

# 均匀设计法优化丹参中 4 种活性成分的超声提取工艺

郜舒蕊<sup>1</sup>, 赵志刚<sup>1</sup>, 侯俊玲<sup>1\*</sup>, 王文全<sup>1,2,3\*</sup>, 朱俊杰<sup>4</sup>, 王立会<sup>4</sup>, 韩亚男<sup>1</sup>

- (1. 北京中医药大学中药学院, 北京 100102;
2. 中国医学科学院北京协和医学院药用植物研究所, 北京 100193;
3. 中药材规范化生产教育部工程研究中心, 北京 100102;
4. 上海华宇药业有限公司, 上海 200002)

**[摘要]** 目的: 优选丹参中迷迭香酸、隐丹参酮、丹酚酸 B 及丹参酮 II<sub>A</sub> 共 4 种活性成分的超声提取工艺。方法: 以迷迭香酸、隐丹参酮、丹酚酸 B 及丹参酮 II<sub>A</sub> 提取量为指标, 采用均匀设计考察乙醇体积分数、液料比、提取时间对丹参提取效率的影响, 通过逐步非线性回归优选提取工艺条件。利用 HPLC 测定指标成分含量, 流动相甲醇(A)-0.01% 磷酸水(B)梯度洗脱(0~3 min, 30% A; 3~5 min, 30%~40% A; 5~13 min, 40% A; 13~20 min, 40%~58% A; 20~22 min, 58%~75% A; 22~24 min, 75% A; 24~50 min, 75%~85% A), 检测波长 286 nm(迷迭香酸和丹酚酸 B)和 268 nm(隐丹参酮和丹参酮 II<sub>A</sub>)。结果: 最佳超声提取工艺条件为乙醇体积分数 75%, 液料比 200 mL·g<sup>-1</sup>, 提取时间 10 min; 迷迭香酸、丹酚酸 B、隐丹参酮及丹参酮 II<sub>A</sub> 提取量分别为 0.33, 11.19, 0.63, 0.59 g·g<sup>-1</sup>, 与 2010 年版《中国药典》中加热回流法相比, 活性成分提取量无显著差异。结论: 该超声提取工艺具有提取时间短、低毒、无污染等优点。

**[关键词]** 丹参; 均匀设计; 超声提取工艺; 活性成分; 迷迭香酸; 丹酚酸 B; 隐丹参酮; 丹参酮 II<sub>A</sub>

**[中图分类号]** R283.6; R284.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2014)10-0008-05

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.2014100008

## Optimization of Rapid Ultrasonic Extraction Process of Four Active Components from *Salviae Miltiorrhizae Radix et Rhizoma* by Uniform Design

GAO Shu-rui<sup>1</sup>, ZHAO Zhi-gang<sup>1</sup>, HOU Jun-ling<sup>1\*</sup>, WANG Wen-quan<sup>1,2,3\*</sup>,  
ZHU Jun-jie<sup>4</sup>, WANG Li-hui<sup>4</sup>, HAN Ya-nan<sup>1</sup>

- (1. School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100102, China;
2. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100193, China;
3. Engineering Research Center of Good Agricultural Practice for Chinese Crude Drugs, Ministry of Education, Beijing 100102, China;
4. Shanghai Huayu Chinese Herbs Co. Ltd, Shanghai 200002, China)

**[Abstract]** **Objective:** To optimize ultrasonic extraction technology of rosmarinic acid, salvianolic acid B, cryptotanshinone and tanshinone II<sub>A</sub> from *Salviae Miltiorrhizae Radix et Rhizoma*. **Method:** With extraction amounts of four active components as indexes, uniform design was adopted to optimize extraction technology by taking ethanol concentration, solid-liquid ratio, extracting time as factors. HPLC was employed to determine contents of four active components with mobile phase of methanol-0.01% phosphoric acid solution (0-3 min, 30%

