

姜制香薷的炮制工艺优选及其挥发性成分的 HS-GC-MS 分析

张依欣, 龚千锋*, 何雁, 钟凌云, 于欢*, 凡若楠
(江西中医药大学药学院, 计算机学院, 南昌 330004)

[摘要] 目的:优化生姜制香薷的炮制工艺,探讨炮制过程中挥发性成分的变化。方法:采用水蒸气蒸馏法分别提取香薷生品、生姜汁以及姜制香薷中的挥发性成分,采用顶空气相色谱-质谱(HS-GC-MS)联用技术进行分析,气相色谱条件为HP-5MS弹性石英毛细管柱(0.25 mm×30 m,0.25 μm),载气为氦气,流速1.0 mL·min⁻¹,进样口温度250℃,进样量0.2 μL,分流比50:1,升温程序为柱温初始温度40℃,以5℃·min⁻¹升温至60℃,保持2 min,再以5℃·min⁻¹升至160℃,保持3 min,最后以25℃·min⁻¹升至250℃,保持2 min后结束。质谱条件为电子轰击离子源(EI),电子碰撞能量70 eV,离子源温度230℃,接口温度280℃,四极杆温度150℃;溶剂无延迟,电子倍增器电压设定2.188 kV;全扫描模式,扫描范围m/z 35~550。通过检索比对NIST 11标准质谱图谱库,鉴定样品挥发油中化学成分。选择炒制时间、料液比、闷润时间为考察因素,以麝香草酚和香荆芥酚的相对质量分数、挥发性成分数目和挥发油提取量的综合评分为指标,通过正交试验优选姜制香薷的炮制工艺。结果:香薷生品中共检测出27种挥发性成分,辅料生姜中有81种挥发性成分,第1~9组正交试验样品中分别有31,38,29,35,38,33,34,22,26种挥发性成分,挥发油提取量从高到低排序为姜制香薷>生姜>香薷生品。姜制香薷最佳炮制工艺为香薷饮片加等体积生姜汁闷润6 h后炒制8 min。结论:炮制对香薷挥发油提取量与挥发性成分种类均有一定的影响。优选的炮制工艺稳定可行,可为香薷炮制品的质量评价提供实验数据,为阐明该炮制品的炮制机制提供基础数据。

[关键词] 香薷; 生姜汁; 炮制工艺; 顶空进样; 气相色谱; 挥发性成分; 正交试验

[中图分类号] R22;R28;O657;R943.1;G37 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2019)14-0162-06

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.20190955

[网络出版地址] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.r.20190117.0931.005.html>

[网络出版时间] 2019-01-18 14:02

Optimization of Technology of Moslae Herba Processed with Ginger Juice and Analysis of Its Volatile Components by HS-GC-MS

ZHANG Yi-xin, GONG Qian-feng*, HE Yan, ZHONG Ling-yun, YU Huan*, FAN Ruo-nan
(School of Computer Science, School of Pharmacy, Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang 330004, China)

[Abstract] **Objective:** To optimize the processing technology of Moslae Herba processed with ginger juice, and to explore the changes of its volatile components in processing process. **Method:** The volatile components in Moslae Herba, ginger juice and Moslae Herba processed with ginger juice were extracted by steam distillation. Volatile components in these products were analyzed by HS-GC-MS and identified by NIST 11 standard mass spectra library. Gas chromatographic conditions were as following: HP-5MS elastic quartz capillary column (0.25 mm×30 m, 0.25 μm), helium as the carrier gas, flow rate of 1.0 mL·min⁻¹, injector temperature at 250℃, sample quantity of 0.2 μL, split ratio of 50:1, temperature program for initial temperature at 40℃, up to 60℃ with the heating rate at 5℃·min⁻¹, keep 2 min, up to 160℃ with the heating rate at 5℃·min⁻¹, keep

[收稿日期] 20181012(004)

[基金项目] 国家中药标准化项目(ZYBZH-Y-JX-27)

[第一作者] 张依欣,在读硕士,从事中药炮制、饮片质量标准与炮制机制研究,E-mail:453233506@qq.com

[通信作者] *龚千锋,教授,从事中药炮制学研究,E-mail:gongqf2006@163.com;

