

# 丹参酮和丹参酚酸的同步提取分离纯化工艺研究

秦翠林<sup>1,2</sup>, 刘玉红<sup>2</sup>, 黄志芳<sup>2</sup>, 刘云华<sup>2</sup>, 陈燕<sup>2</sup>, 杨昌林<sup>2</sup>, 易进海<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>成都中医药大学药学院, 成都 611137; <sup>2</sup>四川省中医药科学院, 成都 610041

**摘要:** 本研究丹参中丹参酮和丹参酚酸同步提取分离纯化工艺条件。以丹参酮 II A 和丹酚酸 B 的含量为综合评价指标, 应用正交试验设计, 考察乙醇浓度、渗漉液体积和渗漉速度对提取效果的影响; 采用单因素实验对大孔树脂型号、上样液 pH 值、乙醇浓度、洗脱剂用量等进行考察, 最终确定了提取分离纯化工艺为: 丹参粉碎过 10 目筛, 用 80% 乙醇以 4 mL/(min · kg) 的速度渗漉, 收集 10 倍量的渗漉液, 回收乙醇, 加水稀释至 0.5 g/mL 生药, 用盐酸调节 pH 值 3.0, 过滤, 即得丹参酮提取物。滤液上 HPD100 大孔吸附树脂柱, 2 BV 水洗, 50% 乙醇 3 BV 洗脱, 收集洗脱液, 即得丹参酚酸提取物。结果表明优化后提取分离效果好, 提取物中丹参酮 II A 和丹酚酸 B 的含量及提取率高, 该工艺操作简便、易行、稳定性好, 适合在生产中推广应用。

**关键词:** 提取工艺; 分离纯化工艺; 丹参酮 II A; 丹酚酸 B

中图分类号: R284.2

文献标识码: A

## Simultaneous Extraction and Purification of Tanshinone and Salvianolic acid from *Salvia miltiorrhiza* Bge.

QIN Cui-lin<sup>1,2</sup>, LIU Yu-hong<sup>2</sup>, HUANG Zhi-fang<sup>2</sup>, LIU Yun-hua<sup>2</sup>, CHEN Yan<sup>2</sup>, YANG Chang-lin<sup>2</sup>, YI Jin-hai<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Pharmaceutical College, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 611137, China;

<sup>2</sup>Sichuan Academy of Chinese Medicine Sciences, Chengdu 610041, China

**Abstract:** Simultaneous extraction and purification technology of tanshinone and salvianolic acid was investigated in this work. With the contents of tanshinone II A and salvianolic acid B as evaluation indexes, the effects of ethanol concentration, ethanol volume and percolation rate on extraction of tanshinone II A and salvianolic acid B were investigated by orthogonal test. Types of macroporous resin, pH of sample solution, volume of eluent and ethanol concentration were observed by single factor experiments. The optimized extraction process were as follows: sample of *Salvia miltiorrhiza* Bge. was crushed and filtered through 10 mesh sieve, percolated with 80% ethanol at 4 mL/(min · kg), collected 10 times amount of percolating liquid, recovered ethanol, diluted the solution to 0.5 g/mL of crude drug with water, adjusted pH to 3.0 by HCl, filtrated and got tanshinone. The sample solution was purified with HPD100 macroporous adsorption resin, washed with 2 BV of water, then eluted with 3 BV of 50% ethanol. The eluent was collected and got salvianolic acid. Under the optimized extraction and purification processes, good separation and high contents of tanshinone IIA and salianolic acid B was achieved. The developed process was simple, stable and reliable. It can be applied in large scale production.

