

· 论 著 ·

## 石菖蒲挥发油超临界 CO<sub>2</sub> 萃取及胶体磨法包合工艺的研究

钱一帆<sup>1</sup>, 朱韵韵<sup>1</sup>, 姬珊珊<sup>2</sup>, 马静洁<sup>2\*</sup>, 于清峰<sup>3\*</sup>

(1. 南京中科药业有限公司, 南京 210008; 2. 延边大学药学院药剂学教研室, 吉林延吉 133002; 3. 中国药科大学理学院分析化学教研室, 南京 211198)

**[摘要]** 目的 建立石菖蒲挥发油的萃取及包合工艺。方法 应用  $U_5(5^3)$  均匀设计试验对影响萃取物得率的因素进行考察, 筛选最佳萃取工艺。应用  $L_9(3^4)$  正交设计试验对影响胶体磨法包合效果的因素进行考察, 筛选最佳包合工艺。结果 超临界 CO<sub>2</sub> 萃取工艺参数为萃取压力 30 MPa, 萃取温度 60 °C, 萃取时间 90 min。胶体磨法进行石菖蒲挥发油  $\beta$ -环糊精包合工艺参数为挥发油与  $\beta$ -环糊精的质量比为 1 : 4, 包合时间 20 min, 加水量 4 倍。结论 筛选出的萃取及包合工艺稳定可行。采用超临界 CO<sub>2</sub> 萃取法能够提高萃取物得率; 采用胶体磨法包合石菖蒲挥发油能够提高挥发油稳定性, 有较高的挥发油利用率。

**[关键词]** 石菖蒲挥发油; 超临界 CO<sub>2</sub> 萃取; 胶体磨法;  $\beta$ -环糊精; 均匀设计; 正交设计

**[中图分类号]** R943 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1671-2838(2016)02-0121-05

DOI:10.5428/pcar20160213

### Supercritical CO<sub>2</sub> fluid extraction and colloid mill inclusion methodology of essential oil from *Acorus tatarinowii* Schott

QIAN YiFan<sup>1</sup>, ZHU YunYun<sup>1</sup>, JI ShanShan<sup>2</sup>, MA JingJie<sup>2\*</sup>, YU Qingfeng<sup>3\*</sup> (1. Nanjing Zhongke Pharmacy Co., Ltd., Nanjing 210008, China; 2. Department of Pharmaceutics, College of Pharmacy, Yanbian University, Jilin Yanji 133002, China; 3. Department of Analytical Chemistry, College of Science, China Pharmaceutical University, Nanjing 211198, China)

**[ABSTRACT]** **Objective:** To establish an extraction technology and inclusion method of essential oil from *Acorus tatarinowii* Schott. **Methods:** The  $U_5(5^3)$  uniform design and  $L_9(3^4)$  orthogonal design were used to investigate the influential factors of the yield and inclusion effect, and optimize the extraction technology and inclusion method. **Results:** Optimal supercritical CO<sub>2</sub> fluid extraction parameters were as follows: extraction pressure was 30 MPa, extraction temperature was 60 °C and extraction time was 90 min. The colloid mill inclusion methodology parameters were as follows: the weight ratio of essential oil to  $\beta$ -cyclodextrin( $\beta$ -CD) was 1 : 4, inclusion time was 20 min, water supply was 4-fold. **Conclusion:** The optimized extraction and inclusion methods are reliable and practical. Supercritical CO<sub>2</sub> fluid extraction can increase its extraction rate. The inclusion methodology by colloid mill can improve the stability and utilization of essential oil.

**[KEY WORDS]** essential oil from *Acorus tatarinowii* Schott; supercritical CO<sub>2</sub> fluid extraction; colloid mill method;  $\beta$ -cyclodextrin; uniform design; orthogonal design

[Pharm Care Res, 2016, 16(2): 121-125]

石菖蒲为天南星科植物蒲(*Acorus tatarinowii* Schott)的干燥根茎, 具有芳香化湿、开窍宁神的功效, 属于开窍益智类药物。其挥发油主要含  $\beta$ -细辛醚、 $\alpha$ -细辛醚、 $\gamma$ -细辛醚、肉豆蔻酸等, 还含有糖类、有机酸、氨基酸等成分<sup>[1]</sup>。文献报道<sup>[2,3]</sup>, 石菖蒲挥发油是其镇静、催眠、抗惊厥作用的主要有效成分, 可辅助治疗阿尔茨海默症、癫痫等中枢神经系统疾病, 降低全血低切黏度和血浆黏度, 对心血管系统有明显的保护作用, 并具有增强肠管蠕动、促进胆汁分

