

贯叶连翘花中挥发油的提取工艺优选及抑菌活性研究

王燕¹ 张志琪² 徐红颖³ 张爽¹ 王飞娟¹ 苏文香¹

(1. 陕西国际商贸学院 陕西咸阳 712046;

2. 陕西师范大学化学化工学院 药用资源与天然药物化学教育部重点实验室 陕西西安 710062;

3. 内蒙古化工职业学院 内蒙古呼和浩特 010070)

摘要: 采用水蒸气蒸馏法对贯叶连翘花中挥发油进行提取,以挥发油提取率为响应值,通过单因素实验对影响提取工艺的参数(浸泡时间、提取时间和料液比)进行考察,并利用三因素三水平响应曲面实验法确定了贯叶连翘花中挥发油的最优提取工艺,即浸泡时间 19 h,液固比 9:1 mL/g,提取时间 10 h,该条件下贯叶连翘花中挥发油的提取率为 1.03 mL/100 g,与理论值 1.10 mL/100 g 仅相差 2.73%。同时测试了该挥发油的抑菌活性,其对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和枯草芽孢杆菌的抑菌圈直径分别为 9、10、12 mm,表明贯叶连翘花中挥发油有一定的抑菌活性。

关键词: 贯叶连翘花 挥发油 水蒸气蒸馏提取法 响应曲面法 抑菌活性

Extraction and antibacterial activity of volatile oil from *Hypericum perforatum* L. flowers

WANG Yan¹, ZHANG Zhi-qi², XU Hong-ying³, ZHANG Shuang¹, WANG Fei-juan¹, SU Wen-xiang¹

(1. Shaanxi Institute of International Trade & Commerce, Xianyang 712046, China;

2. Key Laboratory of Medicinal Resource and Natural Pharmaceutical Chemistry, Ministry of Education, School of Chemistry and Chemical Engineering, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China;

3. Inner Mongolia Vocational College of Chemical Engineering, Hohhot 010070, China)

Abstract: To study steam distillation extraction technology of volatile oil from *Hypericum perforatum* L. flowers, the type of parameters soaking time, solvent to solid sample ratio and extraction time were investigated in single factor experiments with extraction yield of volatile oil as evaluation index. The best extraction processes were obtained with three factors and three levels of response surface methodology as follows: soaking time 19 h, solvent to solid sample ratio 9:1 mL/g and extraction time 10 h respectively, leading to an extraction yield of volatile oil 1.03 mL/100 g, and the experimental value are basically close to the theoretical expectation value 1.10 mL/100 g, with only 2.73% deviation. Combining with the antibacterial activity tests, the antimicrobial cycle diameter of volatile oil from *Hypericum perforatum* L. flowers were 9, 10, 12 mm for *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis*, which suggested volatile oil from *Hypericum perforatum* L. flowers has a certain antibacterial effect.

Key words: *Hypericum perforatum* L. flowers; volatile oil; steam distillation; response surface method; antibacterial activity

中图分类号: TS201.2

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2017)02-0273-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.02.044

贯叶连翘 (*Hypericum perforatum* L.) 为藤黄科金丝桃属多年生草本植物,药用历史达两千年之久,具有清热利湿、疏肝解郁、抑菌止血等功效^[1-2]。贯叶连翘含有多种活性成分如蒽醌类和黄酮类等,在抗抑郁、镇痛、抗氧化等方面具有广谱的药理活性,研究亦表明金丝桃属植物中挥发油均具有明显的抗菌作用^[3-4],因此贯叶连翘的抑菌等活性疑与含有的挥

发油成分相关。

关于挥发油的提取、分析及应用已成为研究热点^[5],目前已有关于贯叶连翘全草和地上部分挥发油的化学成分和药理作用研究,且不同方法和不同药源挥发油的提取效率、化学组成、含量和药效等有所差异^[6-7]。贯叶连翘花中含有丰富的挥发油,而关于花中挥发油的提取与抑菌活性研究还尚未

