

## HPCE 法测定鬼针草提取液中 10 种酚类化合物

吴婷妮, 余长柱, 李 荣, 孙晓梅, 李 俊\*

安徽医科大学药学院, 安徽 合肥 230032

**摘要:** 目的 建立 HPCE-DAD 法测定鬼针草中 10 种酚类化合物(木犀草苷、芦丁、槲皮素-3-*O*-葡萄糖苷、槲皮苷、水杨酸、木犀草素、山柰酚、槲皮素、没食子酸和原儿茶酸)的方法, 比较 6 种不同体积分数的乙醇对上述化合物提取效率的影响。方法 实验考察了缓冲液 pH、浓度、分离电压、毛细管冷却液温度等因素对分离的影响。在 214 nm 检测波长下, 60 cm 长毛细管中, 25 mmol/L 硼砂 (pH 9.5), 分离电压 25 kV, 毛细管冷却液温度 25 °C 时上述各化合物在 16 min 内能得到完全分离。结果 木犀草苷、芦丁、槲皮素-3-*O*-葡萄糖苷、槲皮苷、水杨酸、木犀草素、山柰酚、槲皮素、没食子酸和原儿茶酸分别在 5.0~120、5.0~120、5.0~120、5.0~120、1.0~120、2.5~120、5.0~120、2.5~120、2.5~120、2.5~120 mg/L 与其峰面积呈线性关系, 其检出限分别为 2.5、2.5、2.5、2.5、0.5、1.0、2.5、1.0、1.0、1.0 mg/L, 精密度 RSD≤5.17% ( $n=6$ ), 测定样品的加样回收率在 94.4%~105.8%, RSD 在 0.32%~4.33%。结论 鬼针草中木犀草苷、芦丁、槲皮素-3-*O*-葡萄糖苷、槲皮苷、水杨酸、木犀草素、山柰酚、槲皮素、没食子酸和原儿茶酸的量分别为 95.04~105.84、78.03~110.45、96.45~177.96、178.78~300.00、62.06~66.54、71.08~72.85、77.39~95.30、68.27~77.43、68.47~88.47、107.24~142.43 µg/g。

**关键词:** HPCE-DAD; 鬼针草; 酚类化合物; 芦丁; 水杨酸; 木犀草素; 山柰酚; 槲皮素; 没食子酸; 原儿茶酸

中图分类号: R286.02

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2013)17-2404-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2013.17.012

## Determination of 10 phenolic compounds in extract from *Bidens bipinnata* by HPCE

WU Ting-ni, YU Chang-zhu, LI Rong, SUN Xiao-mei, LI Jun

School of Pharmacy, Anhui Medical University, Hefei 230032, China

**Abstract: Objective** To develop a novel method using high-performance capillary electrophoresis coupled with DAD (HPCE-DAD) for the simultaneous determination of 10 phenolic compounds (luteolin-7-*O*-glucoside, rutin, quercetin-3-glucoside, quercetin-3-rhamnoside, salicylic acid, luteolin, kaempferol, quercetin, gallic acid, and protocatechuic acid) in *Bidens bipinnata*. The extraction efficiency of above mentioned compounds was compared using six different ethanol/water solutions. **Methods** The effects of pH value and concentration of buffer, applied voltage, and temperature on the separation were researched. The 10 compounds were baseline separated within 16 min in a 60 cm length capillary at a separation voltage of 25 kV with a running buffer consisting of 25 mmol/L borate (pH 9.5) at wavelength of 214 nm. **Results** Excellent linearities of luteolin-7-*O*-glucoside, rutin, quercetin-3-glucoside, quercetin-3-rhamnoside, salicylic acid, luteolin, kaempferol, quercetin, gallic acid, and protocatechuic acid were observed at 5.0–120, 5.0–120, 5.0–120, 5.0–120, 1.0–120, 2.5–120, 5.0–120, 2.5–120, 2.5–120, and 2.5–120 mg/L, respectively. The detection limits were at 2.5, 2.5, 2.5, 2.5, 0.5, 1.0, 2.5, 1.0, 1.0, and 1.0 mg/L, respectively. The relative standard deviations (RSD) of precision were below 5.17% ( $n=6$ ). The mean recoveries for 10 phenolic compounds in *B. bipinnata* ranged from 94.4% to 105.8%, with RSD values of 0.32%–4.33%. **Conclusion** The contents of luteolin-7-*O*-glucoside, rutin, quercetin-3-glucoside, quercetin-3-rhamnoside, salicylic acid, luteolin, kaempferol, quercetin, gallic acid, and protocatechuic acid in *B. bipinnata* are 95.04–105.84, 78.03–110.45, 96.45–177.96, 178.78–300.00, 62.06–66.54, 71.08–72.85, 77.39–95.30, 68.27–77.43, 68.47–88.47, and 107.24–142.43 µg/g, respectively.