泌等消化系统作用。

石菖蒲挥发油提取多以传统的方法, 如水蒸汽蒸馏、微波辅助提取等为主<sup>[4,5]</sup>, 近年亦有超临界 CO<sub>2</sub> 萃取技术提取挥发油的报道<sup>[6,7]</sup>。由于石菖蒲挥发油有刺激性气味以及易挥发的特点, 常采用饱和水溶液法、超声法对其进行  $\beta$ -环糊精包合<sup>[8,9]</sup>。

本研究用超临界 CO<sub>2</sub> 萃取技术结合均匀设计优化最佳萃取工艺参数, 并综合考察胶体磨包合法的包合效果, 筛选最佳包合工艺条件, 以期石菖蒲挥发油的萃取及包合工艺的确定与工业化生产提供参考。

### 1 仪器和试剂

#### 1.1 仪器 HA220-50-06 型超临界流体萃取装置

**作者简介** 钱一帆(男), 高级工程师。

E-mail: qyfzhongke@126.com

\* 通信作者 (Corresponding author): 马静洁, E-mail: jjma@ybu.edu.cn; 于清峰, E-mail: yuqingfeng@cpu.edu.cn

(南通市华安超临界萃取有限公司); TM40 型胶体磨(天津市鑫普机械制造有限公司); SHB-III 循环水式多用真空泵(郑州长城科工贸有限公司); UV-260 紫外分光光度计(日本岛津公司); Diamond 差式扫描量热仪(美国 Perkin-Elmer 公司); DZF-6050 型真空干燥箱(上海博迅实业有限公司医疗设备厂)。

1.2 药品和试剂 石菖蒲购自安徽福春堂中药饮片有限公司, 经江苏省食品药品监督检验研究院董晓平主任药师鉴定为正品。 $\beta$ -环糊精( $\beta$ -CD)购自曲阜市天利药用辅料有限公司(批号 140102); 乙醇、甲醇(分析纯, 江苏强盛功能化学股份有限公司)。

## 2 方法和结果

### 2.1 超临界萃取实验

2.1.1 单因素考察萃取时间 取 300 g 石菖蒲粗粉, 加入 1 L 萃取釜中, 以萃取压力 30 MPa、萃取温度 60 °C 进行超临界萃取, 用具塞锥形瓶每 15 min 接取萃取物, 直至萃取物的重量不再增加为止。实验连续测定了 0~105 min 超临界萃取的累积萃取物重, 在 75 min 时萃取物达到最大值, 90 min 以后萃取物增加不明显。

2.1.2 均匀设计实验筛选超临界萃取工艺条件 在单因素实验基础上, 称取石菖蒲粗粉 300 g, 对萃取的压力、温度、时间进行考察, 以挥发油得率为指标, 选用均匀设计表  $U_5(5^3)$  进行最佳萃取工艺的筛选。因素水平与实验结果见表 1、2。

表 1 均匀设计试验因素水平表

Table 1 The factors and levels of the uniform design

| 水平 | 萃取压力<br>(A, P/MPa) | 萃取温度<br>(B, t/°C) | 萃取时间<br>(C, t/min) |
|----|--------------------|-------------------|--------------------|
| 1  | 22                 | 45                | 75                 |
| 2  | 24                 | 55                | 60                 |
| 3  | 26                 | 40                | 45                 |
| 4  | 28                 | 50                | 30                 |
| 5  | 30                 | 60                | 90                 |

表 2 均匀设计试验方案和结果

Table 2 The uniform design and results

| 序号 | A | B | C | 萃取物得率(%) |
|----|---|---|---|----------|
| 1  | 1 | 2 | 4 | 3.06     |
| 2  | 2 | 4 | 3 | 3.24     |
| 3  | 3 | 1 | 2 | 3.65     |
| 4  | 4 | 3 | 1 | 3.94     |
| 5  | 5 | 5 | 5 | 4.56     |