收稿日期: 2016-04-18

作者简介: 王燕(1982-) 女,硕士研究生,讲师,主要从事天然药物有效成分方面的研究, E-mail: 370749824@qq.com。

基金项目: 陕西省中医药管理局中医药科学技术研究项目(15ZY034); 陕西国际商贸学院校级课题(SMXY201631); 陕西省教育厅项目(16JK2031); 陕西省级大学生创新创业训练计划项目(2516)。

见报道。

水蒸气蒸馏法具有操作简单、节约成本、产品纯度高及无有机溶剂残留等特点^[8-9],广泛用于挥发油的提取研究。本研究拟采用该方法对贯叶连翘花中挥发油进行提取,结合响应面实验法对工艺过程进行优化,以提高产率;同时对贯叶连翘花中挥发油抑菌活性进行研究,为贯叶连翘花资源在日用、食品、医药、化工等领域的开发提供有力的理论依据和实验基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

贯叶连翘花 购自陕西汉中勉县,经陕西国际商贸学院生药学教研室雷国莲教授鉴定,清洗后晾干、粉碎至40目,避光阴凉处保存,备用;无水乙醚和无水硫酸钠等均为国产分析纯;LB培养基 蛋白胨10g,酵母浸粉5g,NaCl10g,加水至1000mL,固体培养基加入琼脂粉20g,于121℃灭菌20min。

9FZ-15B型多用粉碎机 富强机械制造有限公司;DF-101S型集热式恒温磁力搅拌器 陕西泰康生物科技有限公司;FA2204B型电子分析天平 上海精密科学仪器有限公司;YXQ-LS-50S型立式压力蒸汽灭菌锅 上海讯博实业有限医疗公司。

1.2 实验方法

1.2.1 挥发油的提取方法 称取20g粉碎的贯叶连翘花于合适的圆底烧瓶中,加入一定量的蒸馏水密封,浸泡一定时间后,连接挥发油提取器和冷凝管,置于集热式恒温磁力搅拌器上,于125℃油浴加热一定时间。挥发油提取完全后,以无水乙醚收集挥发油,并加入少量无水硫酸钠(以不结晶为宜),蒸发乙醚可得到一定量亮黄色油状液体,挥发油提取率计算如下:

$$R = V/m \times 100$$

式中,R为挥发油提取率,mL/100g;V:挥发油体积,mL;m:药材质量,g。

1.2.2 挥发油提取的单因素实验

1.2.2.1 浸泡时间的影响 按照1.2.1挥发油提取方法,当液固比为10:1 mL/g,提取时间为12h的条件下,研究不同浸泡时间(6、10、14、18、22、26h)对贯叶连翘花中挥发油提取率的影响。

1.2.2.2 液固比的影响 按照1.2.1挥发油提取方法,当浸泡时间为18h,提取时间为12h的条件下,研究不同液固比(4:1、7:1、10:1、13:1、16:1、19:1 mL/g)对贯叶连翘花中挥发油提取率的影响。

1.2.2.3 提取时间的影响 按照1.2.1挥发油提取方法,当浸泡时间为18h,液固比为10:1 mL/g的条件下,研究不同提取时间(3、6、9、12、15、18h)对贯叶连翘花中挥发油提取率的影响。

1.2.3 响应曲面实验优化 在单因素实验基础上,选取浸泡时间(A)、液固比(B)和提取时间(C)三个因素为影响挥发油提取率的主要因素,以-1、0和1分别表示因素的高中低三个水平。按照响应曲面实验方法(RSM)进行因素水平安排和实验设计,见表1。

1.2.4 挥发油抑菌活性研究 采用滤纸片法初步测

表1 响应曲面实验设计与因素水平

Table 1 Variables and levels of RSM

水平	因素		
	A 浸泡时间 (h)	B 液固比 (mL/g)	C 提取时间 (h)
-1	12	5:1	6
0	18	10:1	9
1	24	15:1	12

定水蒸气蒸馏法提取的贯叶连翘花的挥发油对不同菌种(大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌)的活性,即将菌种接种到液体培养基中振荡培养,至对数生长期时进行计数。取100μL菌悬液于9cm平板上涂布均匀,向平板中央打3mm的孔,向孔内滴加5μL挥发油,对照板加5μL灭菌水,置于培养箱中(37℃,24h)。观察菌种的生长情况并进行数据的记录,测量抑菌圈的直径,重复3次^[10]。

