美国Agilent公司。

### 1.2 主要药品与试剂

7批清眩丸样品分别购自山西华康药业股份有限公司(批号20210301、20201101)、北京同仁堂制药有限公司同仁堂制药厂(批号18013630、20010024、20010707)和河南润弘本草制药有限公司(批号200702、201103),规格均为每丸重6g。薄荷、荆芥穗、川芎、白芷和石膏饮片均购自张仲景大药房郑州顺河路店,由笔者鉴定均为真品;薄荷脑对照品(批号110728-201707,纯度99.80%)购自中国食品药品检定研究院;薄荷酮对照品(批号PS020152,纯度94.44%)、胡薄荷酮对照品(批号PS012550,纯度99.50%)、胡椒酮对照品(批号PS020565,纯度95.00%)、藁本内酯对照品(批号PS011687,纯度98.00%)均购自成都普思生物科技股份有限公司。其余试剂均为分析纯。

## 2 方法与结果

### 2.1 色谱条件

色谱柱为DB-5石英毛细管柱(30 m×0.32 mm, 0.25 μm);载气为氮气(纯度99.999%);进样口温度为200℃;分流进样,分流比为10:1,进样量为1 μL;程序升温:初始温度为100℃保持2 min,然后以5℃/min升温至220℃并保持2 min;FID温度为250℃;氢气流速为45 mL/min,空气流速为450 mL/min。

### 2.2 溶液的制备

2.2.1 混合对照品贮备液 分别精密称取对照品薄荷酮9.70 mg、薄荷脑13.18 mg、胡薄荷酮8.17 mg、胡椒酮7.80 mg、藁本内酯66.79 mg,置于同一25 mL量瓶中,加乙酸乙酯使溶解并定容,摇匀,即得混合对照品贮备液,其中薄荷酮、薄荷脑、胡薄荷酮、胡椒酮、藁本内酯的质量浓度依次为0.388、0.527、0.327、0.312、2.672 mg/mL。

2.2.2 线性关系考察用混合对照品溶液 分别精密量取上述混合对照品贮备液1、1、1、2、5 mL,分别置于50、25、10、10、10 mL量瓶中,加乙酸乙酯定容,摇匀,即得线性关系考察用混合对照品溶液。5种混合对照品溶液中,各待测成分的质量浓度由低到高依次为:薄荷酮0.008、0.016、0.039、0.078、0.194 mg/mL,薄荷脑0.010、

0.021、0.053、0.105、0.264 mg/mL,胡薄荷酮0.006、0.013、0.033、0.065、0.164 mg/mL,胡椒酮0.006、0.012、0.031、0.062、0.156 mg/mL,藁本内酯0.053、0.107、0.267、0.534、1.336 mg/mL。

2.2.3 清眩丸供试品溶液 取清眩丸(批号20210301),剪碎,取约12 g(相当于2丸),精密称定,置于500 mL烧瓶中,加水200 mL;连接挥发油测定器,自上端加水至超过刻度并溢流入烧瓶时为止;再加入乙酸乙酯4 mL,连接冷凝管,加热回流提取4 h,放冷;由挥发油测定器上端小心吸取乙酸乙酯层,通过铺有少量无水硫酸钠的漏斗滤过,滤液置于10 mL量瓶中;再以乙酸乙酯分次洗涤挥发油测定器和冷凝管,每次约2 mL,洗涤液通过同一漏斗并入量瓶中;加乙酸乙酯定容,摇匀,即得清眩丸供试品溶液。

2.2.4 缺薄荷、缺荆芥穗和缺川芎阴性对照溶液 按处方比例,分别制备缺薄荷、缺荆芥穗、缺川芎的阴性对照样品药材粉末;取上述粉末适量,按处方比例加入蜂蜜辅料,混匀;按“2.2.3”项下方法处理,即得缺薄荷、缺荆芥穗和缺川芎阴性对照溶液。