将以上结果输入 SPSS19.0 软件, 进行逐步回归, 得回归方程:  $y = -0.1327 + 0.194x_1 - 0.007x_2 + 0.005x_3$  ( $x_1$ : 萃取压力,  $x_2$ : 萃取温度,  $x_3$ : 萃取时间,  $y$ : 萃取物得率)。回归方程显著性检验: 检验值  $F_t = 154.2$ , 临界值  $F_{0.10(2,2)} = 9.000$ ,  $F_t > F_{0.10(2,2)}$ , 回归方程显著。相关系数  $R = 0.998$ , 各因素对实验结果影响的大小顺序为  $A > B > C$ , A、C 因素对实验结果影响系数为正数, 应选取最大值, 即 A 因素萃取压力为 30 MPa, C 因素萃取时间为 90 min, B 因素影响系数为负数, 且没有显著性, 按经验选最大值 60 °C。

2.1.3 超临界萃取工艺条件验证实验 称取石菖蒲粗粉 300 g, 选用萃取压力 30 MPa、萃取温度 60 °C、萃取时间 90 min 进行超临界萃取验证实验。结果表明, 萃取物得率与前期筛选实验的数据一致, 萃取物得率为 4.66%~4.71%。

2.1.4 石菖蒲挥发油的密度测定 按照《中华人民共和国药典》2015 年版四部通则 0601 相对密度测定法, 以比重瓶法测得石菖蒲挥发油密度  $\rho = 1.0683$  g/ml。

### 2.2 石菖蒲挥发油 $\beta$ -CD 包合实验

2.2.1 包合条件的优选 用乙醇溶解石菖蒲挥发油(以下简称挥发油), 挥发油与乙醇用量比为 1:1。待挥发油溶解后将其逐滴加入与水混溶的  $\beta$ -CD 溶液中进行包合, 包合结束后, 用具塞锥形瓶接取包合物的混合溶液, 4 °C 条件下静置 12 h 以上, 置布氏漏斗中抽滤, 包合物于 40 °C 真空干燥。以挥发油与  $\beta$ -CD 的质量比、包合时间、加水量( $\beta$ -CD 质量的倍数)为考察因素, 采用正交设计  $L_9(3^4)$  进行实验, 因素水平设置见表 3。

表 3 包合工艺的  $L_9(3^4)$  正交试验因素水平表

Table 3 The factors and levels of the  $L_9(3^4)$

orthogonal design for inclusion method

| 水平 | 挥发油与 $\beta$ -环糊精<br>的质量比(A, m:m) | 包合时间<br>(B, t/min) | 加水量<br>(C, 倍) |
|----|-----------------------------------|--------------------|---------------|
| 1  | 1:4                               | 20                 | 3             |
| 2  | 1:6                               | 30                 | 4             |
| 3  | 1:8                               | 40                 | 5             |

### 2.2.2 石菖蒲挥发油包合物含油率的测定

2.2.2.1 溶液的制备 (1)对照品溶液: 精密量取石菖蒲挥发油, 加甲醇制成 1.0683 mg/ml 的溶液, 即得。(2)供试品溶液: 称取石菖蒲挥发油包合物(以下简称包合物)粉末 0.2 g, 置玻璃离心管中, 加甲醇 30 ml, 超声 30 min 后以 569×g 离心 10 min。上清液转移至 100 ml 容量瓶中, 沉淀加甲醇 30 ml,

继续超声 30 min, 569×g 离心 10 min。将上清液转移至同一 100 ml 容量瓶中, 加甲醇至刻度, 摇匀。精密吸取 0.5 ml 至 10 ml 容量瓶中, 用甲醇定容至刻度, 摇匀, 即得。

2.2.2.2 标准曲线的绘制 精密量取对照品溶液 0.025、0.05、0.1、0.2、0.4 ml, 分别置 10 ml 容量瓶中, 加甲醇至刻度, 摇匀。以甲醇为空白对照, 根据《中华人民共和国药典》2015 年版紫外-可见分光光度法(通则 0401), 在波长 252 nm 处分别测定吸光度(A), 以 A 为纵坐标, 挥发油浓度(c, mg/ml)为横坐标, 绘制标准曲线。得回归方程为:  $A = 27.698c + 0.0062$ ,  $r = 0.9998$ 。挥发油在 0.0026 ~ 0.043 mg/ml 范围内线性关系良好。