1.3 数据处理

采用Design-Expert 8.0软件对数据进行分析,实验结果以平均值±标准误差(mean±SE)进行表示。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果与分析

2.1.1 浸泡时间对贯叶连翘花挥发油提取率的影响

考察浸泡时间对贯叶连翘花中挥发油提取率的影响,结果见图1。当浸泡时间低于10h时,挥发油提取率相对较低;随着浸泡时间延长至18h时,挥发油提取率呈现明显上升趋势;随后随着时间的增加,挥发油提取率呈现下降趋势。原因可能是刚开始时,药材组织细胞尚未充分膨胀,当浸泡时间达18h时,药材组织细胞膨胀,加速了细胞内外物质交换的速率,促进了挥发油的提取。挥发油得率下降的原因,也可能与实验过程温度较高和实验季节的环境温度偏高,挥发油分子运动速率加快易于散失到空气中相关。因而选18h为合适的浸泡时间。

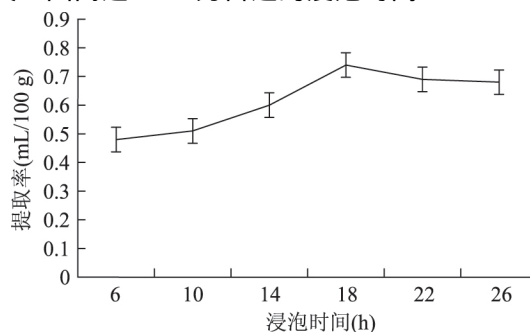


图1 浸泡时间对挥发油提取率的影响

Fig.1 Effect of soaking time on yield of *Hypericum perforatum* L. flowers volatile oil

2.1.2 液固比对贯叶连翘花挥发油提取率的影响

由图2可知,随着液固比的增加,挥发油提取率增大,液固比为10:1 mL/g时提取率最大;当继续增加液固比,挥发油提取率出现明显下降的趋势,即溶剂(水量)的变化对挥发油提取率有一定影响。原因可能为水量少不能充分浸泡药材原料,随着水量的

增加,药材与水充分接触,提取率增加;但当加水量过多,加热时溶液沸腾原料和挥发油沾壁,影响提取效果。因此,最适液固比选为 10:1 mL/g。

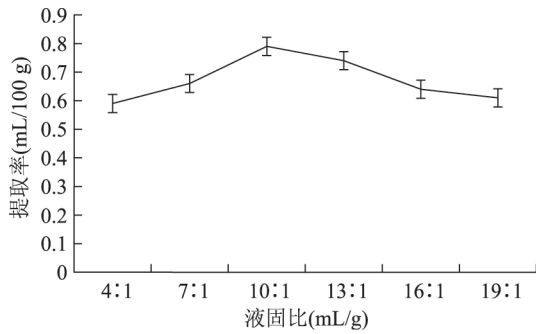


图2 液固比对挥发油提取率的影响

Fig.2 Effect of solvent to material ratio on yield of *Hypericum perforatum* L.flowers volatile oil

2.1.3 提取时间对贯叶连翘花挥发油提取率的影响 从图3可以看出,当提取时间为3~9 h时,贯叶连翘花中挥发油的提取率出现快速增加的趋势,9 h时提取率达到最大值,这与提取刚刚开始时,由于溶剂与物料中挥发油浓度不同导致的扩散驱动力增大有关;当继续延长提取时间,提取率的变化趋势较为平缓,即挥发油基本提取完全,这可能与提取贯叶连翘花中挥发油的过程,溶液体系达到了动态平衡而致挥发油提取率变化不大有关。说明9 h是理想的挥发油提取时间。

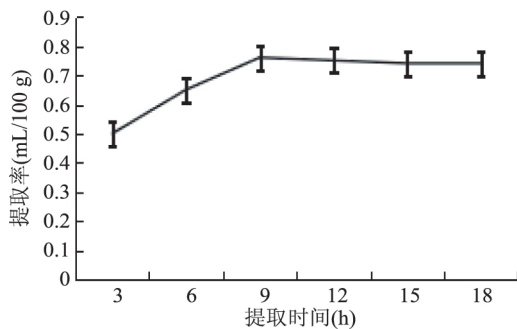


图3 提取时间对挥发油提取率的影响

Fig.3 Effect of extraction time on yield of *Hypericum perforatum* L.flowers volatile oil