### 2.3 测定方法及系统适用性考察

按“2.1”项下色谱条件,精密量取混合对照品溶液(薄荷酮、薄荷脑、胡薄荷酮、胡椒酮、藁本内酯的质量浓度依次为0.194、0.264、0.164、0.156、1.336 mg/mL)、清眩丸供试品溶液、缺薄荷阴性对照溶液、缺荆芥穗阴性对照溶液、缺川芎阴性对照溶液各1 μL,依次注入气相色谱仪测定。结果显示,在该色谱条件下,各待测成分峰与相邻峰之间的分离度均大于1.5,5种待测成分的理论板数均大于10 000,色谱图见图1。由图1所示,混合对照品溶液色谱图和清眩丸供试品溶液色谱图中均可见5种待测成分的色谱峰,而在3种缺味阴性对照溶液色谱图中,则分别缺失相应成分的色谱峰(薄荷酮除外),表明其他成分对待测成分无干扰。

### 2.4 线性关系考察

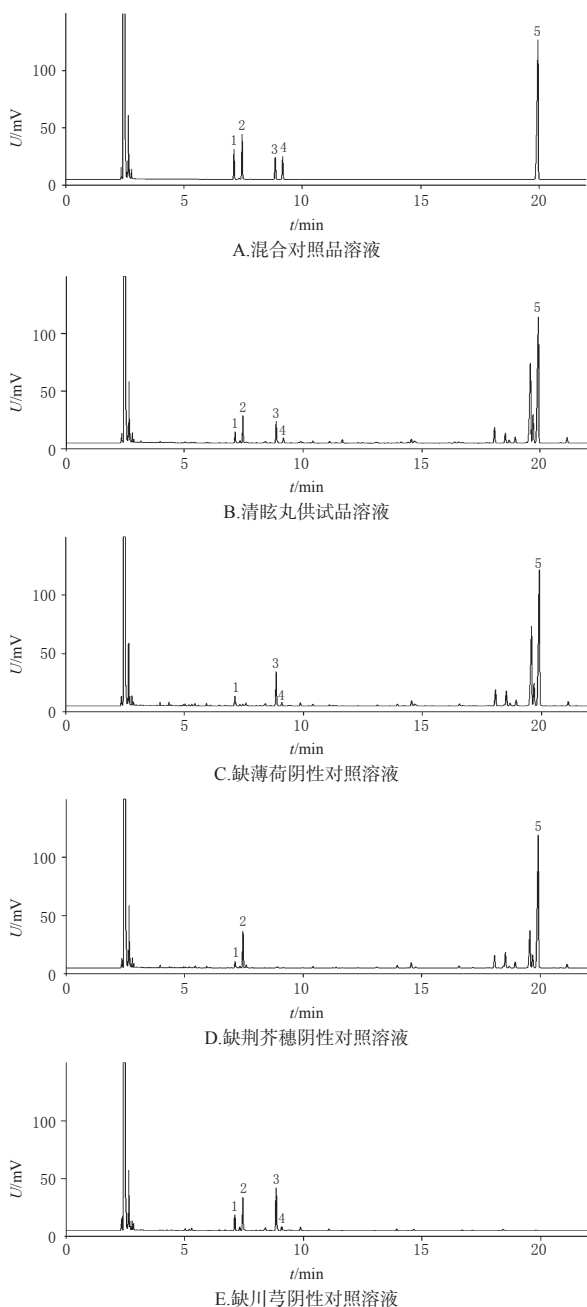
按“2.1”项下色谱条件,分别精密量取线性关系考察用混合对照品溶液及混合对照品贮备液各1 μL进样测定,以成分质量浓度为横坐标(X)、峰面积为纵坐标(Y)进行线性回归,结果见表1。结果表明,5种成分在各自的质量浓度范围内均与其峰面积成良好的线性关系( $r$ 均大于0.999 0)。

### 2.5 定量限和检测限测定

取线性关系考察用最低浓度的混合对照品溶液,逐级稀释并进样测定,以信噪比10:1和3:1时的质量浓度计为各待测成分的定量限和检测限。结果见表1。

### 2.6 精密度试验

取清眩丸(批号20210301)供试品溶液,按“2.1”项下色谱条件连续进样测定6次,记录峰面积。结果显示,薄荷酮、薄荷脑、胡薄荷酮、胡椒酮、藁本内酯色谱峰面积的RSD依次为1.21%、1.23%、0.77%、0.73%、1.16% ( $n=6$ ),表明方法精密度良好。