*于欢,博士,讲师,从事中药炮制学研究,E-mail:416931863@qq.com

3 min, finally rise to 250 °C with the heating rate at 25 °C·min⁻¹, keep it for 2 min and finish, mass spectrometry conditions were as following: electron impact ionization (EI), electron collision energy of 70 eV, ion source temperature at 230 °C, the interface temperature at 280 °C, quadrupole temperature at 150 °C, no delay of solvent, electronic multiplier voltage at 2.188 kV, taking full scan mode, scanning range of *m/z* 35-550. Taking frying time, solid-liquid ratio and moistening time as factors, orthogonal test was adopted to optimize the processing technology with the comprehensive score of relative contents of thymol and carvacrol, number of volatile components and extracting amount of volatile oil as index. **Result:** A total of 27 volatile components were detected in *Moslae Herba*. There were 81 volatile components in *Zingiberis Rhizoma Recens*. The processed products of orthogonal test (No. 1-9) had 31, 38, 29, 35, 38, 33, 34, 22 and 26 volatile components, respectively. Extracting amount of volatile oil was in the order of *Moslae Herba* processed with ginger juice > *Zingiberis Rhizoma Recens* > *Moslae Herba*. The best processing technology was as following: moistening *Moslae Herba* with equal volume of ginger juice for 6 h, stir-frying for 8 min. **Conclusion:** Processing has certain impact on the extracting amount of volatile oil in *Moslae Herba* and the types of volatile components. This optimized technology is stable and feasible, which can provide experimental data for the quality evaluation of processed products of *Moslae Herba*, and lay a foundation for clarifying its processing mechanism.

[**Key words**] *Moslae Herba*; ginger juice; processing technology; headspace injection; gas chromatography; volatile components; orthogonal test

香薷为唇形科植物石香薷或江香薷的干燥地上部分^[1],始载于《名医别录》,性微温,可发汗而解表、化湿和中而解暑、开宣肺气而利水消肿^[2],常用于治疗夏季暑病、风寒等证。挥发油为香薷中主要药用成分,具有较强的广谱抗菌作用,对金黄色葡萄球菌^[3-4]、白色葡萄球菌、志贺氏痢疾杆菌、铜绿假单胞菌等多种菌株均有良好的抑制效果^[5-6]。

香薷作为全草类入药的药材,现代研究在香薷药材炮制工艺方面的实验研究主要以其产地加工一体化与净制、切制等传统炮制工艺为主,尚未见其加辅料炮制的相关研究^[7]。《医学入门》中针对香薷清肺火邪解暑烦首次提出“去梗姜汁炒”^[8],现代研究表明生姜中含有姜醇、姜烯、樟烯、桉油醚、姜辣素等挥发性成分,且姜制发散、姜制温散,理论上生姜汁作为辅料进行炮制后可与香薷发汗解表功能起到协同作用^[9-11]。本实验以《医学入门》中香薷特色炮制方法为依据,选择生姜汁为辅料,通过正交试验优选姜制香薷的炮制工艺,利用顶空气相色谱-质谱(HS-GC-MS)联用技术对挥发性成分进行测定,考察生姜汁对香薷挥发性成分的影响,为传统中药特色炮制的传承与发展提供参考。

1 材料

7890A-5975C 型气相色谱质谱联用仪和 7697A 型顶空进样器(美国 Agilent 公司),SQP 型电子分析天平(北京赛多利斯仪器系统有限公司),24 标口 5 mL 挥发油提取器[四川蜀玻(集团)有限责任公

司],SZ-93A 型自动双重纯水蒸馏器(上海亚荣生化仪器厂)。香薷饮片均购自江西樟树天齐堂中药饮片有限公司,批号 1709005,经江西中医药大学张寿文教授鉴定为唇形科植物江香薷 *Mosla chinensis* 的干燥地上部分;生姜购自广东省佛山市高明区集贸市场,批号 20180701,经江西中医药大学张寿文教授鉴定为姜科植物姜 *Zingiber officinale* 的新鲜根茎。水为实验室自制双蒸水,甲醇为质谱纯,其他试剂均为分析纯。

