

超临界 CO<sub>2</sub> 萃取工艺对蛇床子素的影响

宫竹云, 张高勇\*, 聂永亮, 张晓霞, 谷惠先

(中国日用化学工业研究院, 山西 太原 030001)

**摘要:**目的 研究超临界 CO<sub>2</sub> 萃取蛇床子中有效成分蛇床子素的工艺, 考察工艺参数改变后对蛇床子素量的影响规律。方法 保持分离 I 压力为 5 MPa, 萃取时间为 80 min 和 CO<sub>2</sub> 流速为 18 L/h 不变的情况下, 采用二次回归连贯设计的方法, 对萃取压力、萃取温度、分离 I 压力、分离 I 温度、分离 II 温度这 5 个条件进行优选, 确定最佳工艺参数。结果 最佳工艺条件为: 萃取压力 40 MPa, 萃取温度 40 °C; 分离 I 压力 5 MPa, 分离 I 温度 45 °C; 分离 II 温度 46 °C, 此条件下蛇床子素的量可达 21.08%。结论 本文采用超临界 CO<sub>2</sub> 萃取蛇床子中的有效成分蛇床子素, 工艺条件简单、稳定、可行, 可为以后进行工业生产提供参考。

**关键词:** 蛇床子; 超临界 CO<sub>2</sub>; 蛇床子素; 回归正交设计

**中图分类号:** R284.1; R286.02

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0253-2670(2006)11-1649-01

### Influence of supercritical CO<sub>2</sub> extraction technology on osthol content from fruits of *Cnidium monnieri*

GONG Zhu-yun, ZHANG Gao-yong, NIE Yong-liang, ZHANG Xiao-xia, GU Hui-xian

(China Research Institute of Daily Chemical Industry, Taiyuan 030001, China)

**Key words:** *Cnidium monnieri* (L.) Cuss.; supercritical CO<sub>2</sub>; osthol; regression orthogonal design

蛇床子系伞形科蛇床属植物蛇床 *Cnidium monnieri* (L.) Cuss. 的干燥成熟果实。其有效成分除挥发油外, 主要为蛇床子总香豆素 (total coumarins of Frucuts Cnidii, TCFC), 蛇床子总香豆素里主要含有蛇床子素。蛇床子的超临界 CO<sub>2</sub> 萃取工艺, 日本学者宫地洋<sup>[1]</sup>对台湾蛇床子进行过初步研究, 以中国大陆部分产地的蛇床子为研究对象, 葛发欢等对其挥发性成分<sup>[2]</sup>和有效成分的萃取<sup>[3]</sup>进行过初探, 王永辉等<sup>[4]</sup>进行了萃取压力、萃取时间及 CO<sub>2</sub> 流量对蛇床子素的研究。本文针对超临界 CO<sub>2</sub> 萃取全过程采用二次回归连贯设计法对五因素及其交互作用进行研究, 确定了各因素及其交互作用对蛇床子素的影响规律, 从而得出回归方程, 由此得出最佳工艺参数。

#### 1 材料与仪器

蛇床子购自江苏省姜堰市药材公司, 经鉴定系伞形科蛇床子属植物蛇床 *Cnidium monnieri* (L.) Cuss. 的干燥成熟果实, 粉碎至 120 目备用。CO<sub>2</sub>, 太原天计应用化工有限公司生产, 食品级, 质量分数 99% 以上。蛇床子素对照品购于中国药品生物制品检定所。

HA121-50-01-C 型超临界萃取装置 (采用

一萃二分流程), 由江苏省南通市华安超临界萃取有限公司制造。LC5500 型高效液相色谱仪, UV 检测器 (北京市东西电子科技研究所), ME--2.1 型超声波清洗器 (美国 Metter Electronics 公司)。DF-20 型流水式中药粉碎机 (无锡中银机械制造有限公司)。