**Key words:** extraction technology; separation and purification technology; tanshinone II A; salvianolic acid B

丹参为唇形科植物丹参 (*Salvia miltiorrhiza* Bge.) 的干燥根及根茎, 主要含有脂溶性成分丹参酮和水溶性成分丹参酚酸。丹参酮具有抗肿瘤、抗菌消炎、抗氧化作用, 特别是对心血管系统和神经系统有较强的药理活性<sup>[1,2]</sup>, 其主要代表性有效成分为丹参酮 II A。丹参酚酸主要具有抑制细胞内源性

胆固醇合成、防止脂质沉积和动脉粥样硬化斑块, 对肝肾等具有较好的保护作用<sup>[2-5]</sup>, 其主要代表性有效成分为丹酚酸 B。中国药典 2010 年版一部亦是以丹参酮 II A、丹酚酸 B 作为含测指标来控制 and 评价丹参药材的质量。丹参为中成药的常用原料药材, 其提取方法有: 单用水或不同浓度的乙醇回流提取<sup>[6,7]</sup>, 不能较好地同时提取完全丹参酮和丹参酚酸两类有效成分, 或用水和乙醇分两步交替提取<sup>[8,9]</sup>, 能较好地提取完全丹参酮和丹参酚酸成分,

但生产工艺复杂,溶媒用量较大,生产效率低。为此,本文采用一步渗漉法同时提取完全丹参酮和丹参酚酸两类有效成分,该方法简便可行,显著减少溶媒用量,节能降耗;渗漉液回收除尽乙醇,即沉淀析出丹参酮有效成分,水溶液经大孔吸附树脂法进一步分离纯化,得到丹参酚酸有效部位,且丹酚酸 B 含量明显高于文献<sup>[10-12]</sup>报道的常规方法。本文的提取、纯化方法适合于工业化大生产,进一步促进了丹参有效成分的综合利用,亦为含丹参的中成药制剂的提取纯化提供参考方法。

## 1 材料与仪器

### 1.1 材料与试剂

丹参购自四川省中药材饮片有限公司,经鉴定为唇形科植物丹参 *Salvia miltiorrhiza* Bge. 的干燥根和根茎的切片;丹参酮 II A 标准品(批号:110766-200619)及丹酚酸 B 标准品(批号:11152-201212)均购自中国食品药品检定研究院;各种型号大孔吸附树脂:沧州宝恩吸附材料科技有限公司;除超高效液相所用为色谱纯外,水为超纯水,其它试剂均为分

析纯。

### 1.2 仪器

Waters ACQUITY 超高效液相色谱仪(美国 WATERS 公司);KQ-100 超声波清洗仪(昆山市超声仪器有限公司);AUW220D 型 1/10 万电子天平(日本岛津);RE-5220 旋转蒸发器(上海雅荣生化设备仪器有限公司);Milli-Q Integral 3 超纯水机(美国 Millipore)。

## 2 方法与结果

### 2.1 正交试验设计

以渗漉液中丹参酮 II A 和丹酚酸 B 的含量为综合评价指标,采用四因素三水平进行正交试验,研究影响提取效果的关键因素:乙醇浓度(A)、渗漉液体积(B)和渗漉速度(C),筛选最佳提取条件。按  $L_9(3)^4$  正交试验表 1 和表 2 的设计方案,称取 9 份 400 g 丹参粗粉(过 10 目筛),加适量乙醇浸润,溶胀 2 h,装入渗漉筒,加乙醇浸渍 3 h 后,开始渗漉,收集渗漉液,备用。

表 1 因素水平表

Table 1 Factors and levels of the orthogonal design

水平 Levels	乙醇浓度	乙醇用量	渗漉速度	空白 Blank D
	Ethanol concentration (%) A	Amount of ethanol(倍) B	Percolation rate(mL/min · kg) C	
1	70	6	4	
2	80	8	5	
3	90	10	6	

### 2.2 丹参酮 II A 和丹酚酸 B 的含量测定方法

#### 2.2.1 色谱条件<sup>[13]</sup>

色谱柱:ACQUITY UPLC BEH  $C_{18}$  柱(100 mm × 2.1 mm, 1.7  $\mu\text{m}$ );柱温:30  $^{\circ}\text{C}$ ;流速:0.6 mL/min;流动相:0.4% 甲酸水溶液(A)-乙腈(B);梯度洗脱程序:0 ~ 8 min, 5% ~ 45% (B);8 ~ 13 min, 45% ~ 72% (B);13 ~ 13.2 min, 72% ~ 5% (B);检测波长:270 nm 和 286 nm;进样量:1  $\mu\text{L}$ 。

