

# 彝药猪鬃草中总黄酮提取工艺研究

杨申明<sup>1,2</sup>, 王振吉<sup>1,2</sup>, 沈继森<sup>1</sup>

(1. 楚雄师范学院 化学与生命科学学院, 云南 楚雄 675000; 2. 云南省高校应用生物学重点实验室, 云南 楚雄 675000)

**摘要:**以猪鬃草为试材, 采用  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3\text{-NaNO}_2$  比色法测定了猪鬃草总黄酮的含量, 研究不同提取方法对总黄酮提取率的影响, 并通过单因素试验和正交实验, 以猪鬃草总黄酮提取率为指示, 探讨了乙醇体积分数、料液比、提取功率、提取时间对提取率的影响, 以优化猪鬃草总黄酮的提取工艺。结果表明: 采用微波法提取猪鬃草中总黄酮提取率大、操作简单、准确度较高、回收率好, 可作猪鬃草总黄酮含量提取方法; 最佳提取工艺参数为乙醇体积分数 60%、料液比 1:40 g/mL、提取功率 1 000 W、提取时间 30 s; 在该条件下测得猪鬃草中总黄酮提取率为 4.817%, 平均加样回收率为 99.48%,  $\text{RSD}=0.23\%$  ( $n=5$ )。

**关键词:**猪鬃草; 总黄酮; 微波法提取; 正交实验

**中图分类号:**S 682.35 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)11-0125-05

黄酮类化合物(flavonoids)是一类存在于自然界的、具有 2-苯基色原酮(flavone)结构的化合物, 是药用植物

中的主要活性成分之一<sup>[1]</sup>。它具有保护心血管系统、抗菌及抗病毒、抗肿瘤、抗氧化、清除自由基、镇痛、保肝等多种功效<sup>[2]</sup>, 特别是具有抗自由基及抗癌、防癌的作用, 因此, 生物类黄酮在医药、食品等领域具有广阔的应用前景<sup>[3]</sup>。因此, 黄酮的提取制备技术具有重要的经济和实用价值。

猪鬃草(*Adiantum capillus-veneris* L.) 属铁线蕨科铁线蕨属植物, 又名铁线蕨、铁线草、水猪毛七、猪毛七、石中珠、乌脚芒、铁丝草等, 全草入药<sup>[4]</sup>。主要分布于我国云南、四川、陕西、甘肃、山西、河北等地。猪鬃草性味淡、凉, 具有清热解毒, 利尿消肿等功效; 可用于治疗感冒发热、咳嗽咯血、肝炎、肠炎、痢疾、尿路感染、急性肾

**第一作者简介:**杨申明(1976-), 男, 云南双柏人, 本科, 实验师, 现主要从事天然有机物化学等研究工作。

**责任作者:**王振吉(1983-), 男, 博士, 副教授, 现主要从事天然有机物化学等研究工作。E-mail: wangzj@cxtc.edu.cn.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31300370); 云南省应用基础计划资助项目(2011FZ186); 云南省应用基础计划项目青年资助项目(2012FD049); 云南省重点建设学科, 楚雄师范学院重点建设学科基金资助项目(05YJJSXK03); 云南省高校科技创新团队支持计划资助项目(IRTSTYN); 楚雄师范学院基金资助项目(10YJYB02)。

**收稿日期:**2014-01-20

[8] 梁晓媛, 李隆云, 白志川. 青蒿中青蒿素提取工艺研究进展[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2013, 27(2): 32-38.

[9] 周毅峰, 石开明, 艾训儒, 等. 快速溶剂萃取法提取青蒿素条件研究

[J]. 中药材, 2008, 31(2): 296-298.

[10] 张玲, 杜小英, 姜锦花. 蒿素提取分离工艺研究[J]. 现代中药研究与实践, 2005, 19(6): 57-58.

## Study on Optimization of the Extraction of Artemisinin

ZHANG Ying<sup>1,2</sup>

(1. College of Biological and Chemistry Engineering, Panzhihua University, Panzhihua, Sichuan 617000; 2. Key Laboratory of Dry-hot Valley Characteristic Bio-Resources Development at University of Sichuan Province, Panzhihua, Sichuan 617000)

**Abstract:** Taking dry leaves of *Artemisia annua* L. as material and extracted yield of artemisinin as investigate indicator, artemisinin was extracted from dry leaves of *Artemisia annua* L. by using organic solvent methods. Material liquid ratio, extracting temperature and time were selected as experimental factors, orthogonal experiment was carried out on the basis of single factor experiments, in order to study the optimal extraction conditions of artemisinin. The results showed that the optimal conditions for artemisinin extraction were material-liquid ratio 1:20 g/mL, extraction temperature 50°C and extraction time 2.5 h, extracting amount of artemisinin was up to 5.27 mg/g.