2.2.2.3 测定方法 按照 2.2.2.2 项下方法测定 A, 利用标准曲线及如下公式进行计算: 包合物含油率 = [包合物含油量(g)/包合物量(g)] × 100%; 挥发油利用率 = [包合物含油量(g)/挥发油投入量(g)] × 100%。用挥发油利用率和包合物含油率为评价指标, 对正交试验进行数据分析, 结果见表 4。

以挥发油利用率为指标, 极差分析结果为  $A > C > B$ , 即影响包合的因素排列顺序为: 挥发油与  $\beta$ -CD 的质量比 > 加水量 > 包合时间。A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> 为最佳因素水平组合。以 D 项作为误差项, 进一步进行方差分析, 结果表明, 各因素对实验结果的影响均不显著, 最佳的因素组合为 A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, 即挥发油与  $\beta$ -CD 的质量比为 1 : 4, 包合时间 20 min, 加水量 4 倍。

表 4 以挥发油利用率和包合物含油率为指标的综合评分正交试验安排表<sup>a</sup>  
Table 4 The orthogonal design of the composite scores with essential oil utilization rate and oil content of the inclusion as the indicators

| 序号             | 挥发油与 $\beta$ -环糊精的质量比<br>(A, m; m) | 包合时间<br>(B, t/min) | 加水量<br>(C, 倍) | 误差<br>(D) | 挥发油利用率<br>(%) | 包合物含油率<br>(%) | 综合评分  |
|----------------|------------------------------------|--------------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-------|
| 1              | 1                                  | 1                  | 1             | 1         | 88.93         | 21.22         | 99.90 |
| 2              | 1                                  | 2                  | 2             | 2         | 87.52         | 21.44         | 99.15 |
| 3              | 1                                  | 3                  | 3             | 3         | 86.59         | 21.46         | 98.60 |
| 4              | 2                                  | 1                  | 2             | 3         | 86.12         | 15.73         | 96.02 |
| 5              | 2                                  | 2                  | 3             | 1         | 85.18         | 15.85         | 95.51 |
| 6              | 2                                  | 3                  | 1             | 2         | 84.71         | 15.92         | 95.25 |
| 7              | 3                                  | 1                  | 3             | 2         | 83.31         | 14.73         | 93.94 |
| 8              | 3                                  | 2                  | 1             | 3         | 81.91         | 14.82         | 93.13 |
| 9              | 3                                  | 3                  | 2             | 1         | 85.65         | 16.25         | 95.95 |
| 挥发油利用率         |                                    |                    |               |           |               |               |       |
| K <sub>1</sub> | 263.040                            | 258.360            | 255.550       | 259.760   |               |               |       |
| K <sub>2</sub> | 256.010                            | 254.610            | 259.290       | 255.540   |               |               |       |
| K <sub>3</sub> | 250.870                            | 256.950            | 255.080       | 254.620   |               |               |       |
| k <sub>1</sub> | 87.680                             | 86.120             | 85.183        | 86.587    |               |               |       |
| k <sub>2</sub> | 85.337                             | 84.870             | 86.430        | 85.180    |               |               |       |
| k <sub>3</sub> | 83.623                             | 85.650             | 85.027        | 84.873    |               |               |       |
| R              | 4.057                              | 1.250              | 1.403         | 1.713     |               |               |       |
| 包合物含油率         |                                    |                    |               |           |               |               |       |
| K <sub>1</sub> | 64.120                             | 51.680             | 51.960        | 53.320    |               |               |       |
| K <sub>2</sub> | 47.500                             | 52.110             | 53.420        | 52.090    |               |               |       |
| K <sub>3</sub> | 45.800                             | 53.630             | 52.040        | 52.010    |               |               |       |
| k <sub>1</sub> | 21.373                             | 17.227             | 17.320        | 17.773    |               |               |       |
| k <sub>2</sub> | 15.833                             | 17.370             | 17.807        | 17.363    |               |               |       |
| k <sub>3</sub> | 15.267                             | 17.877             | 17.347        | 17.337    |               |               |       |
| R              | 6.107                              | 0.650              | 0.487         | 0.437     |               |               |       |
| 综合评分           |                                    |                    |               |           |               |               |       |
| K <sub>1</sub> | 297.650                            | 289.860            | 288.280       | 291.360   |               |               |       |
| K <sub>2</sub> | 286.780                            | 287.790            | 291.120       | 288.340   |               |               |       |
| K <sub>3</sub> | 283.020                            | 289.800            | 288.050       | 287.750   |               |               |       |
| k <sub>1</sub> | 99.217                             | 96.620             | 96.093        | 97.120    |               |               |       |
| k <sub>2</sub> | 95.593                             | 95.930             | 97.040        | 96.113    |               |               |       |
| k <sub>3</sub> | 94.340                             | 96.600             | 96.017        | 95.917    |               |               |       |
| R              | 4.877                              | 0.690              | 1.023         | 1.203     |               |               |       |