2.2 响应曲面优化实验结果与分析

2.2.1 二次回归模型方程的建立及方差分析 以贯叶连翘花中挥发油的提取率为考察指标,在单因素实验基础上,对浸泡时间、液固比和提取时间等三个因素按照响应曲面法三因素三水平,五个中心点的方法,即十七个实验点的实验设计及结果,见表2。

经过拟合的三元二次回归方程为:

$$Y = -2.61125 + 0.093750A + 0.14425B + 0.42792C + 1.25000E-003 AB + 4.30556E-003 AC - 6.66667E-004 BC - 3.95833E-003 A^2 - 8.20000E-003 B^2 - 0.026667C^2$$

二次方程回归模型的方差分析结果见表3。

从表3 方差分析结果可见,模型的 F 值 83.53, p 值远小于 0.01,说明该模型各项拟合良好,是一个有意义的二次回归模型。失拟项 p 值为 0.1299 大于

0.05,表明失拟不显著,即该模型能够较好地描述响应值和各因素的关系。同时,该模型的标准偏差(Std.Dev.)为 2.90%,说明实验误差小,数据间精密度较好;校正系数(R_{Adj}^2)为 0.9789,表明该模型与 97.89%的响应值相吻合,决定系数(R^2)为 0.9908,变异系数(CV) 4.14,均表明该模型拟合较好,可以用该模型对贯叶连翘花中挥发油的提取工艺进行优选。一次项 C、二次项 A^2 、 B^2 和 C^2 和交互项 AC 的影响极显著,而 AB 项的影响为显著。

表2 贯叶连翘花中挥发油提取工艺响应曲面优化实验结果
Table 2 RSM design arrangement and corresponding of volatile oil yield

编号	A	B	C	实验提取率 (mL/100g)	预测提取率 (mL/100g)
1	1	1	0	0.63	0.66
2	0	0	0	0.94	0.97
3	1	0	-1	0.48	0.47
4	0	1	-1	0.48	0.46
5	0	0	0	0.99	0.97
6	-1	0	1	0.54	0.55
7	0	0	0	0.98	0.97
8	0	-1	-1	0.45	0.48
9	0	-1	1	0.59	0.61
10	0	1	1	0.58	0.56
11	-1	0	-1	0.59	0.60
12	-1	-1	0	0.69	0.66
13	1	-1	0	0.63	0.62
14	1	0	1	0.74	0.73
15	-1	1	0	0.54	0.55
16	0	0	0	0.98	0.94
17	0	0	0	0.96	0.97

2.2.2 响应曲面优化结果与分析 根据模型方程绘制的响应曲面图与标准残差曲线等,结果见图4。图4为影响贯叶连翘花中挥发油提取率的因素之间交互作用的关系图,可直观的反映出因素交互作用对提取率的影响大小。图4a中浸泡时间的曲线较为平缓,表明浸泡时间对提取率的影响较弱,液固比较浸泡时间对提取率的影响较强,呈现先上升后减小的趋势,等高线图反映出浸泡时间与液固比交互作用对提取率的影响较为显著,与方差分析结果一致。图4b中浸泡时间的曲线仍比较平缓,但随着提取时间的增加提取率呈现大幅度增加,浸泡时间和提取时间的交互作用极为显著。图4c中,仅液固比对提取率的影响极为显著,提取时间和交互作用对提取率无显著性影响。从图4可获得因素的合理水平范围为:浸泡时间 16~19 h;液固比 8:1~12:1 mL/g;提取时间 8~10 h。

求得得到响应曲面法优化贯叶连翘挥发油提取工艺的条件为:浸泡时间 18.50 h,液固比 9.39:1 mL/g,提取时间 9.83 h,由于实际操作条件的限制,故将参数修订为浸泡时间 19 h,液固比 9:1 mL/g,提取时间 10 h,该条件下贯叶连翘花中挥发油提取率达