#### 2 方法与结果

2.1 超临界 CO<sub>2</sub> 萃取流程: 称取 120 目蛇床子粉末 200 g 放入萃取釜中, 对萃取釜中, 对萃取釜、分离釜 I、分离釜 II、贮罐分别进行加热或冷却, 当达到所选定的温度时开启 CO<sub>2</sub> 瓶, 通过高压泵对系统进行加压, 当系统压力达到所设定的压力时, 开始循环萃取, 保持恒温恒压, 按照计算机设定的取料时间间隔为每 10 min 取一次料, 从分离釜 I 和分离釜 II 出料口中取料。

#### 2.2 蛇床子素的测定

2.2.1 色谱分离条件: 色谱柱为 ODS (十八烷基硅烷) 柱; 流动相为甲醇-水 (8:2); 体积流量为 1 mL/min; 检测波长为 322 nm; 柱温为 35 °C, 进样量 20 μL。

2.2.2 线性关系考察: 精密称取蛇床子素对照品 31.2 mg, 用 95% 乙醇溶解并定容至 100 ml, 得 0.312 mg/mL 的蛇床子素对照品溶液。分别量取上述蛇床子素对照品溶液 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0

收稿日期: 2006-03-08

基金项目: 山西省高级专家项目 (204512)

作者简介: 宫竹云 (1979—), 女, 吉林省吉林市人, 在读硕士研究生, 从事中药的提取、开发工作。Tel: (0351) 2028147

\* 通讯作者 张高勇

mL,置于 6 个 25 mL 量瓶中,用 95%乙醇稀释至刻度。按照上述色谱条件进行分析测定。以峰面积对质量浓度进行线性回归,得回归方程: $Y=2747.47+1.550 \times 10^7 X$ , $r=0.9999$ ,线性范围 6.24~37.44  $\mu\text{g}$ 。

2.2.3 样品测定:用第一溶剂石油醚-醋酸乙酯(85:15)100 mL 润柱(柱子为 100 mL 酸式滴定管,硅胶为粗孔 80~100 目),取 1.0 g 蛇床子超临界  $\text{CO}_2$  提取物,用 5 mL 醋酸乙酯溶解后,倒入润洗好的柱子内,再用第一溶剂 120 mL 润洗,最后用 100 mL 95%乙醇洗脱,收集样品,将溶剂挥干后待测。在上述色谱分离条件下测定,采用外标法计算蛇床子素的质量分数。

2.3 试验设计方案

2.3.1 可变因素的选择:由于蛇床子素的量受萃取釜、两个分离釜工艺条件的影响,因此选择萃取压力( $z_1$ )、萃取温度( $z_2$ )、分离 I 压力( $z_3$ )、分离 I 温度( $z_4$ )、分离 II 温度( $z_5$ )作为因素。

2.3.2 固定因素的选择:由于在超临界  $\text{CO}_2$  萃取工艺中分离 II 压力的选取一般为 5 MPa 左右,此时对提取物纯度和萃出率的影响不大,因此在本实验中选择分离 II 的压力为 5 MPa。当  $\text{CO}_2$  流量增加时,提高了传质速率,增大了萃取能力,缩短了萃取时间,但是, $\text{CO}_2$  流量增大的同时也导致了  $\text{CO}_2$  停留时间缩短,不利于萃取率的提高,当流量减小时,则会出现相反的结果,据文献报道和预试验结果, $\text{CO}_2$  流量对萃取率影响不大,因此设定  $\text{CO}_2$  流量为 18 L/h。萃取时间是超临界  $\text{CO}_2$  萃取工艺中需要考察的因素之一,图 1 为萃取压力为 20 MPa,萃取温度为 40 C,分离 I 压力为 15 MPa,分离 I 温度为 65 C,分离 II 温度为 38 C 对蛇床子提取物总出料量与萃取时间的关系。可以看出,0~30 min 提取物总出料量升高得很快,30~60 min 则升高的比较缓慢,60~80 min 几乎没有增加,但为了避免管道内有残留物对下一批试验造成误差,因此本实验中确定萃取时间为 80 min。