**Key words:** artemisinin; orthogonal experiments; extraction rate; optimal process

炎、乳腺炎、疔疮、烧烫伤等<sup>[4-5]</sup>。云南楚雄彝族人民常用猪鬃草来治尿道感染及结石、乳腺炎、乳汁不通等,具有较好的疗效,深受广大彝族人民的喜爱。据《贵州民间方药集》记载,铁线蕨全草含挥发油、黄酮类、糖类和鞣质等多种物质。然而,有关猪鬃草中黄酮类物质的研究尚鲜见报道。该试验对猪鬃草中总黄酮进行了定性鉴定,并研究了不同方法对总黄酮提取率的影响,且进一步对提取工艺进行了优化,旨在为猪鬃草的药学价值提供参考并为其进一步开发利用提供基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试猪鬃草采自云南省楚雄市西山公园,经鉴定为铁线蕨科铁线蕨属。采后依次用自来水、蒸馏水洗净,放入远红外快速恒温(60℃)干燥箱烘干,用粉碎机粉碎后过60目筛,得猪鬃草干粉,将猪鬃草干粉密封保存,备用。

芦丁对照品(HPLC>98%)由成都思科华生物技术有限公司生产。无水乙醇、甲醇、氢氧化钠、硝酸铝、无水醋酸钠、硝酸钠、亚硝酸钠、三氯化铝、镁粉、浓盐酸、浓硫酸等,所有试剂均为AR级,由天津市风船化学试剂厂提供。

电子天平(感量0.0001 g)(上海精密科学仪器有限公司)、格兰仕 G823YL-V1 型微波炉、HH-S2S 型恒温水浴锅(金坛市大地自动化仪器厂)、SHZ-ⅢA 型循环水式真空泵(巩义市予华仪器有限责任公司)、722S 型分光光度计(山东高密彩虹分析仪器有限公司)、远红外快速恒温干燥箱(鄞城威瑞科教仪器有限公司)等。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 芦丁标准曲线的制备** 准确称取干燥至恒重的芦丁对照品 13.3 mg,用 70%乙醇溶解并定容至 50 mL 容量瓶中,摇匀,得浓度为 0.266 mg/mL 的芦丁标准溶液;准确移取 1.00 mL 芦丁标准溶液,置于 25 mL 的比色管中,加入 5%的亚硝酸钠溶液 0.50 mL,摇匀,放置 6 min 后加入 10%硝酸铝溶液 0.50 mL,摇匀,放置 6 min;再加入 4%的氢氧化钠溶液 4.00 mL,摇匀,放置 6 min,加入 70%的乙醇溶液定容至 10 mL 刻度线,摇匀,放置 10 min 后测定吸光度。以空白试剂作参比,在 460~540 nm 处测定吸光度,确定最大吸收波长。根据所测得对应波长下芦丁的吸光度可作芦丁的吸收曲线(图 1),当波长为 500 nm 时芦丁标准液具有最大吸收峰值,故确定其最大吸收波长为 500 nm。分别准确吸取芦丁标准溶液 0.00、1.00、2.00、3.00、4.00、5.00 mL 于 25 mL 比色管中,各加入 5%的亚硝酸钠溶液 0.50 mL,摇匀,放置 6 min;加入 10%硝酸铝溶液 0.50 mL,摇匀,放置 6 min;再加入 4%的氢氧化钠溶液 4.00 mL,摇匀,放置 6 min;加入 70%的乙醇溶液定容至 10 mL 刻度线,摇匀,放置 10 min 后于最大波长处测定吸光度(以试剂空

白作参比)。以吸光度为纵坐标,芦丁标准溶液浓度为横坐标做图,绘制标准曲线(图 2)。由芦丁标准曲线得回归线方程为  $A = -0.0021 + 10.9361C$ ,相关系数  $R^2 = 0.99962$ ,线性范围为 26.6~111.0 mg/mL。提取率(%) =  $C \times N \times V / M \times 100\%$ ,式中,  $C$  为根据所测溶液的吸光度值带入回归方程计算出的黄酮类化合物浓度(mg/mL),  $N$  为稀释倍数,  $V$  为提取液的体积,  $M$  为样品质量(g)。