#### 2.2.2 对照品溶液的制备

分别精密称取丹参酮 II A 和丹酚酸 B 对照品适量,置于棕色容量瓶中,加适量 75% 甲醇使溶解,用 75% 甲醇稀释至刻度,制成每 1 mL 分别含 51.9  $\mu\text{g}$  丹参酮 II A 和 141.4  $\mu\text{g}$  丹酚酸 B 的混合对照品溶液。

#### 2.2.3 供试溶液的制备

##### 2.2.3.1 渗漉液供试品溶液的制备

取 2.1 项下的渗漉液适量,用 75% 甲醇一定倍数稀释,0.22  $\mu\text{m}$  微孔滤膜滤过,即得渗漉液供试品溶液。

##### 2.2.3.2 提取物供试品溶液的制备

精密称取经分离纯化后的丹参酮提取物、丹参酚酸提取物适量,分别加入适量的甲醇、75% 甲醇超声溶解,经一定倍数稀释,0.22  $\mu\text{m}$  微孔滤膜滤过,即得丹参酮供试品溶液和丹参酚酸供试品溶液。

### 2.3 标准曲线绘制

分别精密吸取上述混合对照品溶液 0.20、0.50、1.00、2.00、5.00、7.00  $\mu\text{L}$ ,注入液相色谱仪,按上述色谱条件测定,以峰面积对进样量进行回归分析,绘制标准曲线,丹参酮 II A 的回归方程为: $Y =$

226875.15X-7380.844 ( $R^2 = 0.9999$ ), 进样量在 10.38 ~ 363.30 ng 范围内与峰面积呈良好的线性关系; 丹酚酸 B 的回归方程为:  $Y = 679993.235X - 19316.80$  ( $R^2 = 0.9999$ ), 进样量在 28.28 ~ 989.8 ng 之间与峰面积呈良好的线性关系。

## 2.4 含量测定

分别吸取上述渗漉液供试品溶液适量, 注入液相色谱仪, 测定, 计算各渗漉液中丹参酮 II A 和丹酚酸 B 的含量, 结果见表 2。

表 2 正交试验结果  
Table 2 Results of orthogonal test

实验 No.	A	B	C	D 空白 Blank	丹参酮 II A Tanshinone II A Content (mg)	丹酚酸 B Salvianolic acid B content (g)	综合评分 Composite score
1	1	1	1	1	594.40	29.16	91.98
2	1	2	2	2	622.00	28.70	92.59
3	1	3	3	3	626.00	29.68	94.79
4	2	1	2	3	708.80	26.90	93.77
5	2	2	3	1	716.90	24.50	89.37
6	2	3	1	2	719.70	29.60	99.84
7	3	1	3	2	668.00	13.52	64.46
8	3	2	1	3	673.20	14.89	67.54
9	3	3	2	1	680.40	14.88	67.90
K1	279.36	250.21	259.36	249.25			
K2	282.98	249.50	254.26	256.89			
K3	199.90	262.53	248.62	256.10			
R	27.69	4.34	3.58	2.55			

表 3 方差分析表  
Table 3 ANOVA table

方差来源 Source of variance	离差平方和 Sum of squares of deviations	自由度 Degree of freedom	均方 Square value	F 值 F value	P 值 P value
A	1469.92	2.00	734.96	124.90	<0.01
B	35.79	2.00	17.89	3.04	>0.01
C	19.24	2.00	9.62	1.63	>0.01
误差 Error	11.77	2.00	5.88		

$F_{0.05}(2,2) = 19, F_{0.01}(2,2) = 99$

## 2.5 数据处理

根据所选指标进行综合评分<sup>[3]</sup>, 以各组指标中的最大值为参照将数据进行归一化, 分别给出权重系数。丹参酮 II A 和丹酚酸 B 均为丹参的有效成分, 但丹酚酸 B 的含量远高于丹参酮 II A, 故丹参酮 II A 和丹酚酸 B 的权重系数分别为 0.40、0.60, 并计算出综合评分进行统计分析。