表3 响应曲面实验拟合方程的方差分析

Table 3 ANOVA for response surface quadratic model

类别	自由度	平方和	均方	F 值	p 值	显著性
回归模型	9	0.62	0.069	83.52	<0.0001	**
A	1	1.800E-003	1.800E-003	2.18	0.1832	
B	1	2.113E-003	2.113E-003	2.56	0.1536	
C	1	0.025	0.025	30.68	0.0009	**
AB	1	5.625E-003	5.625E-003	6.82	0.0349	*
AC	1	0.024	0.024	29.12	0.0010	**
BC	1	4.000E-004	4.000E-004	0.48	0.5087	
A ²	1	0.085	0.085	103.64	<0.0001	**
B ²	1	0.18	0.18	214.48	<0.0001	**
C ²	1	0.24	0.24	293.97	<0.0001	**
残差	7	5.775E-003	8.250E-004			
失拟项	3	4.175E-003	1.392E-003	3.48	0.1299	
纯误差	4	1.600E-003	4.000E-004			
总和	16	0.63				

注: **表示差异性极显著($p < 0.01$); *表示差异性较为显著($p < 0.05$)。

1.03 mL/100 g, 与理论值 1.10 mL/100 g 仅相差 2.73%。

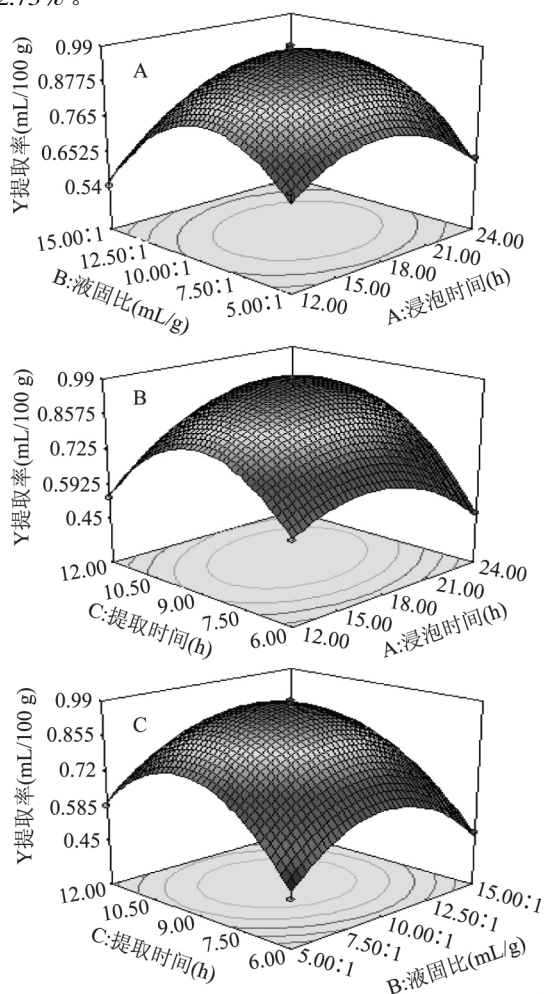


图4 因素交互作用的响应曲面图

Fig.4 Response surface plot for the interactive effects of three factors on *Hypericum perforatum* L. flowers volatile oil yield

2.3 挥发油的抑菌活性研究

抑菌实验发现,加入贯叶连翘花中挥发油的平

板上形成了抑菌圈,其直径大小见表4所示,即该挥发油对供试菌种:金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌和大肠杆菌均有一定的抑制活性,其抑菌活性大小顺序为枯草芽孢杆菌 > 金黄色葡萄球菌 > 大肠杆菌。

表4 贯叶连翘花中挥发油对菌种的抑菌圈直径

Table 4 Antimicrobial cycle diameter of volatile oil from *Hypericum perforatum* L. flowers

	抑菌圈直径(mm)		
	大肠杆菌	金黄色葡萄球菌	枯草芽孢杆菌
挥发油	9 ± 0.30	10 ± 0.32	12 ± 0.28
空白对照	6 ± 0.22	6 ± 0.21	6 ± 0.24