2 方法与结果

2.1 正交试验分析 称取香薷饮片 40 g,放入 6 号自封袋中,用量筒按一定比例量取常温生姜汁后,倒入自封袋中,将香薷与生姜汁混匀,密封后放置阴凉处闷润至一定时间后进行炒制。香薷为全草类药材,遇液体吸收较快,因此必须倒入生姜汁后快速搅拌,将其充分接触,同时需注意的是炒制温度不得 > 50 °C,以免造成挥发性成分的损失。在预试验基础上,采用 L₉(3⁴) 正交设计建立生姜汁制香薷的特色炮制工艺,选择料液比、闷润时间、炒制时间 3 个因素进行考察,试验安排及结果见表 1。清·王翎在《握灵本草》中注明“香薷,忌火与忌日”^[12]。说明温度、光照等因素可能会影响香薷挥发性成分的含量,故将 9 种姜制香薷样品的挥发油提取量输入 IBM SPSS Statistics 21 软件进行方差分析,见表 2。同时,试验中设置了 2 个对照组(辅料生姜汁、香薷生品)。由直观分析可知,各因素对挥发油提取量

的影响排序为 $A > C > B$ 。方差分析显示因素 A 对姜制香薷炮制工艺具有极显著性影响,因素 B, C 则具有显著性影响,即料液比、闷润时间和炒制时间对姜制香薷的挥发油提取量均有显著性影响,确定最佳炮制工艺组合为 $A_1B_2C_1$ 。

表 1 姜制香薷炮制工艺优选的正交试验分析

Table 1 Orthogonal test analysis on technology of Moslae Herba processed with ginger juice

No.	A 料液比	B 闷润时间 /h	C 炒制时间 /min	D (空白)	挥发油 提取量 /mL
1	1:1	3	5	1	0.51
2	1:1	6	8	2	0.51
3	1:1	9	10	3	0.52
4	1:1.5	3	8	3	0.36
5	1:1.5	6	10	1	0.44
6	1:1.5	9	5	2	0.47
7	1:2	3	10	2	0.39
8	1:2	6	5	3	0.49
9	1:2	9	8	1	0.40

表 2 挥发油提取量的方差分析

Table 2 Variance analysis of extracting amount of volatile oil

方差来源	SS	MS	F	P
A	0.016	0.008	175.75	<0.01
B	0.006	0.003	64.75	<0.05
C	0.007	0.003	76.00	<0.05
D(误差)	8.89×10^{-5}	4.44×10^{-5}		

注: $F_{0.05}(2,2) = 19, F_{0.01}(2,2) = 99$ (表 6 同)。

2.2 样品的制备

2.2.1 生姜汁^[13] 取生姜除去泥沙,洗净切片,待姜片表面干燥后称重,加 5 倍量水煎煮 3 次,每次 30 min,合并煎液,过滤,取续滤液,减压浓缩至生药质量浓度为 $1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$,即得。

2.2.2 挥发油^[14] 采用水蒸气蒸馏法。称取香薷饮片 40 g,平行 9 份,按 2.1 项下方法对 9 份香薷药材进行炮制加工,将各试验品加入圆底烧瓶中,加水 550 mL,按 2015 年版《中国药典》(四部)2204 挥发油提取甲法进行操作,水蒸气蒸馏 6 h,记录总挥发油提取量并收集挥发油,备用。

2.2.3 供试品 由于香薷挥发油相对密度 < 1.0 ($25 \text{ }^\circ\text{C}$),故使用 0.5 mm 毛细管吸取适量上层淡黄色油层液体,平行吸取 3 次,放入气相小瓶中,备用。