**Key words:** HPCE-DAD; *Bidens Bipinnata* L.; phenolic compounds; rutin; salicylic acid; luteolin; kaempferol; quercetin; gallic acid; protocatechuic acid

收稿日期: 2013-03-28

基金项目: 安徽高校省级科学研究项目 (KJ2013Z139); 安徽医科大学校级科学研究项目 (2012xkj018)

作者简介: 吴婷妮 (1984—), 女, 助理实验师, 研究方向为天然药物活性成分分析。E-mail: wtn2001ok@163.com

\*通信作者 李 俊 E-mail: lj@ahmu.edu.cn

鬼针草 *Bidens bipinnata* L. 为菊科 (Compositae) 管状花亚科鬼针草属 *Bidens* L. 1年生草本植物, 药材资源丰富, 药用历史悠久, 主治痢疾、肝炎、胃痛、蛇虫咬伤等<sup>[1-2]</sup>。木犀草苷、芦丁、槲皮素-3-*O*-葡萄糖苷、槲皮苷、水杨酸、木犀草素、山柰酚、槲皮素、没食子酸和原儿茶酸是鬼针草中比较常见的酚类成分, 具有抗微生物、抗氧化、抗炎以及细胞毒性等药理作用<sup>[3]</sup>。

鬼针草药材活性成分分析方法主要是 HPLC 法, 邓亚宁等<sup>[4]</sup>用 HPLC 法测定了鬼针草总黄酮部位中芦丁的量。胡伟等<sup>[5]</sup>用 HPLC 测定了鬼针草药材中金丝桃苷的量。李玉兰等<sup>[6]</sup>建立了小花鬼针草的毛细管电泳特征图谱, 尚未见毛细管电泳法 (HPCE) 分离测定鬼针草中单体组分的报道。HPLC 法实际应用中常常遇到一些难题, 如色谱柱容易污染, 使用寿命短; 有机溶剂消耗多; 甚至有时采用梯度洗脱也难以实现组分的完全分离。毛细管电泳法<sup>[7]</sup>高效、快速、低耗、简便、抗污染、抗干扰能力强, 是 HPLC 法的一种很好的补充。本课题以鬼针草中的酚类化合物为研究对象, 建立了 HPCE-DAD 分离测定分析方法。

## 1 仪器与试药

P/ACE MDQ 毛细管电泳系统 (美国 Beckman), 配备有二极管阵列检测器 (DAD); 未涂层石英毛细管 (60 cm×75 μm, 有效长度 50 cm, 河北鑫诺光纤厂); PHS-3C 型精密酸度计 (上海精密科学仪器有限公司); FA2004A 型电子天平 (上海精天电子仪器厂); BP211D 型电子天平 (德国 Startarius); Milli-Q 型超纯水机 (美国 Millipore); 中药粉碎机 (瑞安市永历制药机械有限公司)。

木犀草苷 (批号 100521, 质量分数>98%)、芦丁 (批号 100305, 质量分数>99%)、槲皮素-3-*O*-葡萄糖苷 (批号 100406, 质量分数>98%)、槲皮苷 (批号 100127, 质量分数>98%)、木犀草素 (批号 100612, 质量分数>98%)、山柰酚 (批号 100317, 质量分数>98%)、没食子酸 (批号 100502, 质量分数>98%) 均购于上海融禾医药科技发展有限公司; 槲皮素 (批号 100081-200907, HPLC 测质量分数为 96.5%)、原儿茶酸 (批号 110809-200604, 质量分数为 99.9%) 均购于中国食品药品检定研究院; 水杨酸购于上海山浦化工有限公司, 质量分数≥99%。鬼针草购于合肥市百姓缘大药房, 产地为安徽亳州, 经安徽医科大学药学院副教授程文明鉴定