1:薄荷酮;2:薄荷脑;3:胡薄荷酮;4:胡椒酮;5:藁本内酯

图1 混合对照品溶液、清眩丸供试品溶液和缺味阴性对照溶液的色谱图

表1 清眩丸中5种挥发性成分测定的线性关系考察及定量限、检测限结果

成分	回归方程	r	线性范围/(mg/mL)	定量限/( $\mu$ g/mL)	检测限/( $\mu$ g/mL)
薄荷酮	$Y=294.160.8X-370.2$	0.999 8	0.008~0.388	0.992	0.248
薄荷脑	$Y=342.955.6X-242.9$	0.999 5	0.010~0.527	0.895	0.224
胡薄荷酮	$Y=290.299.7X-241.3$	0.999 8	0.006~0.327	1.160	0.232
胡椒酮	$Y=325.572.7X-153.8$	0.999 9	0.006~0.312	1.052	0.316
藁本内酯	$Y=368.371.3X-8.305.3$	0.999 4	0.053~2.672	1.625	0.406

## 2.7 稳定性试验

取清眩丸(批号20210301)供试品溶液,按“2.1”项下色谱条件分别于0、4、8、12、16、20、24 h时进样测定,记录峰面积。结果显示,薄荷酮、薄荷脑、胡薄荷酮、胡

椒酮、藁本内酯在24 h内峰面积的RSD依次为1.53%、1.27%、1.27%、0.98%、1.58% ( $n=7$ ),表明供试品溶液在24 h内稳定性较好。

## 2.8 重复性试验

取同一批清眩丸(批号20210301)样品,共6份,分别按“2.2.3”项下方法制备供试品溶液,按“2.1”项下色谱条件进样测定,并采用外标法计算5种成分的含量。结果显示,薄荷酮、薄荷脑、胡薄荷酮、胡椒酮、藁本内酯含量的RSD依次为1.19%、1.98%、1.04%、1.21%、1.30% ( $n=6$ ),表明本法重复性良好。

## 2.9 加样回收率试验

取已知含量的清眩丸(批号20210301)样品6份,每份约6 g,置于500 mL烧瓶中,分别精密加入已知质量浓度的混合对照品乙酸乙酯溶液2 mL(薄荷酮、薄荷脑、胡薄荷酮、胡椒酮、藁本内酯质量浓度依次为0.216、0.435、0.472、0.151、2.807 mg/mL),混匀。按“2.2.3”项下方法制备加样回收供试品溶液,按“2.1”项下色谱条件进样测定,计算加样回收率。结果显示,薄荷酮、薄荷脑、胡薄荷酮、胡椒酮、藁本内酯的平均加样回收率依次为96.33%、96.92%、97.53%、96.80%、95.61%,RSD依次为1.23%、1.38%、1.81%、1.89%、0.77% ( $n=6$ ),表明方法准确度良好。结果见表2。

表2 清眩丸中5种挥发性成分的加样回收率试验结果

成分	序号	取样量/g	已知量/mg	加入量/mg	测得量/mg	加样回收率/%	平均加样回收率/%	RSD/%
薄荷酮	1	6.002 2	0.420	0.432	0.831	95.14	96.33	1.23
	2	6.109 8	0.428	0.432	0.854	98.61		
	3	6.101 1	0.427	0.432	0.841	95.83		
	4	5.957 5	0.417	0.432	0.832	96.06		
	5	6.084 3	0.426	0.432	0.842	96.30		
	6	6.071 2	0.425	0.432	0.840	96.06		
薄荷脑	1	6.002 2	0.840	0.870	1.678	96.32	96.92	1.38
	2	6.109 8	0.855	0.870	1.707	97.93		
	3	6.101 1	0.854	0.870	1.688	95.86		
	4	5.957 5	0.834	0.870	1.666	95.63		
	5	6.084 3	0.852	0.870	1.693	96.67		
	6	6.071 2	0.850	0.870	1.712	99.08		
胡薄荷酮	1	6.002 2	0.900	0.944	1.811	96.50	97.53	1.81
	2	6.109 8	0.916	0.944	1.836	97.46		
	3	6.101 1	0.915	0.944	1.862	100.32		
	4	5.957 5	0.894	0.944	1.825	98.62		
	5	6.084 3	0.913	0.944	1.812	95.23		
	6	6.071 2	0.911	0.944	1.827	97.03		
胡椒酮	1	6.002 2	0.294	0.302	0.580	94.70	96.80	1.89
	2	6.109 8	0.299	0.302	0.594	97.68		
	3	6.101 1	0.299	0.302	0.594	97.68		
	4	5.957 5	0.292	0.302	0.578	94.70		
	5	6.084 3	0.298	0.302	0.590	96.69		
	6	6.071 2	0.297	0.302	0.597	99.34		
藁本内酯	1	6.002 2	5.576	5.614	10.989	96.42	95.61	0.77
	2	6.109 8	5.676	5.614	11.091	96.46		
	3	6.101 1	5.668	5.614	11.031	95.53		
	4	5.957 5	5.534	5.614	10.898	95.55		
	5	6.084 3	5.652	5.614	10.961	94.57		
	6	6.071 2	5.640	5.614	10.980	95.12		