2.3 色谱和质谱条件 气相色谱条件为 HP-5MS 弹性石英毛细管柱($0.25 \text{ mm} \times 30 \text{ m}, 0.25 \text{ }\mu\text{m}$),载气为氦气,流速 $1.0 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$,进样口温度 $250 \text{ }^\circ\text{C}$,进样量 $0.2 \text{ }\mu\text{L}$,分流比 50:1,升温程序为柱温初始温度 $40 \text{ }^\circ\text{C}$,以 $5 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 升温至 $60 \text{ }^\circ\text{C}$,保持 2 min,再以 $5 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 升至 $160 \text{ }^\circ\text{C}$,保持 3 min,最后以 $25 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 升至 $250 \text{ }^\circ\text{C}$,保持 2 min 后结束。质谱条件为电子轰击离子源(EI),电子碰撞能量 70 eV,离子源温度 $230 \text{ }^\circ\text{C}$,接口温度 $280 \text{ }^\circ\text{C}$,四极杆温度 $150 \text{ }^\circ\text{C}$;溶剂无延迟,电子倍增器电压设定 2.188 kV;全扫描模式,扫描范围 m/z 35 ~ 550。

2.4 样品分析^[15-18] 利用 GC-MS 对生姜汁制香薷的各炮制品进行分析,通过 NIST 11 数据库检索,参考标准谱图与人工谱图的结合解析,以 90% 以上的匹配度为基础对挥发油成分进行分离与鉴定,最终鉴定了香薷各炮制品中的挥发油成分组成,采用峰面积归一化法测定各主要成分的相对质量分数 ($n = 3$),主要挥发性成分见表 3。

2.5 姜制香薷炮制工艺的综合评价 利用 GC-MS 进行分析,结果发现香薷生品、生姜中的挥发性成分分别有 27 种和 81 种,正交试验样品 1 ~ 9 中所含挥发性成分总数分别为 31, 38, 29, 35, 38, 33, 34, 22, 26 种。在香薷生品检测出的挥发性成分中,除了与姜制香薷的共有成分外,还有桉烯、芳樟醇等,见表 4。表 3 中数据为各挥发性成分的相对质量分数,但挥发性成分的数量也会影响数据的取值,例如试验 8,由于挥发性成分的数目较少,麝香草酚及香荆芥酚等的相对质量分数均高出其他正交试验样品中的数值,若单一以某些挥发性成分的相对质量分数或挥发油总提取量作为评价指标可能会产生较大的试验误差,故拟采用综合评分法进一步优选姜制香薷的炮制工艺。由表 3 可知,各样品中麝香草酚的相对质量分数最高;同时,麝香草酚与香荆芥酚也是 2015 年版《中国药典》中香薷的指标性成分,说明这 2 个成分均宜选作评价指标。综上分析,选择麝香草酚相对质量分数、香荆芥酚相对质量分数、挥发性成分数目和挥发油提取量为综合评价指标,根据表 2 中方差分析显示,各因素对挥发油提取量均有显著性影响,因此根据贡献度,分别赋以 0.1, 0.1, 0.3, 0.5 的权重, $Y = [(Y_1)_i / (Y_1)_{\max}] \times 10 + [(Y_2)_i / (Y_2)_{\max}] \times 10 + [(Y_3)_i / (Y_3)_{\max}] \times 30 + [(Y_4)_i / (Y_4)_{\max}] \times 50$, 式中 $i = 1, 2, 3, \dots, 9$; Y_{\max} 表示各指标的最大值。综合评分结果见表 5, 方差分析见表 6。

表 3 不同姜制香薷中主要挥发性成分的鉴定

Table 3 Identification of main volatile components in different sample of Moslae Herba processed with ginger juice