<sup>a</sup>: 表中提供了 9 个试验方案, 如第 6 号试验是 A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>, 即挥发油与  $\beta$ -环糊精的质量比为 1 : 6, 包合时间 40 min, 加水 3 倍量, 依此类推

以包合物含油率为指标,极差分析结果  $A > B > C$ ,即影响包合的因素排列顺序为:挥发油与 $\beta$ -CD的质量比 $>$ 包合时间 $>$ 加水量。以D项作为误差项,进一步进行方差分析,结果表明,A因素对实验结果有显著性影响,其他各因素对实验结果的影响均不显著,最佳的因素组合为 $A_1 B_3 C_2$ ,即挥发油与 $\beta$ -CD的质量比1:4、包合时间40 min、加水量4倍。

为了更客观地评价,用综合评分法寻找最佳工艺,考虑到能够最有效地利用挥发油进行包合,将挥发油利用率的权重定为0.6,包合物含油率的权重定为0.4,综合得分为 $Y = \text{权重} \times (100 - y_{\max} + y_i)$ ,其中 $y_{\max}$ 为挥发油利用率或包合物含油率中的最大值, $y_i$ 为第*i*行的挥发油利用率或包合物含油率。极差分析结果 $A > C > B$ ,即影响包合的因素排列顺序为:挥发油与 $\beta$ -CD的质量比 $>$ 加水量 $>$ 包合时间。 $A_1 B_1 C_2$ 为最佳因素水平组合。以D项作为误差项,进一步进行方差分析,结果见表5。

表5 以综合评分为指标的方差分析表

Table 5 The ANOVA table of the composite scores

| 因素 | 偏差平方和  | 自由度 | 均方     | F值     | 显著性     |
|----|--------|-----|--------|--------|---------|
| A  | 38.481 | 2   | 19.241 | 15.392 | $>0.05$ |
| B  | 0.925  | 2   | 0.463  | 0.370  | $>0.05$ |
| C  | 1.949  | 2   | 0.975  | 0.780  | $>0.05$ |
| 误差 | 2.500  | 2   | 1.250  | 1.000  |         |
| 总和 | 43.856 | 8   |        |        |         |

$$F_{0.05(2,2)} = 19.00$$

由表5可知,各因素对实验结果的影响均不显著,包合最佳因素组合为 $A_1 B_1 C_2$ ,即挥发油与 $\beta$ -CD的质量比为1:4、包合时间20 min、加水量4倍。

2.2.3 挥发油 $\beta$ -CD包合验证实验 将挥发油用等量乙醇溶解后,按照挥发油与 $\beta$ -CD的质量比为1:4、包合时间20 min、加4倍量水的条件下进行挥发油 $\beta$ -CD包合验证实验,结果见表6。

由表6可知,挥发油 $\beta$ -CD包合验证实验结果

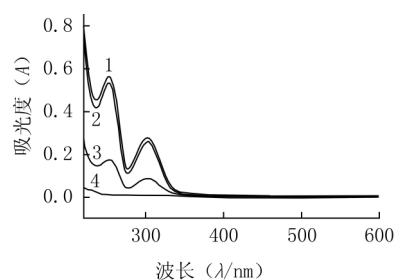
表6 挥发油 $\beta$ -环糊精包合验证实验结果Table 6 Verification results of inclusion test of essential oil with  $\beta$ -cyclodextrin (%)

| 序号 | 挥发油利用率 | 平均挥发油利用率 | 包合物含油率 | 平均包合物含油率 |
|----|--------|----------|--------|----------|
| 1  | 89.39  |          | 21.36  |          |
| 2  | 88.69  | 88.77    | 21.12  | 21.12    |
| 3  | 88.22  |          | 20.88  |          |