3 结论

本研究采用响应曲面优化法对水蒸气蒸馏法提取贯叶连翘花中挥发油的工艺进行优化,确定的最佳工艺条件为:浸泡时间 19 h,液固比 9:1 mL/g,提取时间 10 h,该条件下挥发油的提取率为 1.03 mL/100 g,与理论值 1.10 mL/100 g 较为接近,则响应曲面实验模型可用于贯叶连翘花中挥发油的提取。贯叶连翘花中挥发油对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和枯草芽孢杆菌实验测试中,其对应的抑菌圈直径分别为 9、10、12 mm,即该挥发油对供试菌有一定的抑制作用,这与挥发油中化合物含有的羟基和不饱和键的存在有关。

贯叶连翘花中挥发油具有潜在的抑菌活性,与挥发油中多成分协同、多靶点作用的有关。进一步对贯叶连翘花中挥发油成分进行分析和鉴定,成为本课题组下阶段研究目标。

参考文献

- [1]吴敏,王霞,许平.贯叶连翘的研究进展[J].中成药,2004,9:74-77.
- [2]传娟娟,李燕.贯叶金丝桃(圣约翰草)的国内外研究概况

(下转第 281 页)

表6 如意草生物碱对供试菌种的最低抑菌浓度(MIC)

Table 6 Minimal inhibitory concentration(MIC) of alkaloids of *Corydalis taliensis* Fr. different strains

供试菌种	如意草生物碱浓度(μg/mL)					对照	MIC
	30	40	50	60	70		
枯草芽孢杆菌	+	-	-	-	-	+++	40
金黄色葡萄球菌	+	-	-	-	-	+++	40
大肠杆菌	++	+	-	-	-	+++	50
沙门氏菌	++	+	-	-	-	+++	50

注: -表示无菌生长; +表示菌生长少; ++表示菌生长较多; +++表示菌生长多。

为1.656%。

3.2 如意草生物碱的抑菌实验结果表明,不同浓度的如意草生物碱对供试的4种细菌,呈现不同的抑制作用。其中,1.07 mg/mL的生物碱对枯草芽孢杆菌的抑制能力最强,其次为大肠杆菌和金黄色葡萄球菌,沙门氏菌的抑菌效果最弱;其中枯草芽孢杆菌和金黄色葡萄球菌的MIC为40 μg/mL,大肠杆菌和沙门氏菌的MIC为50 μg/mL。本实验表明,用超声波提取如意草生物碱的方法可行,具有提取率较高、时间短、温度低等特点,以乙醇为介质对如意草生物碱进行超声波处理,有利于生物碱的提取。另外,此生物碱具有较明显的抑菌活性,从资源利用的角度来看,如意草也具有较大的开发潜力。

参考文献

[1] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草: 藏药卷[M]. 上海科学技术出版社, 2002.
 [2] 吴梅, 朱煜, 李文春, 等. 云南民间草药五味草的生药学研究[J]. 中国药学杂志, 2016(7): 541-543.
 [3] 罗士德, 吴少波. 水如意化学成分的研究[J]. 药学学报, 1982, 17(9): 699-702.
 [4] 魏怀玲, 刘耕陶. 紫堇灵, 乙酰紫堇灵及原阿片碱对小鼠实验性肝损伤的保护作用[J]. 药理学杂志, 1997, 32(5): 331.
 [5] Zheng JF, Qin MJ. Alkaloid constituents and pharmacological activities in plants from genus *Corydalis* DC. [J]. World Notes Plant Med 2007, 22(2): 55-59.
 [6] 王锋鹏. 生物碱化学[M]. 化学工业出版社, 2008.
 [7] 陈玉昆. 生物碱类天然药物的提取及生产工艺[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
 [8] 徐小龙, 邵建国, 刘燕燕, 等. 药用生物碱的应用与分离纯化技术[J]. 食品科学, 2009, 30(15): 238-240.
 [9] 齐仁立, 张慧茹, 崔澜澜. 蒲公英抑菌成分提取工艺的优化[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(17): 5038-5039.
 [10] He ZB, Chen P, PengZY, et al. Effect of corynoline isolate