## 2.10 样品含量测定

取7批清眩丸样品,剪碎,按“2.2.3”项下方法制备供试品溶液,按“2.1”项下色谱条件进样测定,采用外标法计算。每个样品平行测定2次,取平均值。结果显示,7批样品中薄荷酮、薄荷脑、胡薄荷酮、胡椒酮、藁本内酯的平均含量依次为0.009~0.070、0.040~0.157、0.017~0.150、0.008~0.049、0.144~0.932 mg/g。结果见表3。

表3 7批清眩丸样品中5种挥发性成分的含量测定结果( $n=2$ ,mg/g)

生产厂家	批号	薄荷酮	薄荷脑	胡薄荷酮	胡椒酮	藁本内酯
山西华康药业股份有限公司	20210301	0.070	0.140	0.150	0.049	0.929
	20201101	0.056	0.157	0.126	0.045	0.702
北京同仁堂制药有限公司同仁堂制药厂	18013630	0.034	0.073	0.102	0.015	0.832
	20010024	0.034	0.057	0.088	0.027	0.342
河南润弘本草制药有限公司	20010707	0.030	0.073	0.076	0.022	0.144
	200702	0.009	0.040	0.017	0.008	0.932
	201103	0.021	0.086	0.034	0.013	0.755

## 3 讨论

### 3.1 供试品溶液制备方法的选择

清眩丸中各种挥发性成分的含量差异较大,若用溶剂直接提取制备供试品溶液,含量较低的成分难以被检出,故本研究采用挥发油测定器提取并制备供试品溶液<sup>[1,21]</sup>。挥发油测定器上端加入乙酸乙酯,对比重大(藁本内酯)和比重小的挥发性成分均起到了富集作用。提取完成后,用溶剂分次洗涤冷凝管和挥发油测定器,可减少成分损失。蒸馏法制得的供试品溶液中主要含挥发性成分,可延长色谱柱寿命。

### 3.2 色谱柱的选择

笔者前期选用不同色谱柱测定后发现,采用色谱柱DB-WAX测定时,薄荷脑和胡薄荷酮色谱峰重叠,这可能是由于这2种成分的结构相似,在极性较强的色谱柱上难以分离;采用色谱柱DB-624分析时,色谱基线抬高,且藁本内酯的保留时间延长;而采用色谱柱DB-5分析时,各成分峰分离良好,故本研究选用色谱柱DB-5。

### 3.3 分析条件的选择

笔者前期以不同的柱温(80、100、120、150℃)进行实验,结果各成分难以分离,且高沸点成分的色谱保留时间太长;在程序升温条件下,以不同的初始温度(80、90、100℃)、终点温度(160、200、220℃)及不同的升温速率(2、5、10℃/min)进行对比实验,结果以“2.1”项下色谱条件的分离效果最佳。

### 3.4 主要挥发性成分的归属分析

根据色谱结果,缺薄荷阴性对照溶液色谱中未检出薄荷脑色谱峰,薄荷酮色谱峰亦降低(图1C);缺荆芥穗阴性对照溶液色谱中未检出胡薄荷酮和胡椒酮色谱峰(图1D);而缺川芎阴性对照溶液色谱中未检出藁本内酯色谱峰(图1E)。这表明清眩丸中薄荷脑和薄荷酮主要源自薄荷,胡薄荷酮和胡椒酮主要源自荆芥穗,藁本内酯主要源自川芎,与文献报道基本一致<sup>[10-13]</sup>。