与前述实验结果基本吻合,因此将挥发油用等量(体积比)乙醇溶解后,挥发油与 $\beta$ -CD的质量比为1:4、包合时间20 min、加水量4倍( $\beta$ -CD质量的倍数)确定为挥发油 $\beta$ -CD包合的最佳工艺条件。

2.3 包合物的表征 采用紫外分光光度法及差示扫描量热法对包合物表征进行测定。

2.3.1 紫外分光光度法(UV) 分别取 $\beta$ -CD、包合物、挥发油、 $\beta$ -CD与挥发油的物理混合物适量,无水乙醇作溶剂溶解,在190~600 nm范围内进行扫描,扫描图谱见图1。由图1可见,物理混合物与挥发油吸光度(A)基本一致,包合后A明显降低,表明挥发油已被包合。

图1 石菖蒲挥发油、物理混合物、包合物和 $\beta$ -环糊精的紫外光谱图Figure 1 The ultraviolet spectrograms of essential oil from *Acorus tatarinowii* Schott, physical mixture, inclusion and  $\beta$ -cyclodextrin  
1:挥发油;2:物理混合物;3:包合物;4: $\beta$ -环糊精

2.3.2 差式扫描量热法(DSC) 分别取挥发油、挥发油与 $\beta$ -CD物理混合物、包合物和 $\beta$ -CD进行DSC扫描,结果见图2。由图2可知, $\beta$ -CD在79.09~97.4℃处有一吸热峰,热焓值为686.8713 J/g;挥发油分别在48.65~69.66℃和214.40~253.37℃处各有一吸热峰,其热焓值分别为268.9203 J/g和274.0401 J/g;物理混合物分别在79.62~96.23℃和222.37~224.45℃处有吸热峰,其热焓值分别为262.4284 J/g和3.0917 J/g;包合物在54.96~75.22℃处有一吸热峰,其热焓值为290.2744 J/g,与 $\beta$ -CD比较,其吸热峰发生明显位移,且热焓值明显降低;与挥发油和物理混合物比较,其第一个吸热峰位置有一定改变,第二个吸热峰消失,表明形成新的物相,包合成功。

### 3 讨论

本研究用胶体磨法进行石菖蒲挥发油包合工艺研究时,为减少挥发油的挥发,并增加挥发油与 $\beta$ -CD水溶液的溶解性,需要将挥发油溶解于乙醇中再进行包合。通过实验考察,乙醇用量与挥发油体

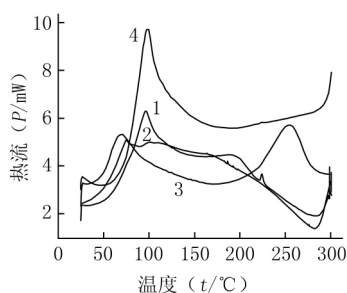


图2 石菖蒲挥发油、物理混合物、包合物和β-环糊精的差式扫描量热图

Figure 2 The differential scanning calorimetry spectrograms of essential oil from *Acorus tatarinowii* Schott, physical mixture, inclusion and β-cyclodextrin  
1: 物理混合物; 2: 包合物; 3: 挥发油; 4: β-环糊精

积比为 1 : 1 时,挥发油可完全溶解。故包合时,用等量乙醇溶解挥发油。

本研究优选的石菖蒲挥发油萃取工艺参数为萃取压力 30 MPa、萃取温度 60 °C、萃取时间 90 min,该工艺得油率可达 4.7% 左右,文献[4,5]中微波法提取石菖蒲挥发油的得率约为 1.2%,水蒸气蒸馏法提取石菖蒲挥发油的得率约为 2.0%。本研究所选工艺与文献[6,7]中用超临界 CO<sub>2</sub> 萃取法获得挥发油的得率基本一致。确定的萃取时间为 90 min,减少了萃取时间和生产成本,对工业化放大生产具有一定的参考价值。