综合评分 = (各批次中丹参酮 II A 提取量/该组中丹参酮 II A 最大提取量)  $\times 0.40 \times 100$  + (各批次中丹酚酸 B 提取量/该组中丹酚酸 B 最大提取量)  $\times 0.60 \times 100$ 。

## 2.6 最佳提取工艺的确定

表 3 方差分析结果显示: A 因素的影响有极显著差异 ( $P < 0.01$ ); 表 2 极差 R 值大小显示, 各因素作用主次为 A > B > C, 即乙醇浓度 > 乙醇用量 > 渗漉速度, 最佳提取工艺为 A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>, 即取丹参粗粉加适量 80% 乙醇浸润, 溶胀 2 h, 装入渗漉筒, 加 80% 乙醇浸渍 3 h 后, 以 4 mL/(min · kg) 的速度渗漉, 收集 10 倍量的渗漉液。

## 2.7 丹参酮分离纯化工艺

丹参酮为脂溶性成分, 难溶于水, 故采用醇提水沉法进行纯化, 同时考察了药液浓度对主要有效成

分丹参酮ⅡA的影响。取4份等量的丹参渗漉液,回收除尽乙醇,分别加水稀释至1、0.5、0.2、0.1 g/mL生药,静置过夜,滤过,干燥,即得丹参酮提取物,按上述方法测定丹参酮ⅡA的含量,结果表明4份丹参酮提取物的含量和收率无明显差异,从节约溶剂用量和后续树脂吸附分离的角度考虑,选择药液浓度为0.5 g/mL生药沉淀分离丹参酮,滤液进一步上大孔树脂分离纯化丹参酚酸提取物。该方法操作简便,适合工业化大生产,得到丹参酮提取物的收率约为1.85%,丹参酮ⅡA的含量约为10.23%,结果见表4。

## 2.8 丹参酚酸分离纯化工艺

### 2.8.1 吸附原液

按2.7项下方法操作,分离得到丹参酮后的滤液即作为大孔树脂吸附的原液,测得pH为4.6,备用。

### 2.8.2 大孔吸附树脂型号的优选<sup>[14]</sup>

称取预处理好的HPD141、HPD130、HPD100及AB-8型大孔吸附树脂各80 mL湿法装柱,分别量取150 mL吸附溶液通过树脂柱,以4 BV/h的吸附流速进行吸附,分别收集流出液Ⅰ,2倍柱体积水洗脱后收集水洗脱液Ⅱ,70%乙醇3倍柱体积洗脱后收集洗脱液Ⅲ,按照“2.4”项下方法检测丹酚酸B含量,计算各树脂动态吸附率,结果见图1。由图可知,在相同条件下对大孔吸附树脂进行考察,HPD100型大孔吸附树脂对丹酚酸B的吸附率明显高于其他三种树脂,故选择HPD100型大孔吸附树脂作为本次实验所用树脂。

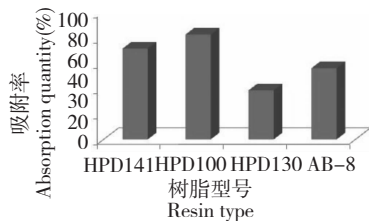


图1 大孔树脂优选结果

Fig. 1 Absorption quantities under different macroporous resins

### 2.8.3 泄漏曲线考察

准确称取经过预处理的HPD100型大孔树脂80 mL,吸附原液280 mL上样,以4 BV/h的吸附流速进行吸附,在吸附的过程中每40 mL为一流份,按照“2.4”项下方法检测各流份中丹酚酸B含量,并绘制泄漏曲线,见图2。结果表明,当检测到第4个流份时丹酚酸B浓度开始增大,出现明显泄漏,所以最佳上样体积为120 mL。

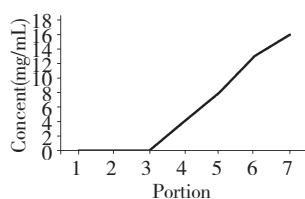


图2 HPD100大孔吸附树脂—丹酚酸B吸附泄漏曲线图

Fig. 2 Adsorption leakage curve of active salvianolic acid B on HPD100 macroporous resin