**[收稿日期]** 20130903(023)

**[基金项目]** 中药材规范化生产技术服务平台[工信部消费(2011)340]; 国家工业与信息化部中药材生产扶持项目(丹参规范化、规模化和产业化生产基地建设)

**[第一作者]** 郜舒蕊, 在读硕士, 从事中药材规范化生产研究, Tel: 18810379675, E-mail: gaosr89@sina.com

**[通讯作者]** \* 侯俊玲, 硕士, 教授, 从事药用植物资源与培育及其质量调控研究, Tel: 010-84738334, E-mail: mshjl@126.com;

\* 王文全, 博士, 教授, 从事中药材规范化生产及其调控机制研究, Tel: 010-57833195, E-mail: wwq57@126.com

A; 3-5 min, 30% -40% A; 5-13 min, 40% A; 13-20 min, 40% -58% A; 20-22 min, 58% -75% A; 22-24 min, 75% A; 24-50 min, 75% -85% A) for gradient elution and detection wavelengths at 286 nm (rosmarinic acid and salvianolic acid B) and 268 nm (cryptotanshinone and tanshinone II<sub>A</sub>). **Result:** Optimum extraction conditions were as follows: ethanol concentration of 75%, liquid-solid ratio of 200 mL·g<sup>-1</sup>, extraction time 10 min; Under these conditions, extraction amounts of rosmarinic acid, salvianolic acid B, cryptotanshinone and tanshinone II<sub>A</sub> were 0.33, 11.19, 0.63 and 0.59 g·g<sup>-1</sup>, respectively. Compared with heating reflux extraction in 2010 edition of "Chinese Pharmacopoeia", Contents of four bioactive components had no significant differences. **Conclusion:** This optimum extraction process had advantages of low mammalian toxicity, solvent saving, fast extracting speed and so on.

[ **Key words** ] Salviae Miltiorrhizae Radix et Rhizoma; uniform design; ultrasonic extraction process; active components; rosmarinic acid; salvianolic acid B; cryptotanshinone; tanshinone II<sub>A</sub>

丹参主要活性成分为脂溶性的丹参酮类和水溶性的酚酸类<sup>[1-2]</sup>,这两类化学成分极性差异较大,性质均不稳定,在长时间受热或见光条件下易发生分解<sup>[3]</sup>。传统提取方法主要包括水煎煮法、乙醇回流法等,提取时间较长、温度较高,易造成丹参中主要活性物质的降解,不利于丹参制剂质量的稳定、可控<sup>[4-6]</sup>。

超声提取技术能最大限度地保留中药及天然药物的有效成分,已被实验室广泛采用<sup>[7-8]</sup>。本实验以丹参中主要活性成分迷迭香酸、隐丹参酮、丹酚酸 B 及丹参酮 II<sub>A</sub> 提取量为评价指标,采用均匀设计法考察乙醇体积分数、液料比、提取时间对超声提取工艺的影响,并对提取效果进行验证,为丹参提取工艺参数的选择提供参考。

## 1 材料

LC-2010AHT 型高效液相色谱仪(日本岛津公司),FW100 型高速万能粉碎机(北京中兴伟业仪器有限公司),BP211D 型电子分析天平(德国 Sartorius 公司)。