2.3.3 试验设计方案及结果:采用一次回归正交设计,所得出的回归方程经检验:

$F_{11}=(S_{11}/\nu_{11})/(S_R/\nu_R)=3.34 > F_{0.25}(15,4)=2.08$ ,表明方程的置信度仅为 75%, $F_{11}=(S_{11}/\nu_{11})/(S_c/\nu_c)=81 > F_{0.25}(1,3)=2.02$ ,表明方程是失拟的,因此必须对各因素间的非线性关系进行考察。

采用  $L_{16}(2^{15})$  表进行二次回归连贯设计<sup>[5]</sup>,即在一次回归正交设计的基础上再增加 10 次试验。为简化计算,按文献报道方法,对各影响因素进行重新编

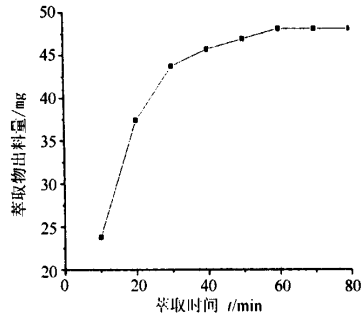


图 1 提取物总出料量与萃取时间的关系  
Fig. 1 Relationship of total export quantities and extracting time

码,各因素编码值见表 1。其中  $z_{ij} = \frac{z_{2j}}{z_{1j}}$ ,  $\Delta_j = \frac{z_{2j} - z_{1j}}{2}$ ,  $z'_{2j} = \frac{(1+r)z_{2j} + (1-r)z_{1j}}{2}$ ,  $z'_{1j} = \frac{(1-r)z_{2j} + (1+r)z_{1j}}{2}$ , $r$  为待定参数, $r=1.719$ (计算方法见 4.1)。 $z_{ij}(0)$  代表零水平试验点; $z_{2j}(+1)$ 、 $z_{1j}(-1)$  代表一次回归正交设计中各因素的最大值点和最小值点, $z'_{2j}(+r)$ 、 $z'_{1j}(-r)$  代表二次回归连贯设计(即一次回归正交设计中的最大值点 1 和最小值点 -1 均扩大  $r$  倍)中各因素的最大值点和最小值点。

表 1 因素编码  
Table 1 Factor codes

$z_j(X_j)$	$z_1$ 萃取 压力/MPa	$z_2$ 萃取 温度/C	$z_3$ 分离 I 压力/MPa	$z_4$ 分离 I 温度/C	$z_5$ 分离 II 温度/C
$z'_{2j}(+r)$	47.19	67.19	18.60	72.19	48.88
$z_{2j}(+1)$	40	60	15	65	46
$z_{0j}(0)$	30	50	10	55	42
$z_{1j}(-1)$	20	40	5	45	38
$z'_{1j}(-r)$	12.81	32.81	1.41	37.81	35.12
$\Delta_j$	10	10	5	10	4
$x_j$	$x_1 = \frac{z_1 - 30}{40}$	$x_2 = \frac{z_2 - 50}{10}$	$x_3 = \frac{z_3 - 10}{5}$	$x_4 = \frac{z_4 - 55}{10}$	$x_5 = \frac{z_5 - 42}{4}$

试验结果见表 2。总的试验次数  $N=m_c+m_r+m_0$ , $m_0$  为零水平重复试验次数(27~30 号试验), $m_c = \frac{1}{2} \times 2^p$  为正交试验次数(1~16 号试验), $m_r = 2^p$  为考察非线性关系试验次数(17~26), $p$  为因素个数。对  $x_j^2$  列进行中心化处理<sup>[5,6]</sup>,即对表 2 中  $r_j^2$  列的第  $i$  次试验的因素编码( $x_{ij}^2$ )进行线性变换:

$$x'_{ij} = x_{ij}^2 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ij}^2, \text{ 其中 } \sum_{i=1}^N x_{ij}^2 = m_c + 2r^2 = 16 + 5.908 = 21.908, r^2 = \frac{\sqrt{Nm_c - m_c}}{2} = 2.954, r \text{ 待定参}$$