为菊科管状花亚科鬼针草属草本植物鬼针草 *Bidens bipinnata* L. 的干燥全草。甲醇为色谱纯, 天津市四友精细化学品有限公司制造; 乙醇为分析纯, 上海振兴化工一厂生产; 硼砂为分析纯, 汕头市西陇化工厂有限公司生产。

## 2 方法与结果

### 2.1 供试品溶液的制备

鬼针草粉碎成粉末, 精密称取 1.00 g 粉末 6 份, 置于 6 个锥形瓶中, 分别加水及 20%、40%、60%、80%、100% 乙醇 15 mL, 超声提取 40 min, 4 000 r/min 离心 30 min, 取上清液, 0.45 μm 微孔滤膜滤过, 即得。

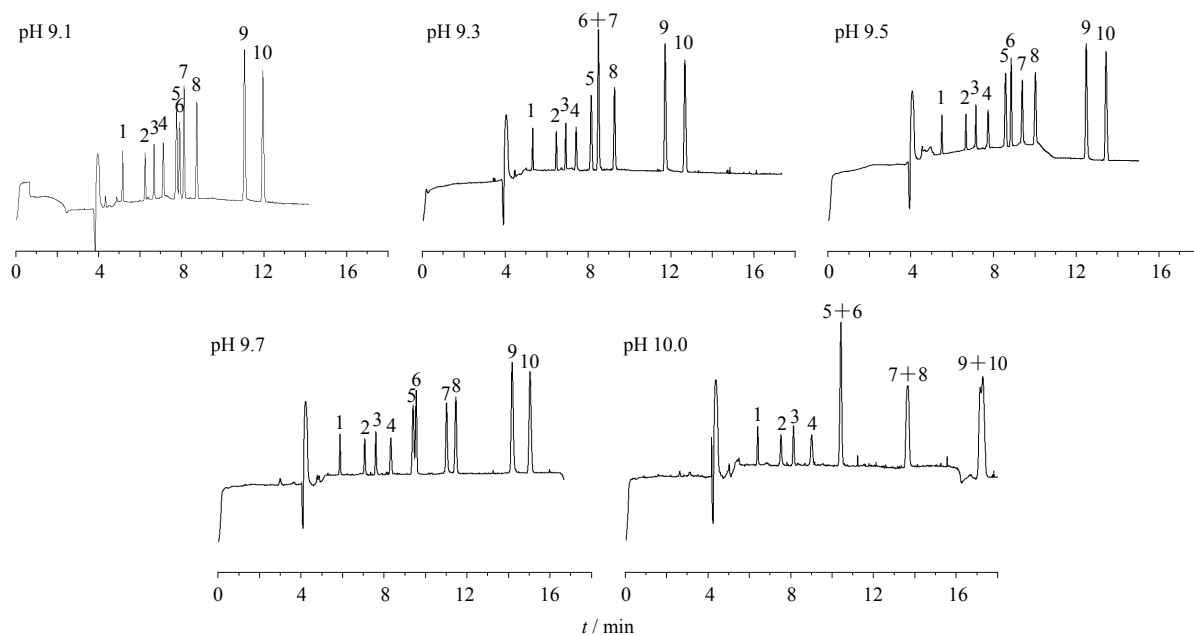
### 2.2 对照品溶液的制备

精密称取木犀草苷 4.0 mg, 置 10 mL 量瓶中, 70% 乙醇溶解后稀释定容, 精密称取芦丁、水杨酸、山柰酚、槲皮素、没食子酸各 10 mg, 分别置 5 mL 量瓶, 甲醇溶解后稀释定容, 精密称取槲皮素-3-*O*-葡萄糖苷、槲皮苷、木犀草素、原儿茶酸各 5.0 mg, 分别置 5 mL 量瓶中, 甲醇溶解后稀释定容。其他不同浓度的工作液, 用上述对照品溶液稀释得到。所有溶液均在 4 ℃ 避光保存。