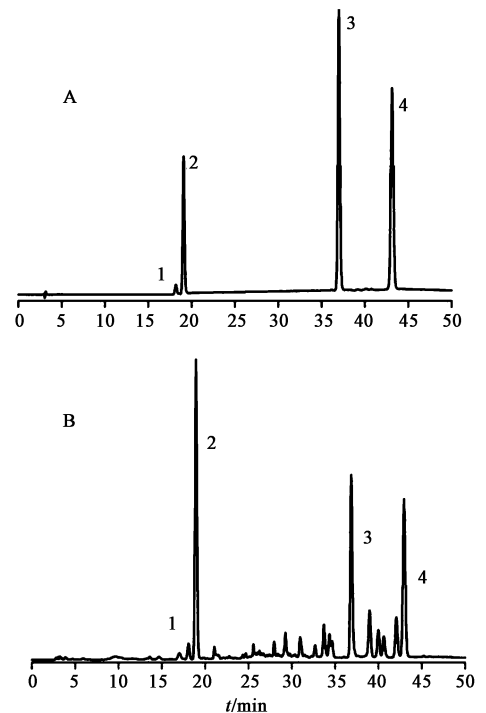
丹参药材采自山东省临沂市平邑县保太镇,经北京中医药大学王文全教授鉴定为唇形科植物丹参 *Salvia miltiorrhiza* Bge. 的干燥根和根茎,样品保存于北京中医药大学中药资源系标本室;迷迭香酸、隐丹参酮、丹酚酸 B 及丹参酮 II<sub>A</sub> 对照品(上海融禾医药科技有限公司,批号分别为 120925, 120925, 121020, 121029, 纯度均 >98%), 甲醇、磷酸为色谱纯,水为娃哈哈纯净水,其他试剂均为分析纯。

## 2 方法与结果

### 2.1 有效成分的含量测定

**2.1.1 色谱条件** Wondasil C<sub>18</sub> 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm), 流动相甲醇(A)-0.01% 磷酸水(B) 梯度洗脱(0~3 min, 30% A; 3~5 min, 30%~40% A;

5~13 min, 40% A; 13~20 min, 40%~58% A; 20~22 min, 58%~75% A; 22~24 min, 75% A; 24~50 min, 75%~85% A), 流速 1.0 mL·min<sup>-1</sup>, 检测波长 286 nm(迷迭香酸和丹酚酸 B)和 268 nm(隐丹参酮和丹参酮 II<sub>A</sub>), 柱温 30 °C, 进样量 10 μL, 见图 1。



A. 对照品; B. 供试品; 1. 迷迭香酸; 2. 丹酚酸 B; 3. 隐丹参酮; 4. 丹参酮 II<sub>A</sub>

图 1 丹参药材 HPLC

**2.1.2 线性范围考察** 精密吸取迷迭香酸对照品溶液 4, 8, 12, 16, 20, 24, 32, 40, 50 μL, 丹酚酸 B 对照品溶液 1, 2, 4, 8, 12, 18, 24, 30, 36, 42 μL, 隐丹参酮对照品溶液 4, 8, 12, 16, 20, 24 μL, 丹参酮 II<sub>A</sub> 对照品溶液 4, 8, 12, 16, 20, 24 μL, 按 2.1.1 项下色谱条件测定, 以进样量为横坐标, 峰面积积分值为纵坐标, 得回归方程分别为  $Y = 1\ 801\ 056.23X +$

1 924.71 ( $r=0.999\ 8$ ),  $Y=786\ 142.70X-6\ 409.73$  ( $r=0.999\ 9$ ),  $Y=5\ 255\ 158.21X+16\ 328.60$  ( $r=0.999\ 9$ ),  $Y=5\ 953\ 706.55X+18\ 078.60$  ( $r=0.999\ 9$ ), 线性范围依次为 0.020 16 ~ 0.252 0, 0.026 40 ~ 11.088 0, 0.085 60 ~ 0.513 60, 0.096 00 ~ 0.576 0  $\mu\text{g}$ 。

**2.1.3 精密性试验** 精密吸取同一供试品溶液, 连续进样 6 次, 按 2.1.1 项下色谱条件测定, 结果迷迭香酸、丹酚酸 B、隐丹参酮及丹参酮 II<sub>A</sub> 含量的 RSD 分别为 2.43%, 0.35%, 1.97%, 1.86%, 表明仪器精密性良好。

**2.1.4 稳定性试验** 取同一供试品溶液, 分别于制备后 0, 5, 10, 15, 20 h 按 2.1.1 项下色谱条件测定, 结果迷迭香酸、丹酚酸 B、隐丹参酮及丹参酮 II<sub>A</sub> 含量的 RSD 分别为 2.78%, 0.37%, 1.65%, 1.54%, 表明供试品溶液在 20 h 内稳定性良好。