### 2.8.4 上柱液pH值的影响

根据成分的性质调整上柱液的pH值,可以达到理想的吸附效果。丹酚酸B为弱酸性成分,为增大其吸附率,可适当的调节溶液pH。平行量取吸附原液3份,每份120 mL,用稀HCl调节溶液pH分别为2.0、3.0、4.6(未调pH),大孔树脂进行吸附,分别收集流出液、水洗脱液,按照“2.4”项下方法检测丹酚酸B含量,结果表明上柱液pH值对树脂的吸附率有显著影响,上柱液pH值越小,树脂吸附能力越强,未调pH的药液吸附能力较差,而药液值pH3.0与pH2.0比较,大孔树脂的吸附量无明显差异,故本实验以药液pH3.0作为上柱液最佳pH。

### 2.8.5 洗脱乙醇浓度的确定

准确量取经处理后HPD100大孔树脂80 mL,平行量取吸附原液3份,每份120 mL上样,按上述条件进行吸附,2倍柱体积水洗脱后,分别用2倍柱体积的30%、50%、70%乙醇进行洗脱,收集各洗脱液,按照“2.4”项下方法检测丹酚酸B含量,并计算洗脱率。洗脱剂浓度对洗脱率的影响如图3所示。结果显示30%乙醇累计洗脱率为15.5%,50%乙醇累计洗脱率为93%,70%乙醇累计洗脱率为95.4%,故确定浓度为50%乙醇作为洗脱剂。

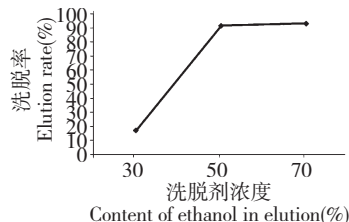


图3 乙醇浓度对洗脱率的影响

Fig. 3 Effect of ethanol concentration on elution rate

### 2.8.6 洗脱溶剂用量的确定

准确量取经处理后HPD100大孔树脂80 mL,吸附原液120 mL上样,按上述条件进行吸附,两倍柱体积水洗脱后,以50%乙醇进行洗脱。每一个柱

体积收集一份洗脱液,共7份,按照“2.4”项下方法检测洗脱液中丹酚酸B含量,图4表明,第4个流份中基本检测不到丹酚酸B,而前3个流份中丹酚酸B的解吸率为95%。说明此时树脂中的丹酚酸B已经洗脱完全,提示50%乙醇最佳用量为3 BV。

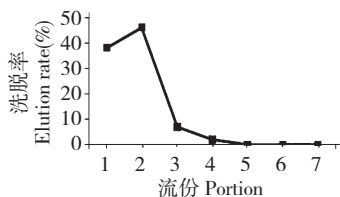


图4 洗脱溶剂用量对洗脱率的影响

Fig. 4 Effect of amount of elution solvent on elution rate

### 2.8.7 验证实验

综合上述研究结果,确定丹参酮和丹参酚酸同步提取分离纯化工艺为:丹参粉碎过10目筛,加适量80%乙醇浸润,溶胀2 h,装入渗漉筒,加80%乙醇浸渍3 h后,以4 mL/(min·kg)的速度渗漉,收

集10倍量的渗漉液,减压回收除尽乙醇,加水稀释至0.5 g/mL生药,用盐酸调节pH值3.0,静置过夜,滤过,即得丹参酮提取物。滤液上HPD100大孔吸附树脂柱,用水洗涤后,再用50%乙醇洗脱,收集乙醇洗脱液,回收、浓缩、干燥,即得丹参酚酸提取物。