## 3.5 样品含量测定结果的分析

本研究含量测定结果表明,藁本内酯含量最高,薄荷酮、胡椒酮含量较低。同一厂家不同批号样品中5种成分的含量相对稳定,而不同厂家样品中5种成分的含量差异明显,这可能与不同厂家选用的饮片来源、质量及加工工艺不同有关。另外,在2020年版《中国药典》(一部)中,仅薄荷项下有薄荷脑含量规定,而其他药材中挥发性成分的含量均无相应规定,这也可能是造成样品中各药材质量不一、各成分含量存在差异的原因。

综上所述,本研究所建立的气相色谱法简便、准确,能同时测定清眩丸中5种挥发性成分的含量,可更全面地控制其质量。建议在清眩丸的质量标准中增加挥发性成分含量测定项。

## 参考文献

- [1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S]. 2020年版.北京:中国医药科技出版社,2020:1686,1896.
- [2] 陈锐.清眩丸的临床应用[J].中国社区医师,2012,28(15):12.
- [3] 谭生建,狄海涛,卢嘉琪,等. RP-HPLC测定清眩丸中欧前胡素的含量[J].药物分析杂志,1999,19(3):177-178.
- [4] 毛彦杰,岳敏,谷学新,等. HPLC测定清眩丸中欧前胡素的含量[J].中成药,2005,27(5):618-619.
- [5] 赵岳,李广辉.高效液相色谱法同时测定清眩片中欧前胡素、异欧前胡素和阿魏酸的含量[J].北方药学,2017,14(12):2-4.
- [6] 杨林. UPLC法同时测定清眩片中欧前胡素和异欧前胡素的含量[J].中国药房,2016,27(21):2983-2985.
- [7] 许慧君,吉祥,陈钟,等. HPLC-MS同时测定清眩片中7种香豆素类成分的含量[J].中国药学杂志,2011,46(19):1526-1529.
- [8] 马临,洪心洁,唐灵芝,等.清眩丸UPLC指纹图谱研究及化学模式识别[J].中药材,2021,44(1):126-130.
- [9] 阳文武,郭娅,张德伟,等. GC法测定清眩片中薄荷脑的含量[J].药学研究,2014,33(8):444-445.
- [10] 许一鸣,乐巍,桑梦如,等.不同产地薄荷药材商品质量及差异研究[J].中国中药杂志,2017,42(17):3391-3397.
- [11] 李萍,胡爽,白小红,等.中空纤维液相微萃取-高效液相色谱法测定荆芥及其复方制剂中胡薄荷酮的含量[J].中国药房,2021,32(12):1427-1434.
- [12] 刘英男,牛凤菊,辛义周,等.荆芥的化学成分、药理作用及临床应用研究进展[J].中国药房,2020,31(11):1397-1402.
- [13] 刘晓芬,张颖,胡明助,等.川芎挥发性成分的水蒸气蒸馏提取与顶空进样GC-MS分析[J].中国民族民间医药,2020,29(1):44-47,51.
- [14] 王凤,温桃群,徐锋,等.薄荷酮对内毒素致炎症模型小鼠的保护作用研究[J].中国药理学通报,2017,33(2):227-234.
- [15] 苗延青,梁静,刘漫.黄芩苷协调大黄素薄荷醇对胃癌SGC-7901细胞增殖抑制作用的研究[J].山西医药杂志,