**2.1.5 重复性试验** 精密称取丹参样品粉末, 平行制备 6 份供试品溶液, 按 2.1.1 项下色谱条件测定, 结果迷迭香酸、丹酚酸 B、隐丹参酮及丹参酮 II<sub>A</sub> 含量的 RSD 分别为 2.65%, 2.05%, 1.86%, 2.23%。

**2.1.6 加样回收率试验** 分别精密称取已测含量的丹参样品粉末(过 40 目筛)0.2, 0.01 g, 各 6 份, 分别置于 100 mL 具塞锥形瓶中。所称样品(0.2 g)中精密加入用 75% 乙醇配制的迷迭香酸、隐丹参酮及丹参酮 II<sub>A</sub> 对照品溶液, 样品(0.01 g)中精密加入用 75% 乙醇配制的丹酚酸 B 对照品溶液, 分别加 75% 乙醇补足至 40 mL, 按 2.1.1 项下色谱条件测定, 结果迷迭香酸、丹酚酸 B、隐丹参酮及丹参酮 II<sub>A</sub> 平均加样回收率分别为 97.43%, 98.39%, 103.15%, 101.26%, RSD 分别为 2.72%, 3.05%, 1.67%, 2.42%。

**2.2 均匀设计** 在预试验基础上, 选择乙醇体积分数、超声时间及料液比为考察因素, 以迷迭香酸、丹酚酸 B、隐丹参酮及丹参酮 II<sub>A</sub> 提取量为评价指标。精密称取丹参药材粉末(过 40 目筛)0.5 g, 置于 250 mL 具塞锥形瓶中, 按 U<sub>6</sub>(6<sup>4</sup>) 均匀设计表进行试验, 因素水平见表 1, 各组分别加入相应体积分数乙醇适量, 称定质量, 超声提取相应时间(功率 250 W, 频率

表 1 丹参中 4 种活性成分提取工艺均匀设计因素水平

编码	X <sub>1</sub> 乙醇体积	X <sub>2</sub> 提取时间	X <sub>3</sub> 液料比
水平	分数/%	/min	/mL·g <sup>-1</sup>
1	50	10	20
2	60	20	40
3	70	30	60
4	80	40	80
5	90	50	100
6	100	60	120

50 kHz, 温度 25 ℃), 冷却至室温, 补足失重, 摇匀, 滤过, 即得供试品溶液, 每组试验重复 3 次, 试验安排及结果见表 2。

表 2 丹参中 4 种活性成分提取工艺均匀设计安排 g·g<sup>-1</sup>

No.	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	迷迭香酸 (Y <sub>1</sub> )	丹酚酸 B (Y <sub>2</sub> )	隐丹参酮 (Y <sub>3</sub> )	丹参酮 II <sub>A</sub> (Y <sub>4</sub> )
1	1	2	3	0.24	7.94	0.43	0.21
2	2	4	6	0.34	9.52	0.59	0.54
3	3	6	2	0.28	8.02	0.60	0.56
4	4	1	5	0.33	10.07	0.63	0.59
5	5	3	1	0.19	4.58	0.56	0.52
6	6	5	4	0.06	1.00	0.63	0.61

**2.3 数据分析** 应用 Excel, Sigmaplot 11.0 及 DPS 9.5 软件对试验数据进行分析, 将试验结果进行二次多项式非线性回归, 对各因素与响应数据进行分析, 建立回归模型, 根据各回归方程的回归系数、统计量 F 值及其显著性检验, 结合试验原理优化方程, 结果见表 3。

方差分析结果表明, 迷迭香酸和丹参酮 II<sub>A</sub> 回归方程在  $\alpha=0.01$  的水平上均为极显著, 丹酚酸 B 和隐丹参酮回归方程在  $\alpha=0.05$  的水平上均为显著。4 种成分的决定系数( $r$ )表明四者的回归方程均具有较高的预测精度, 说明该模型预测丹参超声提取工艺参数对丹参中 4 种生物活性成分提取量的影响是可行的。通过对试验模型的处理, 各成分提取量最高时 3 个因素的最佳组合及 4 种成分提取量预测值见表 4。