### 2.3 电泳条件

运行缓冲液 25 mmol/L 硼砂 (pH 值 9.5), 分离电压为 25 kV; 检测波长为 214 nm; 压力进样 3.4 kPa, 5 s; 温度为 25 ℃。每天开机后依次用 1 mol/L HCl (5 min)、水 (0.5 min)、甲醇 (5 min)、水 (0.5 min)、1 mol/L NaOH (5 min)、水 (1 min)、缓冲溶液 (5 min) 冲洗, 进样前依次用甲醇 (5 min)、水 (0.5 min)、1 mol/L NaOH (5 min)、缓冲溶液 (5 min) 冲洗以保证重复性。

**2.3.1 缓冲溶液 pH 值和浓度影响** pH 值和缓冲溶液浓度是影响 Zeta 电势、电渗流以及被分析物荷电大小的重要因素, 从而影响了迁移时间和被分析物的分离情况。为了获得最优化的条件, 首先对 pH 值和缓冲溶液浓度进行了研究。本实验电泳溶液为硼砂体系, 在 25 mmol/L 硼砂, 25 kV 的条件下比较了溶液 pH 值分别为 9.1、9.3、9.5、9.7、10.0 几种酚类化合物的分离情况 (图 1)。pH 值 9.1 时, 水杨酸和木犀草素未能基线分离; pH 值 9.3 时, 木犀草素和山柰酚两峰完全重合; pH 值 9.5 时, 各物质均完全分离; pH 值 9.7 时水杨酸和木犀草素未基线分离; pH 值 10.0 时, 水杨酸和木犀草素、山柰酚和槲皮素、没食子酸和儿茶酸完全重合。因此, 选



1-木犀草苷 2-芦丁 3-槲皮素-3-O-葡萄糖苷 4-槲皮苷 5-水杨酸 6-木犀草素 7-山奈酚 8-槲皮素 9-没食子酸 10-原儿茶酸  
1-luteolin-7-O-glucoside 2-rutin 3-quercetin-3-glucoside 4-quercetin-3-rhamnoside 5-salicylic acid 6-luteolin 7-kaempferol  
8-quercetin 9-gallic acid 10-protocatechuic acid

图1 硼砂缓冲液 pH 值对酚类化合物分离的影响

Fig. 1 Effect of pH values of borate buffer on separation of phenolic compounds

择缓冲液 pH 值为 9.5。

在 pH 值 9.5, 电压 25 kV 的条件下优化了硼砂浓度 (15、25、35 mmol/L, 图 2)。15 mmol/L 时木犀草素和山奈酚重合, 25、35 mmol/L 时 10 个化合物均完全分离, 但 35 mmol/L 时分析时间更长。结果表明, 缓冲溶液浓度越大, 分离度越好, 同时电流越大, 电渗流越小, 分析时间越长, 且产生的焦耳热越多, 灵敏度也越低。所以选择缓冲溶液浓度 25 mmol/L。

**2.3.2 分离电压的影响** 在 pH 值 9.5, 硼砂浓度 25 mmol/L 时, 比较了分离电压 20、25、30 kV 对鬼针草 80%乙醇提取液的影响 (图 3), 25 kV 时槲皮素-3-O-葡萄糖苷与提取液中其他成分分离效果较好,

20、30 kV 时槲皮素-3-O-葡萄糖苷与其他成分重合。同时可看出, 分离电压越大, 分离时间越短, 峰越窄, 但焦耳热越多, 噪声越大。实验选择分离电压 25 kV。

## 2.4 提取溶剂的优化

本实验考察了水及 20%、40%、60%、80%、100%乙醇对 10 种酚类化合物提取效率的影响, 采用上述建立的方法, 分析了 6 种不同溶剂的提取液, 每种样品按“2.1”项下供试品溶液制备方法制备, 重复进行 3 次, 实验报道的结果为 3 次分析数据的平均值。各种溶剂提取液电泳谱图见图 4, 分析结果见表 1。水提取液中除木犀草素外, 各化合物的量均较高, 因此, 本实验选择水作为提取溶剂。