本研究采用胶体磨法对石菖蒲挥发油进行包合,与文献[8,9]报道的饱和水溶液法及超声法相比,其挥发油的利用率更高,可达到 89% 左右,且包合时间更短。

## 【参考文献】

- [1] 陈 俐,廖卫平. 石菖蒲药理作用的实验研究[J]. 广州医学院学报,2002,30(4):75-78.  
CHEN Li, LIAO WeiPing. Experimental study on the pharmacological effects of *Acorus tatarinowii* Schott [J]. Acad J Guangzhou Med Coll, 2002, 30(4): 75-78. In Chinese.
- [2] 吴启端,方永奇,陈奕芝,等. 石菖蒲挥发油及 β-细辛醚对心血管的保护作用[J]. 中药新药与临床药理,2005,16(4):244-247.  
WU QiDuan, FANG YongQi, CHEN YiZhi, et al. Protective effects of volatile oil from *Acorus tatarinowii* Schott and β-asarone on cardiovascular system[J]. Tradit Chin Drug Res Clin Pharmacol, 2005, 16(4): 244-247. In Chinese with English abstract.

- [3] 杨立彬,李树蕾,黄艳智,等. 石菖蒲及其有效成分 α-细辛醚对癫痫幼鼠脑海马神经元凋亡的影响[J]. 中草药,2006,37(8):1196-1199.  
YANG LiBin, LI ShuLei, HUANG YanZhi, et al. Effect of *Acorus gramineus* and its active component α-asarone on apoptosis of hippocampal neurons in epileptic young rats[J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2006, 37(8): 1196-1199. In Chinese with English abstract.
- [4] 李晓明,李成冲,牛英才,等. 正交实验优选石菖蒲挥发油提取工艺[J]. 时珍国医国药,2011,22(4):939-940.  
LI XiaoMing, LI ChengChong, NIU YingCai, et al. Optimization of extraction technology for volatile oil from *Acorus tatarinowii* Schott by orthogonal test[J]. Lishizhen Med Mat Med Res, 2011, 22(4): 939-940. In Chinese with English abstract.
- [5] 焦士龙,褚治德,马一太. 均匀设计法优选微波提取石菖蒲挥发油的工艺研究[J]. 中草药,2007,38(11):1665-1666.  
JIAO ShiLong, CHU ZhiDe, MA YiTai. Optimization of microwave extraction technology for essential oil from *Acorus tatarinowii* Schott by uniform design method[J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2007, 38(11): 1665-1666. In Chinese.
- [6] 李 晶,李和莲,潘 娅,等. 石菖蒲挥发油提取方法的比较研究[J]. 广州化工,2010,38(9):96-97.  
LI Jing, LI HeLian, PAN Ya, et al. Comparative study on different extraction methods of volatile oil from *Acorus gramineus* Rhizoma[J]. Guangzhou Chem Ind, 2010, 38(9): 96-97. In Chinese with English abstract.
- [7] 戴 箭,哈成勇,张镜澄,等. 超临界二氧化碳萃取石菖蒲挥发油[J]. 精细化工,2005,22(5):359-361.  
DAI Jian, HA ChengYong, ZHANG JingCheng, et al. Supercritical fluid extraction of volatile oil from rhizomes of *Acorus gramineus* [J]. Fine Chem, 2005, 22(5): 359-361. In Chinese with English abstract.
- [8] 易 军,李晓芳,苏建湘,等. 超声法制备石菖蒲挥发油 β-环糊精包合物[J]. 时珍国医国药,2006,17(3):381-382.  
YI Jun, LI XiaoFang, SU JianXiang, et al. Experimental study on the preparation of inclusion compound of β-cyclodextrin with volatile oil from *Acorus tatarinowii* Schott naphtha by ultrasonic wave[J]. Lishizhen Med Mat Med Res, 2006, 17(3): 381-382. In Chinese with English abstract.
- [9] 丛 欢,王晓丽,李晓明,等. β-环糊精与石菖蒲挥发油的包合工艺优选[J]. 医学研究杂志,2012,41(7):71-73.  
CONG Huan, WANG XiaoLi, LI XiaoMing, et al. Study on the optimal conditions of inclusion technology for volatile oil from *Acorus tatarinowii* Schott with β-CD[J]. J Med Res, 2012, 41(7): 71-73. In Chinese with English abstract.

[收稿日期] 2015-06-15

[修回日期] 2016-04-07

[本文编辑] 阳凌燕

欢迎作者通过本刊中英文网站投稿！  
网址 : [www.pcarjournal.net.cn](http://www.pcarjournal.net.cn)