from *Corydalis bungeana* Turcz on lipopolysarides-induced sepsis *in vivo* and *in vitro* [J]. Trop J Pharm Res 2014, 13(1): 81-86.
 [11] Fu RH, Wang Y C, Liu S P, et al. Acetylcorynoline impairs the maturation of mouse bone marrow-derived dendritic cells via suppression of IκB kinase and mitogen-activated protein kinase activities [J]. PLoS One 2013, 8(3): 1-11.
 [12] 杨春娟, 韩思莹, 梁迪, 等. HPLC测定苦地丁中6种生物碱含量[J]. 哈尔滨医科大学学报, 2014, 48(2): 110-113.
 [13] 马爱瑛. 生物碱的提取与分离[J]. 宁夏师范学院学报, 2006, 27(3): 25-30.
 [14] 李慧, 王剑锋. 北草乌生物碱的超声辅助浸提及含量测定[J]. 大连民族学院学报, 2002, 4(1): 9-12.
 [15] 刘覃, 陈晓青, 蒋新宇, 等. 微波辅助提取龙葵中总生物碱的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2005, 17(1): 65-69.
 [16] 尹爱武, 黄赛金, 罗紫英, 等. 高良姜挥发油抑菌及抗氧化作用研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(19): 112-115.
 [17] 何水平, 李晓静, 罗婵玉, 等. 不同年份白茶抑菌效果研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(14): 164-168, 190.
 [18] 孙长霞, 童应凯, 黄亮, 等. 蒲公英不同溶剂提取物体外抑菌效果的研究[J]. 食品科技, 2012(1): 204-206.
 [19] 刘利本, 平家奇, 高海飞, 等. 蒲公英不同部位提取物体外抑菌作用的比较[J]. 延边大学农学学报, 2010, 32(1): 65-68.
 [20] 梁引库. 巨大型蒲公英根脂溶性成分的抗氧化活性及抑菌实验研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(12): 153-156.
 [21] 张强, 胡维岗, 金新文. 壳聚糖-蒲公英提取物的抑菌活性与稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(20): 150-154.
 [22] National Committee for Clinical Laboratory Standards. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; ninth informational supplement [Z]. NCCLS document M100-S9, 2008, 120-126.
 [23] 陈秀枢, 屠涛. 微量肉汤稀释法测定MIC的评价[J]. 中华医学检验杂志, 1994: 95-98.
 [24] 王玲, 张富宝. 中药大黄提取色素的抑菌作用研究[J]. 食品工业科技, 2000, 21(6): 27-28.

(上接第276页)

[J]. 西北药学杂志, 2016(3): 330-332.
 [3] 谢婷婷, 孙隆儒, 娄红祥, 等. 金丝桃属植物抗菌作用的研究进展[J]. 中药材, 2010(1): 146-149.
 [4] 尹兴斌, 翟玉静, 曹飒丽, 等. 贯叶金丝桃药理作用研究进展[J]. 中华中医药学刊, 2013(8): 1634-1637.
 [5] 任君安, 杨丽娜, 王雁, 等. 响应面分析法优化保加利亚玫瑰挥发油提取工艺[J]. 食品工业科技, 2013(15): 196-200.
 [6] 王燕, 高洁, 崔建强, 等. 陕产贯叶连翘挥发油的提取工艺优化及GC-MS分析[J]. 化学与生物工程, 2016(3): 28-32.

[7] 孙建勋, 杨飞, 王金梅, 等. 固相微萃取-气质联用法分析贵州产贯叶连翘叶挥发性成分[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011(11): 96-99.
 [8] 肖炳坤, 杨建云, 黄荣清, 等. 贯叶金丝桃挥发油成分的GC-MS分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016(11): 64-67.
 [9] 韩胜男, 李妍, 张晓杭, 等. 花椒挥发油的提取工艺优化及抗肿瘤活性分析[J]. 食品科学, 2014(18): 13-16.
 [10] 张晓蓉, 彭光花, 陈功锡, 等. 黄花蒿残渣挥发油化学成分及其抑菌活性分析[J]. 中草药, 2011(12): 2418-2421.