成分	相对质量分数/%								
	试验 1	试验 2	试验 3	试验 4	试验 5	试验 6	试验 7	试验 8	试验 9
3-异丙基-6-亚甲基-1-环己烯	-	-	0.046	0.041	-	0.038	-	0.068	-
α -侧柏烯	0.083	0.044	0.082	0.109	0.298	0.091	0.068	-	0.045
苯甲醛	0.442	0.577	0.485	0.575	0.701	0.601	0.521	0.102	0.752
月桂烯	1.347	1.307	1.392	2.576	3.343	1.690	1.040	-	1.088
α -水芹烯	0.210	0.198	0.203	0.329	0.402	0.231	0.162	-	0.158
松油烯	2.179	2.136	1.742	3.709	4.356	2.677	1.926	0.123	1.854
邻伞花烃	11.914	11.746	13.101	16.743	18.029	15.735	11.846	0.083	11.645
β -松油烯	0.460	0.450	0.499	0.744	0.968	0.594	0.519	-	0.501
桉叶油醇	0.362	0.083	0.150	0.607	-	0.228	0.299	0.111	0.153
罗勒烯	0.363	0.335	0.375	0.535	0.513	0.363	0.494	-	0.336
γ -松油烯	8.301	8.558	9.222	11.072	11.869	9.606	8.550	0.228	8.195
(1 α ,2 α ,5 α)-2-甲基-5-异丙基-二 环[3.1.0]己烷-2-醇	-	-	0.305	0.256	0.236	0.325	0.324	0.358	-
水合桉烯	-	0.347	0.344	-	-	-	-	-	-
(+)-3-萜烯	-	-	-	-	0.077	0.125	-	-	0.259
3-萜烯	-	-	-	0.056	0.071	0.124	-	-	0.101
萜品油烯	0.277	0.265	0.310	0.337	0.330	0.315	0.288	-	0.266
(-)-4-萜品醇	0.736	0.497	-	0.198	0.297	0.612	0.280	0.935	0.678
麝香草酚	47.871	50.799	49.245	40.555	38.251	45.541	47.490	68.637	50.828
繖柳酮	0.090	0.081	-	-	-	-	0.080	-	-
4-萜烯醇	0.680	0.616	0.661	0.541	0.487	0.655	0.578	0.871	0.714
松油醇	0.078	0.100	-	-	-	-	-	-	-
(3E)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯	-	-	-	0.063	0.065	0.050	0.057	-	-
香荆芥酚	14.587	13.474	13.549	12.507	11.650	12.929	15.209	20.426	14.573
乙酸瑞香[草]酯	1.604	1.475	1.267	0.984	1.045	1.344	1.554	2.002	1.359
香芹酚乙酸酯	0.355	0.292	0.254	0.219	0.214	0.272	0.325	0.388	0.251
β -石竹烯	0.794	0.760	0.812	0.649	0.570	0.844	0.832	1.071	0.824
香柠檬烯	1.084	0.959	0.974	0.825	0.708	1.128	1.161	1.367	0.947
α -律草烯	2.207	2.026	1.956	1.730	1.581	1.994	2.275	2.910	2.022
β -金合欢烯	0.247	0.207	0.173	0.130	0.130	0.190	0.227	0.206	0.158
反式- β -金合欢烯	0.156	-	0.151	0.155	0.125	0.167	0.196	0.301	0.179
姜烯	0.522	0.777	0.425	0.263	-	-	-	-	-
(+)- γ -杜松烯	-	-	0.112	-	0.060	-	0.094	-	-
(S)- β -红没药烯	0.095	0.213	-	-	-	-	0.090	0.102	-
(-)- α -衣兰油烯	0.126	0.120	0.086	0.078	0.077	0.101	0.132	0.155	0.174
β -倍半水芹烯	0.229	0.372	0.144	0.157	0.140	0.194	0.254	0.319	0.176

由直观分析可知,各因素对炮制工艺的影响顺序为 $A > B > C$ 。方差分析表明各因素均对综合评分无显著性影响,确定最佳炮制工艺组合为

$A_1B_2C_1$,结果与 2.1 项下一致。但由表 5 可知,试验 2($A_1B_2C_2$)的综合评分最高,为验证上述 2 个工艺组合的优劣,拟进行验证试验。称取香薷饮片 40 g