由迷迭香酸及丹酚酸 B 的回归方程可知, 因素 X<sub>1</sub> 对这 2 种水溶性成分影响最大, 其影响基本呈抛

表 3 丹参中 4 种活性成分提取工艺的二次多项式逐步非线性回归

指标	回归方程	r	F	P	S
迷迭香酸	$Y_1 = -0.94 + 3.67X_1 - 2.67X_1^2 - 1.3 \times 10^{-5}X_2^2 + 4.4 \times 10^{-6}X_3^2$	0.999 9	6 007.629 2	0.009 7	0.001 5
丹酚酸 B	$Y_2 = -22.77 + 98.37X_1 - 74.62X_1^2$	0.943 8	12.231 7	0.036 1	1.471 2
隐丹参酮	$Y_3 = -0.57 + 2.74X_1 - 1.67X_1^2 + 6.4 \times 10^{-4}X_1X_3 + 1.6 \times 10^{-5}X_2X_3$	0.991 8	15.161 7	0.030 0	0.021 5
丹参酮 II <sub>A</sub>	$Y_4 = -1.77 + 5.49X_1 - 3.3X_1^2 + 6.5 \times 10^{-4}X_1X_3 + 3.4 \times 10^{-5}X_2^2$	0.999 7	525.998 1	0.032 7	0.007 2

注:  $F_{0.01}(2,3) = 30.81$ ,  $F_{0.05}(2,3) = 9.55$ ,  $F_{0.05}(4,1) = 224.58$ ,  $F_{0.01}(4,1) = 5\ 624.58$ 。

表4 丹参中4种活性成分提取工艺理论最佳组合及提取量预测值

指标	最佳组合			预测值 /g·g <sup>-1</sup>
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	
迷迭香酸	68.0	10.00	20.00	0.32
丹酚酸B	65.9	41.45	24.85	9.65
隐丹参酮	84.5	60.00	120.00	0.73
丹参酮II <sub>A</sub>	84.4	60.00	120.00	0.82

物线型,体积分数65%~68%的乙醇溶液最有利于这2种水溶性成分的提出,X<sub>2</sub>对迷迭香酸提取量的影响相对较大,基本呈显著负相关,即提取时间越长,迷迭香酸提取量反而降低,故提取时间不宜过长。由隐丹参酮和丹参酮II<sub>A</sub>的回归方程可知,因素X<sub>1</sub>对这2种脂溶性成分影响最大,其影响亦呈抛物线型,脂溶性成分提取量最高时乙醇体积分数集中于85%左右,其余各因素对脂溶性成分提取量的影响均不显著。综合考虑,在保证4种成分高提取率前提下,优选丹参超声提取工艺为乙醇体积分数75%,提取时间10 min,液料比200 mL·g<sup>-1</sup>。

**2.4 验证试验** 精密称取丹参药材粉末(过40目筛)0.5 g,共6份,按优化的提取工艺进行验证试验,按2.1.1项下色谱条件测定,结果见表5,说明该优选工艺重复性好且稳定可行。

表5 丹参超声与加热回流提取工艺比较 %

提取方法	迷迭香酸	丹酚酸B	隐丹参酮	丹参酮II <sub>A</sub>
超声	0.33	11.19	0.63	0.59
丹参酮II <sub>A</sub> 加热回流	0.31	10.03	0.61	0.58
丹酚酸B加热回流	0.30	11.15	0.61	0.57

**2.5 不同提取工艺比较** 分别参考2010年版《中国药典》中丹酚酸B和丹参酮II<sub>A</sub>的加热回流提取方法制备供试品溶液,按2.1.1项下色谱条件测定,与最佳超声工艺进行比较,结果见表5,表明超声提取工艺与2种加热回流法相比,迷迭香酸、丹酚酸B、隐丹参酮及丹参酮II<sub>A</sub>提取量均无明显差异,提取效果相当,说明本实验条件范围内加热对丹参中各成分影响较小。