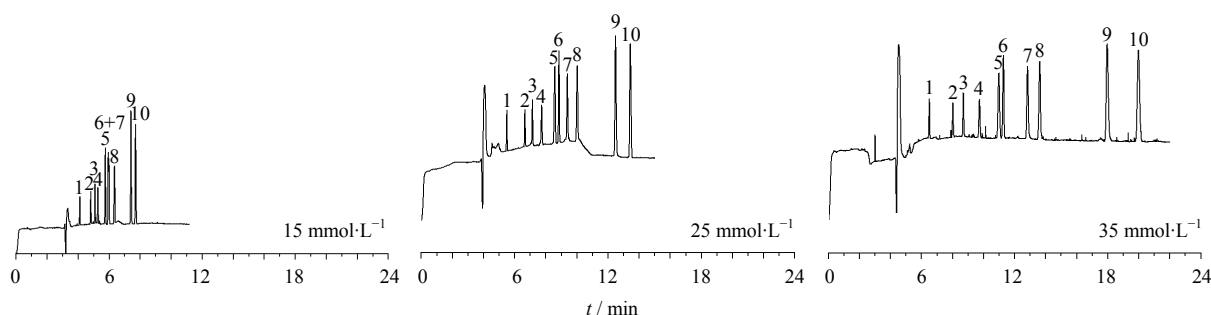


图2 硼砂缓冲液浓度对酚类化合物分离的影响

Fig. 2 Effect of borate concentration on separation of phenolic compounds

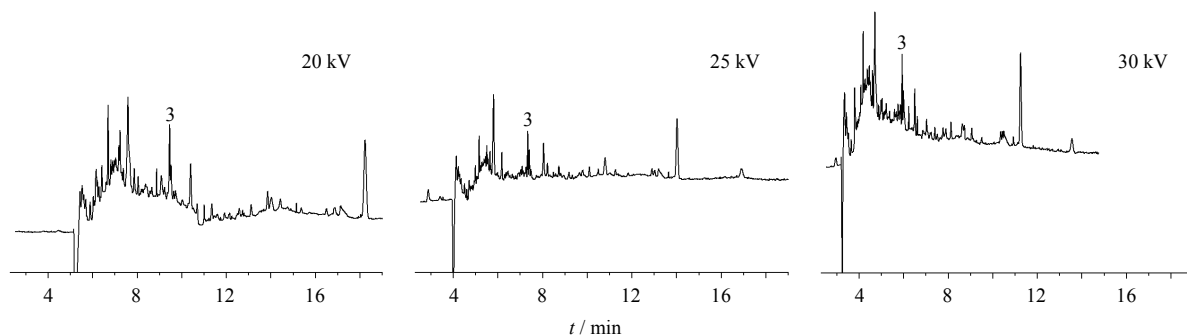


图3 分离电压对鬼针草提取液的影响

Fig. 3 Effect of separation voltage on extracting solution of *B. bipinnata*

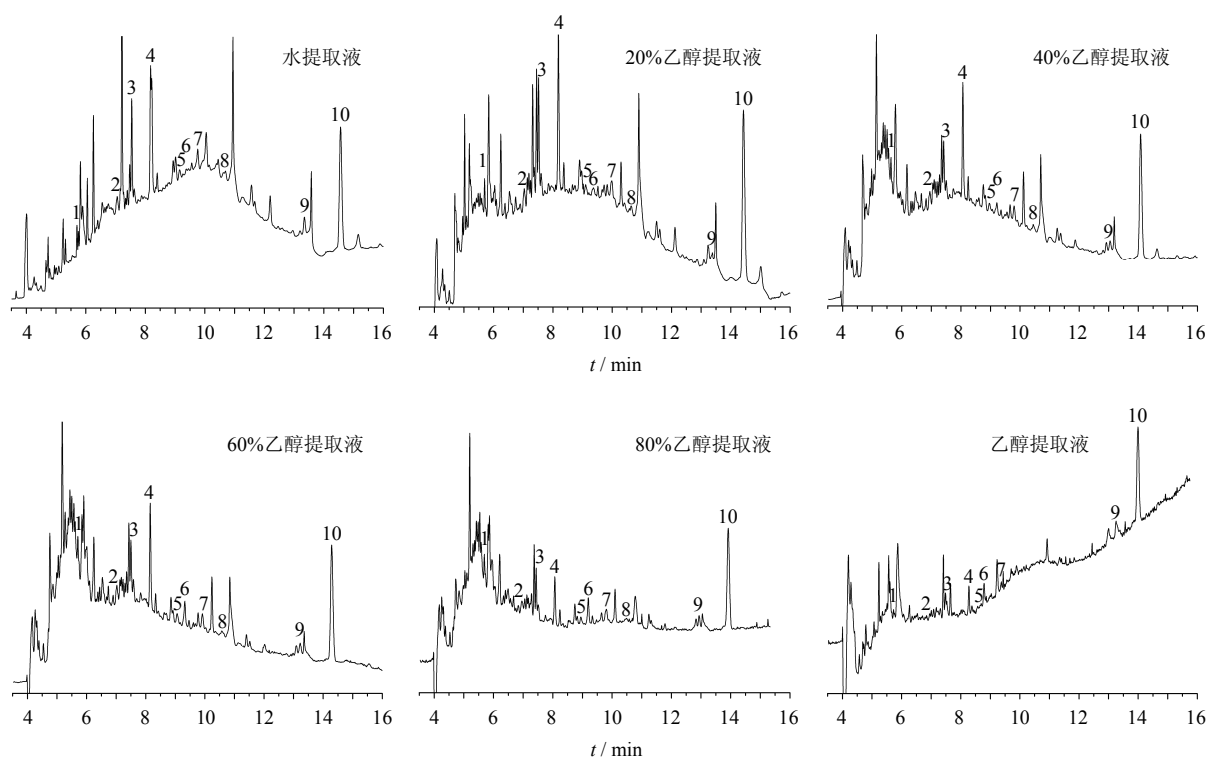


图4 鬼针草样品溶液 HPCE-DAD 谱图

Fig. 4 HPCE-DAD electropherograms of extracting solution of *B. bipinnata*

## 2.5 方法学考察

**2.5.1 线性关系考察、检出限和定量限试验** 在优化条件下, 分析测定了 1.0~120 mg/L 不同浓度的混合对照品溶液, 以峰面积积分值 ( $Y$ ) 对质量浓度 ( $X$ ) 作图, 得到线性方程、线性范围和相关系数 (0.998 4~0.999 9), 并根据 3 倍信噪比和 10 倍信噪比对应质量浓度确定其检出限和定量限。结果表明线性关系良好, 最小检出限为 0.5 mg/L, 最小定量限为 1.0 mg/L, 见表 2。

**2.5.2 精密度试验** 在上述优化条件下, 将 10 mg/L 的混合对照品溶液在同 1 天内重复进样 6 次,

计算峰面积的 RSD, 表示精密度。结果表明精密度  $RSD \leq 5.17\%$ , 见表 2。

**2.5.3 稳定性试验** 取供试品水提取液在 0、2、4、6、8、12 h 测定 10 种化合物的峰面积, 得 RSD 分别为 4.17%、2.11%、4.39%、1.62%、2.73%、4.27%、1.08%、4.55%、1.28%、1.77%, 表明供试品溶液在 12 h 内稳定。

**2.5.4 重复性试验** 取同一批供试品粉末 6 份, 制备水提取液, 进样测定, 计算各化合物的质量分数, 得 RSD 为 2.41%、1.31%、4.30%、1.78%、4.31%、5.37%、1.74%、4.31%、2.58%、4.38%。

表1 6种样品液的分析结果 ( $n=3$ )  
Table 1 Assay results for six kinds of samples ( $n=3$ )

| 提取溶剂  | 质量分数 / ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) |             |                       |             |            |
|-------|--------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|------------|
|       | 木犀草苷                                       | 芦丁          | 槲皮素-3- <i>O</i> -葡萄糖苷 | 槲皮苷         | 水杨酸        |
| 水     | 95.24±2.67                                 | 106.04±4.91 | 176.56± 8.35          | 178.78±7.62 | 65.72±1.84 |
| 20%乙醇 | 93.02±3.85                                 | 94.66±2.88  | 151.92± 4.77          | 174.08±6.61 | 66.31±1.61 |
| 40%乙醇 | 88.79±0.94                                 | 94.18±2.45  | 118.64± 5.17          | 164.12±7.90 | 65.23±0.53 |
| 60%乙醇 | 96.66±5.32                                 | 95.31±2.99  | 119.96±10.50          | 166.69±6.67 | 67.36±0.62 |
| 80%乙醇 | 85.48±2.85                                 | 80.98±1.98  | 96.65± 4.81           | 103.15±3.27 | 63.08±0.81 |
| 乙醇    | 74.56±1.03                                 | 72.00±0.41  | 71.96± 3.62           | 65.95±3.07  | —          |