数,所以,  $x_{ij}' = x_{ij}^2 - 0.730$ 。表 2 中  $x_1 \sim x_5$  列中的 1, -1, r, -r, 0 分别代表表 1 中各因素在  $z_{2j}(+1)$ ,  $z_{1j}(-1)$ ,  $z_{2j}(+r)$ ,  $z_{1j}(-r)$ ,  $z_{0j}(0)$  时所对应的数值。 $x_1x_2 \sim x_4x_5$  列中的数值中每个因素分别取 1, -1, r, -r, 0 值时相应的乘积。 $x_1 \sim x_5$  列表示将各因素分别取 1, -1, r, -r, 0 时代入到  $x_{ij}^2$  线性变换式中所得的值。

从分析结果看,分离釜 I 提取物中蛇床子素的量均远远高于分离釜 II 中蛇床子素的量,因此为了计算和讨论方便,采用蛇床子素的平均值作为考察对象。

2.3.4 方差分析结果:根据表 2 的试验结果,作方差分析,结果见表 3。

由表 3 可知:在试验研究范围内,对蛇床子素的量率影响最为显著的是:分离 II 温度( $z_5$ )、萃取温度( $z_2$ )和分离 I 温度( $z_4$ )的交互作用、萃取压力( $z_1$ )和分离 I 温度( $z_4$ )的交互作用、萃取温度( $z_2$ )和分离 I 压力( $z_3$ )的交互作用、分离 I 压力( $z_3$ )和分离 I 温度( $z_4$ )的交互作用、萃取压力的非线性关系项( $z_1^2$ )、分

离 I 温度的非线性关系项( $z_4^2$ );较为显著的是:分离 I 压力的非线性关系项( $z_3^2$ )、分离 II 温度的非线性关系项( $z_5^2$ )、分离 I 温度( $z_4$ )、分离 I 温度( $z_4$ )和分离 II 温度( $z_5$ )的交互作用、萃取温度的非线性关系项( $z_2^2$ )、分离 I 压力( $z_3$ )和分离 II 温度( $z_5$ )的交互作用、萃取压力( $z_1$ );有一定影响的是:萃取压力( $z_1$ )和分离 II 温度( $z_5$ )的交互作用。

2.3.5 回归方程显著性检验:由表 2 的试验结果,得回归方程:

$$\begin{aligned} \text{蛇床子素} = & 18.09 + 0.17 x_1 + 0.11 x_2 + 0.99 x_5 - 0.38 x_1x_2 - 0.096 x_1x_3 - 0.63 x_1x_4 + 0.17 x_1x_5 \\ & - 0.52 x_2x_3 + 0.72 x_2x_4 - 0.12 x_2x_5 + 0.49 x_3x_4 - 0.21 x_3x_5 - 0.29 x_4x_5 - 0.46 x_1' - 0.25 x_2' - 0.31 x_3' - 0.39 x_4' - 0.29 x_5' \end{aligned} \quad (1)$$

将表 1 中的各因素编码公式及  $x_j^2$  列中心化处理公式代入方程(1)中,整理得欲求回归方程:

$$\begin{aligned} \text{蛇床子素的质量分数} = & -66.85 + 0.67 z_1 + 0.21 z_2 + 0.73 z_3 + 0.49 z_4 + 2.30 z_5 - 0.0038 z_1z_2 - 0.0019z_1z_3 - 0.0063z_1z_4 + 0.0043z_1z_5 - 0.010 \end{aligned}$$