### 3 讨论

2010年版《中国药典》中丹参采用加热回流法进行提取需要1 h,而优选的超声提取工艺仅需10 min即可达到类似提取效果,显著节约提取时间。每提取1份样品(按0.5 g计算),根据溶剂用量=样品量×液固比×溶剂浓度计算,2010年版《中国药典》中丹参酮II<sub>A</sub>和丹酚酸B的加热回流法分别实际消耗甲醇80,93.75 mL,而优选的超声提取工艺实际消耗乙醇75 mL,具有低毒、节约溶剂等

优点。

预试验采用DAD检测器分别对迷迭香酸、丹酚酸B、隐丹参酮和丹参酮II<sub>A</sub>对照品溶液进行200~400 nm全波长扫描,对各波长下的色谱图进行分析比较,综合考虑,在286 nm时酚酸类成分迷迭香酸和丹酚酸B均具有较大吸收,而268 nm时丹参酮类成分隐丹参酮和丹参酮II<sub>A</sub>均有较大吸收,特征峰明显且峰型较好,故确定采用286 nm作为酚酸类成分的检测波长,268 nm为丹参酮类成分的检测波长。

含量测定时发现采用超声提取工艺制备的供试品溶液中未检测到丹参素,选用水及不同体积分数甲醇、乙醇重复超声提取若干批样品,结果仍未能检测到丹参素,初步推断丹参药材中可能无游离的丹参素。徐德然<sup>[9]</sup>等以丹参素为指标成分,采用液相色谱与多级质谱联用法证明丹参素并非丹参药材中固有成分,与本文所得结果一致。而采用加热回流提取制备的同一批供试品溶液中却检测到了丹参素,这可能与酚酸类成分的热不稳定性有关。从化学结构角度考虑,丹酚酸类成分(丹酚酸A,B,C)均由一分子丹参素与若干分子咖啡酸缩合而成<sup>[10]</sup>,在长时间受热时易发生分解,水解成游离丹参素和咖啡酸,造成水溶液中丹参素含量增加<sup>[11]</sup>。因此在丹参药材的提取分离过程中,尤其以丹酚酸类成分为目标产物时,超声提取能降低该类成分被破坏的可能性,利于丹参药材质量的稳定、可控。

### [参考文献]

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部[S]. 北京:中国医药科技出版社,2010:70.

[2] Liu A H, Lin Y H, Yang M, et al. Development of the fingerprints for the quality of the roots of *Salvia miltiorrhiza* and its related preparations by HPLC-DAD and LC-MS<sup>n</sup> [J]. J Chromatogr B, 2007, 846(1/2):32.

[3] 翟学佳. 丹参药材热不稳定性考察及提取工艺优化[J]. 中国医院药学杂志, 2009, 29(19):1619.

[4] 张军,王凤云,詹丽玲,等. 丹参药材提取液中丹酚酸B稳定性影响因素的考察[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(10):789.

[5] 毛声俊,侯世祥,唐昌炯,等. 丹参素在加温加速条件下的含量变化规律研究[J]. 中国中药杂志, 2003, 28(3):220.

[6] 王颖,朱靖博,付绍平,等. 高温高压下丹酚酸B,紫草酸水溶液化学变化的研究[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(4):434.