| 提取溶剂  | 质量分数 / ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) |            |            |            |             |
|-------|--------------------------------------------|------------|------------|------------|-------------|
|       | 木犀草素                                       | 山柰酚        | 槲皮素        | 没食子酸       | 原儿茶酸        |
| 水     | —                                          | 91.82±4.36 | 74.11±3.16 | 86.13±3.35 | 133.96±7.94 |
| 20%乙醇 | 70.83±1.83                                 | 71.75±1.07 | 68.45±0.32 | 75.56±2.16 | 124.32±2.90 |
| 40%乙醇 | 73.74±0.82                                 | 73.54±3.84 | 69.05±0.90 | 79.27±3.18 | 115.68±5.11 |
| 60%乙醇 | 81.28±1.17                                 | 72.83±1.39 | 69.13±1.69 | 78.12±0.80 | 117.55±6.01 |
| 80%乙醇 | 77.03±1.52                                 | 72.21±3.54 | —          | 74.11±1.11 | 99.89±3.65  |
| 乙醇    | 72.71±0.81                                 | —          | —          | 73.53±1.95 | 79.13±3.45  |

“—” 未定量

“—” not be quantitative

表2 线性关系、检出限、定量限及精密度  
Table 2 Results of linear relationship, LOD, LOQ, and RSD

| 化合物                   | 线性方程                    | $r$     | 线性范围 / ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) | 检测限 / ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) | 精密度 RSD / % |
|-----------------------|-------------------------|---------|------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| 木犀草苷                  | $Y=749.32 X+221.12$     | 0.999 4 | 5.0~120                                  | 2.5                                     | 4.50        |
| 芦丁                    | $Y=792.10 X+152$        | 0.998 4 | 5.0~120                                  | 2.5                                     | 3.74        |
| 槲皮素-3- <i>O</i> -葡萄糖苷 | $Y=896.70 X+663.04$     | 0.999 0 | 5.0~120                                  | 2.5                                     | 4.16        |
| 槲皮苷                   | $Y=1\ 109.2 X+544.94$   | 0.999 4 | 5.0~120                                  | 2.5                                     | 4.21        |
| 水杨酸                   | $Y=2\ 228.8 X+1\ 679.5$ | 0.999 9 | 1.0~120                                  | 0.5                                     | 3.71        |
| 木犀草素                  | $Y=2\ 264.5 X+749.52$   | 0.999 2 | 2.5~120                                  | 1.0                                     | 4.23        |
| 山柰酚                   | $Y=1\ 772.5 X+1\ 346.3$ | 0.998 6 | 5.0~120                                  | 2.5                                     | 5.17        |
| 槲皮素                   | $Y=2\ 405.0 X+1\ 218.6$ | 0.999 7 | 2.5~120                                  | 1.0                                     | 5.03        |
| 没食子酸                  | $Y=4\ 214.9 X+228.73$   | 0.999 9 | 2.5~120                                  | 1.0                                     | 4.24        |
| 原儿茶酸                  | $Y=4\ 098.0 X+3\ 024.8$ | 0.999 7 | 2.5~120                                  | 1.0                                     | 3.97        |

**2.5.5 加样回收率试验** 精密称取6份1.0 g样品,分别精密加入相当量的对照品溶液,按“2.1”项下水提取液制备方法制备,在优化条件下分析测定,计算加样回收率。结果木犀草苷、芦丁、槲皮素-3-*O*-葡萄糖苷、槲皮苷、水杨酸、木犀草素、山柰酚、槲皮素、没食子酸、原儿茶酸的加样回收率分别为99.83%、101.07%、100.37%、99.69%、99.09%、100.49%、100.49%、98.913%、100.96%、98.85%;其RSD分别为0.94%、4.33%、1.48%、1.07%、1.30%、