按上述制备工艺进行验证实验,丹参药材按药典方法测得丹酚酸B含量为5.61%,丹参酮II A含量为0.211%,每批实验投料量为400 g。分别测定渗漉液、丹参酮提取物和丹参酚酸提取物中丹参酮II A、丹酚酸B的含量,结果见表4,渗漉液中丹参酮II A和丹酚酸B的提取转移率分别约为95.38%和92.61%,提取基本完全;丹参酮提取物的平均收率为1.85%,丹参酮II A平均含量为10.23%,平均提取转移率为89.50%;丹参酚酸提取物的平均收率为5.49%,丹酚酸B平均含量为70.56%,平均提取转移率为86.70%,表明该工艺合理可行,适合提取分离纯化丹参酮和丹参酚酸。

表4 验证试验(n=3)

Table 4 Validation testing result(n=3)

	名称 Name	实验号1 Number 1	实验号2 Number 2	实验号3 Number 3	平均 Average
渗漉液 Percolate solution	丹参酮II A含量 Tanshinone II A content(mg)	813.71	809.88	791.40	805.00
	酚酸B含量 Salvianolic acid B content(g)	20.72	20.98	20.64	20.78
	丹参酮II A提取转移率 Tanshinone II A Extraction rate(%)	96.41	95.96	93.77	95.38
	丹酚酸B提取转移率 Salvianolic acid B Extraction rate(%)	92.34	93.50	91.98	92.61
	丹参酮提取物 Tanshinone extract	丹参酮II A含量 Tanshinone II A content(%)	10.37	10.03	10.28
	收率Yield(%)	1.88	1.86	1.80	1.85
	丹参酮II A提取转移率 Tanshinone II A Extraction rate(%)	92.39	88.42	87.70	89.50
丹参酚酸提取 Salvianolic acid extract	丹酚酸B含量 Salvianolic acid B content(%)	70.34	70.20	71.15	70.56
	收率Yield(%)	5.43	5.55	5.48	5.49
	丹酚酸B提取转移率 Salvianolic acid B Extraction rate(%)	85.28	88.13	86.69	86.70

## 3 讨论

一般来说高浓度的乙醇更适合丹参酮的提取,低浓度的乙醇有利于丹参酚酸的提取,本实验以丹参酮II A和丹酚酸B的含量为综合评价指标,应用

正交试验设计,考察乙醇浓度、渗漉液体积和渗漉速度对提取效果的影响,结果表明用80%乙醇以4 mL/(min·kg)的速度渗漉,收集10倍量的渗漉液,提取效果最佳。采用单因素试验对丹参酮和丹参酚酸纯化条件进行研究,结果为渗漉液回收乙醇,加水

稀释至 0.5 g/mL 生药,用盐酸调节 pH 值 3.0,过滤,即得丹参酮提取物;滤液上 HPD100 大孔吸附树脂柱,用水洗涤后,再用 50% 乙醇洗脱,收集乙醇洗脱液,浓缩干燥,即得丹参酚酸提取物。本实验所用丹参产于山东,木化程度较高,纤维性强,粉碎后质地疏松,更适合渗漉法提取。

关于丹参酮和丹参酚酸提取分离纯化的文献报道较多,但多数为分别提取两类有效成分,方法较复杂繁琐,溶剂用量大,生产效率低。如文献<sup>[15-17]</sup>报道分步或者同时提取丹参酮和丹参酚酸两类有效成分,其丹参酮 II A 的提取率为 76% ~ 90%,而丹酚酸 B 的提取率为 80% ~ 86%。本文采用渗漉法同步提取丹参酮和丹参酚酸两类成分,在优选的工艺下,两种有效成分的提取率均达到 90% 以上,该提取方法可以同时兼顾两类成分,且提取率高;再应用醇提水沉法和大孔吸附树脂法进行分离纯化,得到总丹参酮提取物和丹参总酚酸提取物,其中丹酚酸 B 的含量显著高于文献<sup>[10-12]</sup>报道的常规方法,该方法简便可行,科学合理,适合工业化生产,具有较好的应用前景。