## 初匀速法预测制川乌的有效期

王芳<sup>1,2</sup>, 李旻<sup>1</sup>, 薛鑫<sup>1</sup>, 张普照<sup>1</sup>, 伍振峰<sup>1,2</sup>, 李凤琴<sup>1</sup>, 郑琴<sup>1\*</sup>, 杨明<sup>1\*</sup>

(1. 江西中医药大学, 现代中药制剂教育部重点实验室, 南昌 330004; 2. 成都中医药大学, 成都 610075)

**[摘要]** **目的:** 采用化学动力学方法预测制川乌有效期。**方法:** 采用 HPLC 测定苯甲酰乌头原碱、苯甲酰次乌头原碱、苯甲酰新乌头原碱、乌头碱、次乌头碱、新乌头碱含量, 流动相乙腈(A)-40 mmol·L<sup>-1</sup> 乙酸铵溶液(B) 梯度洗脱(0~45 min, 30%~45% A; 45~65 min, 45%~50% A; 65~75 min, 50%~55% A; 75~80 min, 55%~65% A; 80~85 min, 65% A), 检测波长 240 nm。采用初匀速法对制川乌药材进行加速试验并预测其有效期, 考察不同温度下制川乌药材中双酯型生物碱和单酯型生物碱含量变化情况。**结果:** 制川乌在室温条件下贮存期 0.69 年。**结论:** 高温不利于制川乌的稳定, 初匀速法可为制川乌药材有效期的建立提供参考。

**[关键词]** 初匀速法; 有效期; 制川乌; 双酯型生物碱; 单酯型生物碱

**[中图分类号]** R283.1; R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2014)10-0012-04

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.2014100012

## Forecast on Shelf Life of Aconiti Radix Cocta by Initial Average Rate Test

WANG Fang<sup>1,2</sup>, LI Yang<sup>1</sup>, XUE Xin<sup>1</sup>, ZHANG Pu-zhao<sup>1</sup>, WU Zhen-feng<sup>1,2</sup>,  
LI Feng-qin<sup>1</sup>, ZHENG Qin<sup>1\*</sup>, YANG Ming<sup>1\*</sup>

(1. Key Laboratory of Modern Preparation of Traditional Chinese Medicine (TCM), Ministry of Education, Jiangxi University of TCM, Nanchang 330004, China; 2. Chengdu University of TCM, Chengdu 610075, China)

**[Abstract]** **Objective:** To predict shelf life of Aconiti Radix Cocta and provide basis for assessing its quality. **Method:** Contents of benzoyleaconine, benzoylhypaconitine, benzoylmesaconine, aconitine, hypaconitine and mesaconine were determined by HPLC, with acetonitrile (A) -40 mmol·L<sup>-1</sup> ammonium acetate (B) (0-45 min, 30%-45% A; 45-65 min, 45%-50% A; 65-75 min, 50%-55% A; 75-80 min, 55%-65% A; 80-85 min, 65% A) as mobile phase by gradient eluting, detection wavelength was set at 240 nm. Initial average rate

**[收稿日期]** 20140116(002)

**[基金项目]** 国家科技部公益性行业专项(201007011)

**[第一作者]** 王芳, 讲师, 在读博士, 从事中药药剂学研究, Tel: 0791-87118645, E-mail: cat689apple@163.com

**[通讯作者]** \* 杨明, 教授, 博士生导师, 从事中药新型给药系统与新药开发研究, Tel/Fax: 0791-87118108, E-mail: Yangming16@126.com;

\* 郑琴, 教授, 硕士生导师, 从事中药新剂型与新技术研究, E-mail: zhengqin912006@163.com

[7] 赵文彬, 谢建新, 刘金荣, 等. 用均匀设计法优选苦杏仁油的超声提取工艺[J]. 中国中药杂志, 2002, 27(4): 303.

[8] 黄晓玲, 郑兆广, 封亮, 等. 正交试验优化板蓝根总生物碱的提取工艺[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(9): 66.

[9] 徐德然, 王康才, 王峥涛, 等. 丹参中丹参素、原儿茶醛来源的初步研究[J]. 中国天然药物, 2005, 3

(3): 148.

[10] 叶勇. 丹参有效成分分离的研究进展[J]. 药品评价, 2005, 2(2): 146.

[11] 毛声俊, 侯世祥, 唐昌炯, 等. 丹参素在加温加速条件下的含量变化规律研究[J]. 中国中药杂志, 2003, 28(3): 220.

[责任编辑 刘德文]