表 4 香薷生品中挥发性成分的鉴定

Table 4 Identification of volatile components in Moslae Herba

成分	相对质量 分数/%	成分	相对质量 分数/%
松油烯	0.152	繖柳酮	0.107
邻伞花烃	0.374	麝香草酚	65.028
α -水芹烯	0.089	香荆芥酚	20.642
桉叶油醇	0.194	4-异丙基-3-甲酚	20.324
4-甲基-1-异丙基 二环[3.1.0]己- 2-烯	0.107	乙酸瑞香[草]酯	2.190
桉烯	0.068	香芹酚乙酸酯	0.455
β -倍半水芹烯	0.331	β -石竹烯	1.240
3-异丙基-6-亚甲 基-1-环己烯	0.061	香柠檬烯	1.731
γ -松油烯	0.524	α -律草烯	3.376
水合桉烯	0.326	反式- β -金合欢烯	0.342
4-萜烯醇	0.866	β -金合欢烯	0.236
(-)-4-萜品醇	0.379	(3Z,6E)-3,7,11- 三甲基-1,3,6,10- 四烯	0.739
芳樟醇	0.188	(S)- β -红没药烯	0.090
		(-)- α -衣兰油烯	0.177

表 5 姜制香薷炮制工艺优选的综合评分

Table 5 Comprehensive score for optimizing processing technology of Moslae Herba processed with ginger juice

No.	麝香草酚 相对质量 分数(Y_1) /%	香荆芥酚 相对质量 分数(Y_2) /%	挥发性 成分数 (Y_3)/个	挥发油 提取量 (Y_4)/mL	综合评分 (Y)
1	47.871	14.587	31	0.51	87.628
2	50.799	13.474	38	0.51	93.036
3	49.245	13.549	29	0.52	86.703
4	40.555	12.507	35	0.36	74.279
5	38.251	11.650	38	0.44	83.584
6	45.541	12.929	33	0.47	84.210
7	47.490	15.209	34	0.39	78.707
8	68.637	20.426	22	0.49	84.484
9	50.828	14.573	26	0.40	73.528

表 6 综合评分的方差分析

Table 6 Variance analysis of comprehensive score

方差来源	SS	MS	F	P
A	178.639	89.320	6.806	>0.05
B	79.127	39.563	3.015	>0.05
C	39.971	19.985	1.523	>0.05
D(误差)	26.248	13.124		

($n=3$),按工艺组合 $A_1B_2C_1$ 进行炮制加工,即取香薷饮片质量-生姜汁体积(1:1),闷润 6 h 后炒制 5 min,按 2.2.2 和 2.2.3 项下方法制备样品,按 2.3 项下条件检测分析,结果麝香草酚相对质量分数 64.962%,香荆芥酚相对质量分数 19.760%,挥发性成分数 24 个,挥发油提取量 0.38 mL,此炮制工艺下香薷炮制品挥发油含量较低,挥发性成分数目较少,且总体响应值低于试验 2,故最终选择工艺组合 $A_1B_2C_2$,即香薷饮片质量-生姜汁体积(1:1),闷润时间 6 h,炒制时间 8 min。

3 讨论

在预试验基础上,本实验选用水蒸气蒸馏法提取待测物中挥发性成分,该法能较好地避免水或其他溶剂对挥发性成分提取造成影响,并且还可直观发现各炮制品的挥发油提取量差异,但由于香薷中挥发油含量较低,生姜中亦含有挥发性成分,因此炒制温度不宜过高,故采用低温炒制,控制锅底温度 47 $^{\circ}\text{C}$,以尽量减少温度对挥发性成分造成损失。

正交试验常采用 Minitab 16 或 IBM SPSS Statistics 21 软件进行分析^[19-20],可以高效、便捷的得到主效应或有交互作用的正交试验因素,从而选取最优水平组合。IBM SPSS Statistics 21 作为传统的正交设计软件,方差分析步骤简单、便捷,但在正交设计和极差分析方面,Minitab 16 软件可直接利用其中的田口设计一栏将其呈现,降低了人为操作失误的发生率。Minitab 16 和 IBM SPSS Statistics 21 均可实现正交设计、方差分析、极差分析等一系列统计学过程,将二者联用可更加快速、准确、合理的优选生姜汁制香薷的炮制工艺。