#### 参考文献

- Liu J(刘娟),Liu Y(刘颖). Advancement on the pharmacological active constituents of *Salvia miltiorrhiza*. *Liaoning Univ TCM*(辽宁中医药大学学报),2010,7:15-17.
- Du GH(杜冠华). A review on the modern research and application of Dan Shen,*Salvia miltiorrhiza Bunge*. The second trilateral blood stasis and promoting blood circulation to remove blood stasis Research Conference(第二届中日韩血瘀证及活血化瘀研究学术大会),2003. 21-30.
- Zhao H(赵辉),Wang LP(王丽萍),Chen L(陈琳),*et al.* Multi-index evaluation of integration technique for extracting of *Salvia miltiorrhiza*. *Chin Med Herald*(中国医药导报),2014,3:101-104.
- Xu JW(许继文),Fu CM(付春梅). Research progress on pharmaceutical action of *Salvia miltiorrhiza*. *Med Recap*(医学综述),2006,12:1467-1468.
- Fu XF(付辛芳),Liu XH(刘晓红). Research progress on pharmaceutical action and clinical application of *Salvia miltiorrhiza*. *China Pharm*(中国药业),2006,15:76-77.
- Ni LJ(倪力军),Shi XH(史晓浩),Gao XJ(高秀蛟),*et al.* Study of effect of extracting time and solvent on the quality of extract of *Salvia miltiorrhiza Bunge*. *Chin Trad Pat Med*(中成药),2003,10:780-782.
- Li XJ(李向军),Fan WC(范文成),Li FQ(李奉勤),*et al.* Study on extraction active ingredients of *Salvia miltiorrhiza Bge*. *Modern Chin Med*(中国现代中药),2011,13:33-35.
- Jin WS(金文淑),Zhang WY(张炜煜). Optimization of extracting technology of effective components from *Salvia miltiorrhiza*. *Chin J Exp Tradit Med Form*(中国实验方剂学杂志),2013,19(3):33-36.
- Wei YJ(韦英杰),Liu Y(刘媛),Chen N(陈宁),*et al.* Optimum extraction of *Salvia miltiorrhiza Bge* by orthogonal test. *Res Info Tradit Chin Med*(中药研究与信息),2005,11(7):13-15.
- Feng F(封帆),Zhang YP(张永萍),Song XL(宋信莉),*et al.* Purification of salviannic acid by macroporous resins. *Centr South Pharm*(中南药学),2013,1:009.
- Chen X(陈贤),Lu HH(陆红华),Zhang M(张敏),*et al.* Study on the absorption and desorption properties of salvianolic acids from *Salvia miltiorrhiza bunge* by macroporous resin. *Lishizhen Med Mat Med Res*(时珍国医国药),2010,21:546-548.
- Wei DQ(魏冬青),Chen SM(陈绍民),Miao JW(苗建武). Purification technology of total phenolic acids from *Salvia miltiorrhiza* by macroporous resin. *China J Chin Mater Med*(中国实验方剂学杂志),2012,18(3):42-44.
- Liu M(刘梅),Hao GX(俞桂新),Zhang M(张勉),*et al.* Simultaneous determination of tanshinone II A and salvianolic acid B from *Radix Salviae miltiorrhizae* by UPLC. *China J Chin Mater Med*(中国中药杂志),2008,33:319-321.
- Luo DS(罗朵生),He W(何伟),Guo J(郭姣). Purification of salvianolic acid by macroporous resins. *Chin J Exp Tradit Med Form*(中国实验方剂学杂志),2010(6):14-16.
- Ren ZH(任志会),Su HX(苏会霞),Bo YL(柏艳柳). Study on the integration technique for extracting liposoluble and water-soluble components of *Salvia miltiorrhiza*. *Chin J Inf Tradit Chin Med*(中国中医药信息杂志),2009,16(3):54-56.
- Li Y(刘杨),Yi RL(尹蓉莉),He FH(何芳辉),*et al.* The process for gradient percolation method to compare the active ingredient of *Salvia*. *Chin Trad Pat Med*(中成药),2008,30:61-63.
- Song YG(宋永贵),Feng YL(冯育林),Ouyang H(欧阳辉),*et al.* Extraction and purification study of blood-activating and stasis-removing components from *Salvia miltiorrhiza*. *Jiangxi College Tradit Chin Med*(江西中医学院学报),2012,10(24):52-55.