1.49%、1.07%、0.40%、0.72%、0.32%。

## 2.6 样品测定

在选定的实验条件下,取不同批次鬼针草药材的样品溶液进样测定峰面积,根据线性回归方程计算出各化合物的质量分数,结果见表3。

## 3 讨论

本实验考察了不同体积分数的乙醇对10种酚类化合物提取效率的影响,结果表明,芦丁、槲皮素-3-*O*-葡萄糖苷、槲皮苷、原儿茶酸随乙醇体积分

表3 鬼针草提取液中酚类化合物的质量分数 ( $n=3$ )Table 3 Determination of phenolic compounds in extracting solution of *B. bipinnata* ( $n=3$ )

| 样品 | 质量分数 / ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) |             |                       |              |            |
|----|--------------------------------------------|-------------|-----------------------|--------------|------------|
|    | 木犀草苷                                       | 芦丁          | 槲皮素-3- <i>O</i> -葡萄糖苷 | 槲皮苷          | 水杨酸        |
| 1  | 98.00±1.67                                 | 110.45±4.36 | 177.96±7.68           | 186.17±5.84  | 66.54±2.40 |
| 2  | 95.04±2.09                                 | 100.75±4.86 | 167.60±7.32           | 179.21±4.92  | 63.61±2.07 |
| 3  | 95.24±2.67                                 | 106.04±4.91 | 176.56±8.35           | 178.78±7.62  | 65.72±1.84 |
| 4  | 115.04±4.50                                | 84.42±2.52  | 104.64±3.79           | 280.12±12.95 | 64.71±1.88 |
| 5  | 105.84±5.13                                | 78.03±3.16  | 96.45±3.66            | 261.81±10.01 | 62.06±2.86 |
| 6  | 98.58±2.50                                 | 82.50±2.91  | 110.11±4.66           | 300.00±8.41  | 66.10±1.76 |

| 样品 | 质量分数 / ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) |            |            |            |             |
|----|--------------------------------------------|------------|------------|------------|-------------|
|    | 木犀草素                                       | 山柰酚        | 槲皮素        | 没食子酸       | 原儿茶酸        |
| 1  | 71.18±2.53                                 | 92.81±4.04 | 77.43±1.84 | 88.47±3.77 | 142.43±4.29 |
| 2  | 71.50±3.31                                 | 87.05±4.07 | 71.14±2.45 | 82.29±2.37 | 126.69±6.13 |
| 3  | —                                          | 91.82±4.36 | 74.11±3.16 | 86.13±3.35 | 133.96±7.94 |
| 4  | 71.30±2.44                                 | 85.76±3.92 | 70.68±1.70 | 72.15±2.60 | 111.50±3.01 |
| 5  | 72.85±1.70                                 | 77.39±2.66 | 68.27±3.79 | 68.47±2.58 | 107.24±5.15 |
| 6  | 71.08±0.30                                 | 95.30±2.83 | 73.63±1.76 | 72.12±3.20 | 123.01±2.61 |

数增高,提取效率下降;木犀草苷、水杨酸、木犀草素、山柰酚、槲皮素、没食子酸的量偏低,在各提取液中量相差很小。

检测结果表明,HPCE-DAD 是分析鬼针草酚类化合物的一种可以选择的方法,选择合适的提取溶剂很重要,中药中化合物的提取效率与其溶解性、在中药中的量均有关。为保证实验的重复性,毛细管一定要进行充分的冲洗,本实验中乙醇提取液比较容易吸附于毛细管壁,增加碱液冲洗非常重要。

#### 参考文献

- [1] 王玲,崔东安,周绪正,等.鬼针草的化学成分与药理作用[J].现代药物与临床,2009,24(3):147-150.
- [2] 江苏新医学院.中药大辞典(下册)[M].上海:上海科学技术出版社,1986.
- [3] 张丽,徐国兵,陈卫东.中药黄酮类化合物分析方法研究进展[J].安徽中医学院学报,2011,30(6):76-80.
- [4] 邓亚宁,刘文娟,曲婷丽.HPLC法测定鬼针草总黄酮部位中芦丁的含量[J].山西医科大学学报,2011,42(11):896-898.
- [5] 胡伟,陈飞虎,吴繁荣,等.HPLC法测定鬼针草药材中金丝桃苷的含量[J].安徽医科大学学报,2008,43(6):712-713.
- [6] 李玉兰,李军,刘敏,等.小花鬼针草的毛细管电泳特征图谱研究[J].药物分析杂志,2009,29(2):179-183.
- [7] 仝战旗,高建义,陈丙跃.高效毛细管电泳法测定复方苦参结肠溶胶囊中氧化苦参碱[J].中草药,2010,41(5):725-727.