表 2 试验方案及结果

Table 2 Design and results of test

试验号	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_1x_4$	$x_1x_5$	$x_2x_3$	$x_2x_4$	$x_2x_5$	$x_3x_4$	$x_3x_5$	$x_4x_5$	$x_1^2$	$x_2^2$	$x_3^2$	$x_4^2$	$x_5^2$	蛇床子素/ $\mu$
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	19.33
2	1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	14.91
3	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	17.30
4	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	18.05
5	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	17.80
6	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	18.21
7	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	14.81
8	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	20.95
9	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	18.71
10	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	15.78
11	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	19.48
12	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	18.17
13	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	17.55
14	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	18.46
15	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	18.01
16	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	14.17
17	1	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.22	-0.73	-0.73	-0.73	-0.73	18.78
18	1	-r	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.22	-0.73	-0.73	-0.73	-0.73	17.24
19	1	0	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.73	2.22	-0.73	-0.73	-0.73	18.78
20	1	0	-r	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.73	2.22	-0.73	-0.73	-0.73	18.45
21	1	0	0	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.73	-0.73	2.22	-0.73	-0.73	18.25
22	1	0	0	-r	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.73	-0.73	2.22	-0.73	-0.73	18.65
23	1	0	0	0	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.73	-0.73	-0.73	2.22	-0.73	18.55
24	1	0	0	0	-r	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.73	-0.73	-0.73	2.22	-0.73	17.89
25	1	0	0	0	0	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.73	-0.73	-0.73	-0.73	2.22	18.77
26	1	0	0	0	0	-r	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.73	-0.73	-0.73	-0.73	2.22	18.21
27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.73	-0.73	-0.73	-0.73	-0.73	19.55
28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.73	-0.73	-0.73	-0.73	-0.73	19.05
29	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.73	-0.73	-0.73	-0.73	-0.73	19.49
30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.73	-0.73	-0.73	-0.73	-0.73	19.21

表 3 方差分析结果表

Table 3 Results of variance analysis

方差来源	$D_j$	$B_j$	$b_j$	$S_j$	$F_j$	$P$
$x_0$	30	542.56	18.09	9 814.91	—	—
$x_1$	21.91	3.68	0.17	0.63	11.81	<0.01
$x_2$	21.91	2.34	0.11	0.26	4.88	—
$x_3$	21.91	-0.88	-0.04	0.035	0.66	—
$x_4$	21.91	5.42	0.25	1.36	25.50	<0.01
$x_5$	21.91	21.67	0.99	21.45	402.19	<0.01
$x_1x_2$	16	-6.13	-0.38	2.33	43.69	<0.01
$x_1x_3$	16	-1.53	-0.096	0.15	2.81	—
$x_1x_4$	16	-10.05	-0.63	6.33	118.69	<0.01
$x_1x_5$	16	2.73	0.17	0.46	8.63	<0.05
$x_2x_3$	16	-8.35	-0.52	4.34	81.38	<0.01
$x_2x_4$	16	11.53	0.72	8.30	155.63	<0.01
$x_2x_5$	16	-1.89	-0.12	0.23	4.31	<0.01
$x_3x_4$	16	7.77	0.49	3.81	71.44	<0.01
$x_3x_5$	16	-3.37	-0.21	0.71	13.31	<0.01
$x_4x_5$	16	-4.57	-0.29	1.33	24.94	<0.01
$x_1'$	17.45	-7.98	-0.46	3.67	68.81	<0.01
$x_2'$	17.45	-4.40	-0.25	1.10	20.63	<0.01
$x_3'$	17.45	-5.38	-0.31	1.67	31.31	<0.01
$x_4'$	17.45	-6.74	-0.39	2.63	49.31	<0.01
$x_5'$	17.45	-5.11	-0.29	1.49	27.94	<0.01

$F_{0.05}(1,3)=10.13$   $F_{0.01}(1,3)=34.12$

$z_2z_3 + 0.007 2 z_2z_4 - 0.003 z_2z_5 + 0.009 8 z_3z_4 - 0.011 z_3z_5 - 0.007 3 z_4z_5 - 0.004 6 z_1^2 - 0.002 5 z_2^2 - 0.012 z_3^2 - 0.003 9 z_4^2 - 0.018 z_5^2$  (2)