- 2019, 48(8):888-890.
- [16] 解宇环,郭沛鑫,缪飞,等.胡薄荷酮对急性炎症动物模型影响的实验研究[J].时珍国医国药,2013,24(6):1344-1346.
- [17] 周家驹,谢桂荣,严新建.中药原植物化学成分手册[M].北京:化学工业出版社,2004:729.
- [18] UTO T, TUNG N H, TANIYAMA R, et al. Anti-inflammatory activity of constituents isolated from aerial part of *Angelica acutiloba* Kitagawa[J]. *Phytother Res*, 2015, 29(12):1956-1963.
- [19] ZHENG Q, TANG Y, HU P Y, et al. The influence and mechanism of ligustilide, senkyunolide I, and senkyunolide A on echinacoside transport through MDCK-MDR1 cells as blood-brain barrier *in vitro* model[J]. *Phytother Res*, 2018, 32(3):426-435.
- [20] 何树苗,陈元堃,曾奥,等.藁本内酯药理作用及机制研究进展[J].广东药科大学学报,2021,37(2):152-156.
- [21] 张志瑞,李喜香,李盛华,等.祛寒逐风颗粒中挥发油提取工艺和包合工艺优化[J].中国药房,2019,30(2):192-196.
- (收稿日期:2022-02-11 修回日期:2022-05-18)  
(编辑:舒安琴)

(上接第2096页)

- [2] 陈鸿平,潘欢欢,张鑫,等. GC-MS结合AMDIS和保留指数研究不同炮制火候麸炒白术挥发性成分动态变化规律[J].中国中药杂志,2016,41(14):2646-2651.
- [3] 张金莲,谢日健,刘明贵,等.不同炮制方法对白术中白术内酯 I, II, III 含量的影响[J].中国实验方剂学杂志,2016,22(21):15-18.
- [4] 范崔生全国名老中医药专家传承工作室.樟树药帮中药传统炮制法经验集成及饮片图鉴[M].上海:上海科学技术出版社,2016:10.
- [5] 龚千锋.樟树中药炮制全书[M].南昌:江西科学技术出版社,1990:59.
- [6] 李滢,陶海燕,杨秀伟.生白术和炒白术挥发油成分的GC-MS分析[J].药物分析杂志,2013,33(7):1210-1217.
- [7] 石晓,黄艳萍. GC-MS分析白术炮制前后化学成分的变化[J].食品与药品,2011,13(1):36-38.
- [8] 王琦,陈鸿平,刘友平,等.土炒对白术挥发油含量及组成的影响[J].中国药业,2014,23(14):17-19.
- [9] 张钰祺,龚千锋.米泔水在中药炮制中的古今应用研究[J].江西中医药,2011,42(4):64-66.
- [10] 曾志,周育妹,沈妙婷,等.3个不同产地白术的挥发性化学成分比较[J].华南师范大学学报(自然科学版),2015,47(5):78-83.
- [11] 潘欢欢,陈美君,刘友平,等. GC-MS结合保留指数分析不同方法提取的白术挥发性成分[J].中药与临床,2017,8(4):21-23,29.
- [12] 郭慧玲,徐梦甜,伍振峰,等.白术热风干燥动力学及其挥发性成分变化规律的研究[J].中国中药杂志,2022,47(4):922-930.
- [13] 黄小方,鄢庆祥,龚鹏飞,等.星点设计-效应面法优选米泔水漂白术炮制工艺[J].中草药,2017,48(1):109-113.
- [14] 姚兆敏,陈卫东,仰忠华,等.白术研究进展及其质量标志物(Q-marker)的预测分析[J].中草药,2019,50(19):4796-4807.
- [15] 陈天阳,张萍,成扬.苍术酮含量测定方法、燥性及药理作用的研究进展[J].中成药,2022,44(6):1902-1905.
- [16] 彭腾,李鸿翔,邓赟,等.白术内酯类成分及其药理作用研究进展[J].中国药房,2012,23(39):3732-3734.
- [17] 陈一竹,杨文龙,郭玲玉,等.白术内酯II抗血小板作用及对血小板中蛋白激酶B磷酸化水平的影响[J].中国医药导报,2016,13(11):18-21,26.
- [18] 陈一竹,杨文龙,郭玲玉,等.白术内酯3抗血小板作用及其机制[J].国际药学研究杂志,2016,43(3):514-517.
- [19] JI Z H, LIU C, ZHAO H, et al. Neuroprotective effect of biatractylenolide against memory impairment in D-galactose-induced aging mice[J]. *J Mol Neurosci*, 2015, 55(3):678-683.
- [20] 胡倩,刘育铖,毛思宇,等.基于网络药理学对白术治疗阿尔茨海默症的机制探讨[J].中南药学,2020,18(3):427-434.
- (收稿日期:2022-04-14 修回日期:2022-07-12)  
(编辑:林 静)