本文研究结果表明,除试验 8 与试验 9 外,与香薷生品相比,其余姜制香薷中挥发性成分数目均有增加,且挥发油总量增长比例并非由辅料用量决定,为排除生姜自身挥发性成分的干扰,以便更好地判断香薷生品炮制前后成分种类及数目的变化,单独提取并测定同批次香薷生品及辅料生姜,结果发现虽然试验 1~3 的生姜汁辅料用量较少,但其炮制品中挥发油提取量却明显高于其他正交试验样品,说明炮制品中挥发油提取量的增高并不是因为辅料生姜汁中挥发油而造成的。提示经生姜汁炮制后,姜制香薷的挥发油提取量及挥发性成分种类较生品均增多,符合中药炮制“增效”原则,后续将通过药理试验研究香薷经生姜汁炮制之后对其发汗或抗菌效果的影响。

[参考文献]

- [1] 苗琦, 方文娟, 张晓毅, 等. 江香薷化学成分及药理作用研究进展[J]. 江西中医药大学学报, 2015, 27(2): 117-120.
- [2] 陈钟文, 吴文茂, 刘华, 等. 药用香薷类植物化学成分的研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(24): 260-264.
- [3] 王锋, 左国营, 韩峻, 等. 20 种清热解毒中草药体外抗金黄色葡萄球菌活性筛选[J]. 中国感染控制杂志, 2013, 12(5): 321-325.
- [4] 李知敏, 孙彦敏, 王妹, 等. 江香薷不同极性提取物的抗菌活性研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(16): 115-116, 120.
- [5] 成彩莲, 彭承秀, 刘爱荣. 石香薷挥发油抗菌作用及治疗急性细菌性痢疾的疗效观察[J]. 同济医科大学学报, 2000, 29(6): 569-571.
- [6] 向平, 娄桂群, 王仕艳, 等. 香薷、野草香挥发油分析及其生物活性评价[J]. 中成药, 2017, 39(9): 1880-1884.
- [7] 孙冬月, 王晓婷, 王馨雅, 等. 香薷传统切制与产地加工炮制一体化比较研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2017, 24(12): 72-76.
- [8] 王孝涛. 历代中药炮制法汇典(古代部分)[M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 1986: 10, 376.
- [9] 孙江伟, 王军. 生姜挥发油研究进展[J]. 中医研究, 2016, 29(2): 75-77.
- [10] 何平平, 钟凌云. 干姜、生姜及其炮制辅料姜汁的研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(6): 219-223.
- [11] 李祖光, 孟微微, 王芳, 等. 超声微波协同水蒸气蒸馏-GC/MS 分析生姜挥发油化学成分[J]. 浙江工业大学学报, 2013, 41(6): 614-619, 645.
- [12] 中医研究院中药研究所. 历代中药炮制资料辑要[M]. 北京: 中医研究院中药研究所, 1973: 5.
- [13] 钟凌云, 谭玲龙, 何平平. 3 种姜汁炮制后厚朴对大鼠胃黏膜损伤的抑制作用[J]. 中成药, 2018, 40(9): 2062-2065.
- [14] 药典国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 四部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 203-204.
- [15] 李佳, 刘红燕, 张永清. 顶空固相微萃取-气质色谱联用技术分析海州香薷与石香薷中挥发性成分[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(16): 118-122.
- [16] 徐小娜, 何小珍, 王永生, 等. GC-MS 联用技术结合 HELP 法分析香薷挥发油化学成分[J]. 应用化工, 2012, 41(6): 1085-1088, 1091.
- [17] 唐晓军, 王改香, 鲍其冷, 等. 岩生香薷挥发油成分的 GC-MS 分析及其功效测试研究[J]. 香料香精化妆品, 2014(6): 32-35.
- [18] 龙冬艳. 顶空进样与气相色谱质谱联用分析香薷花挥发性成分[J]. 山东化工, 2015, 44(14): 76-78.
- [19] 彭爱红. Minitab 软件在有重复试验的正交试验设计中的应用[J]. 集美大学学报: 教育科学版, 2013, 14(1): 111-114.
- [20] 胡志洁. IBM SPSS Statistics 19.0 在挥发油提取工艺优化中的应用[J]. 计算机与应用化学, 2013, 30(4): 418-420.

[责任编辑 刘德文]