对回归方程(2)进行显著性检验,得  $F_{\text{回}}/(S_{\text{回}}/f_{\text{回}})/(S_R/f_R)=17.63 > F_{0.01}(20, 9)=4.80$ , 表明方程的置信度为 99%。

$F_{H'} = (S_{H'}/f_{H'})/(S_r/f_r) = 4.47 > F_{0.25}(6, 3) = 2.42$ , 表明方程是失拟的。但由于  $\beta = \frac{S_{H'}}{S} \times 100\% = 2.24\%$  失拟平方和仅占部平方和的 2.24%, 因此可以认为方程基本是不失拟的。

综合考虑各因素之间的影响及交互作用,得到优化的工艺条件:萃取压力 40 MPa, 萃取温度 40

℃;分离 I 压力 5 MPa, 分离 I 温度 45 ℃;分离 II 温度 46 ℃。其计算所得的预测结果为:蛇床子素的质量分数为 22.32%。

2.3.6 回归方程的预测:在上述优化的工艺条件下,蛇床子素的质量分数的优化值的预测区间可以利用  $3\sigma$  规则来确定。因为  $\sigma=0.420$ , 所以,在优化的工艺条件下,其指标真值在  $22.32 \pm 1.26$ , 即 21.06~23.58, 此时置信度为 99%。

2.3.7 验证试验:依照最优的工艺条件,进行验证试验见表 4。结果与回归方程预测结果基本接近,表明该工艺稳定可行。

表 4 验证试验结果

Table 4 Results of verification tests

No.	试验值/%	预测值/%
1	20.95	
2	21.23	22.32
3	21.05	

References:

- [1] Miyaji S, Yamamoto H. Study of supercritical extraction on the members of medicinal materials [J]. *Pharm J*, 1987, 107 (5): 367-369.
- [2] Wang H B, Ge F H, Li J, et al. Study of supercritical CO<sub>2</sub> extraction on the volatiles from fruits of *Cnidium monnieri* (L.) Cusson [J]. *J Chin Med Mater* (中药材), 1996, 19 (2): 84-85.
- [3] Ge F H, Li J, Huang X F, et al. Study the technology of supercritical CO<sub>2</sub> extraction on the extractives from fruits of *Cnidium monnieri* (L.) Cusson [J]. *J Chin Med Mater* (中药材), 2001, 24 (8): 570-571.
- [4] Wang Y H, Zhang R, Li Y Y, et al. Experimental study on orthogonal design for supercritical fluid extraction (SFE) process of *Cnidium* fruit [J]. *Shanxi J Tradit Chin Med* (山西中医), 2005, 21 (3): 51-52.
- [5] Ren L Q. *Experimental Optimum Technique* (试验优化技术) [M]. Beijing: Mechanical Industry Publishing House, 1987.
- [6] Probability Statistics Educational Research Group, Math Department, Shanghai Normal University. *The Regression Analysis and Its Experiments Design* (回归分析及其试验设计) [M]. Shanghai: Shanghai Education Publishing House, 1978.

## 补骨脂炮制前后补骨脂素和异补骨脂素的变化

郭晏华, 罗志冬, 贾天柱

(辽宁中医药大学药学院, 辽宁 沈阳 110032)

摘要:目的 比较补骨脂炮制前后补骨脂素和异补骨脂素的变化。方法 采用雷公法、盐炙法对 19 个不同来源的补骨脂药材进行了炮制。通过 HPLC 梯度洗脱测定补骨脂炮制前后的补骨脂素和异补骨脂素的量。结果 盐炙法有利于提高脂溶性化合物的总量,而雷公法提高了补骨脂素和异补骨脂素的量。结论 雷公法和盐炙法使补骨

收稿日期:2006-03-07

基金项目:辽宁省自然科学基金资助项目(20052561)

作者简介:郭晏华(1962—),女,湖南省湘潭市人,副教授,在读博士,从事中药质量分析的科研及有机化学的教学工作。

Tel:(024)86870908 E-mail:guoyanhua@sina.com