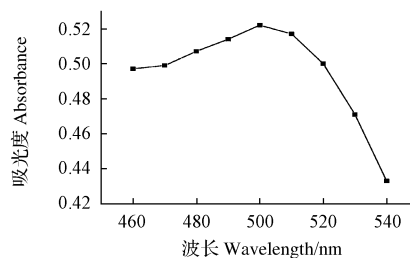


图 1 芦丁的吸收波长与吸光度的关系

Fig. 1 The relationship between absorption wavelengths and absorbance of rutin

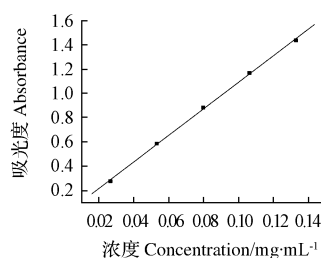


图 2 芦丁标准曲线图

Fig. 2 Rutin standard curve

**1.2.2 总黄酮含量的测定方法** 准确称取一定质量的猪鬃草干粉,加 50 mL 70%乙醇,水浴加热回流 180 min,过滤,滤液用 70%乙醇溶解并定容于 250 mL 容量瓶,摇匀,得样品液。采用  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ - $\text{NaNO}_2$  比色法测定总黄酮含量<sup>[6]</sup>。

**1.2.3 总黄酮成分的定性鉴定** 取 1 mL 样品液 4 份,分别加 4%  $\text{NaOH}$ 、1%  $\text{AlCl}_3$  乙醇溶液、盐酸-镁粉、浓硫酸进行显色反应,观察试验现象<sup>[7-8]</sup>。

**1.2.4 提取溶剂的确定** 取样品粉末 3 份,每份 0.50 g,分别加入 70%甲醇、70%乙醇、蒸馏水 20 mL,热浸提取 60 min,滤液置于 50 mL 容量瓶中,用相应溶剂定容至刻度。分别精密吸取以上制备液 1.00 mL 置于 25 mL 比色管中,按 1.2.1 项标准曲线绘制的操作方法显色后分别以相应溶剂定容至 10 mL 刻度,摇匀,放置 10 min,再分别以相应的溶剂为空白对照,在 500 nm 处测定其吸光度,计算猪鬃草中总黄酮的提取率。

**1.2.5 提取方法的确定** 称取 0.50 g 样品 3 份,分别用 20 mL 70%乙醇在 80℃热水中浸提 60 min、用 20 mL

70%乙醇在 80℃水浴中索氏提取 60 min、用 20 mL 70%乙醇微波提取(功率为 600 W 处)加热 40 s,过滤,将滤液移至 50 mL 容量瓶中,分别用 70%乙醇定容至刻度线,摇匀,待含量测定。分别精密吸取以上制备液 1.00 mL 置于 25 mL 比色管中,按标准曲线操作显色后分别以相应溶剂定容至 10 mL 刻度,摇匀,放置 10 min,再分别以相应的溶剂为空白对照,在 500 nm 波长处测定其吸光度,计算猪鬃草中总黄酮的提取率。

1.2.6 单因素试验 乙醇体积分数对猪鬃草总黄酮提取率的影响:称取 0.50 g 样品 5 份,分别置于装有 20 mL 体积分数为 30%、40%、50%、60%、70%乙醇的锥形瓶中,在功率为 600 W 处微波提取 40 s 后冷却、过滤待测。提取时间对猪鬃草总黄酮提取率的影响:称取 0.50 g 样品 5 份,分别放于 5 个锥形瓶中,加入 20 mL 50%的乙醇溶液,在功率为 600 W 微波炉中分别提取 20、30、40、50、60 s。提取完毕后冷却、过滤待测。提取功率对猪鬃草总黄酮提取率的影响:称取 0.50 g 样品 5 份,分别放于 5 个锥形瓶中,加入 20 mL 50%的乙醇溶液在功率为 1 000、800、600、400、200 W 处微波提取。提取完毕后冷却、过滤待测。料液比对猪鬃草总黄酮提取率的影响:称取 0.50 g 样品 5 份,分别放于 5 个锥形瓶中,分别加入 10、15、20、25、30 mL 50%乙醇溶液在功率为 600 W 处微波提取 30 s。提取完毕后冷却、过滤。以上各待测液用 50%乙醇定容于 50 mL 容量瓶,然后用吸量管分别准确吸取 1.00 mL 于 5 支 25 mL 比色管中,按 1.2.1 项方法显色后定容至 10 mL 刻度,摇匀,放置 10 min,再以相应的溶剂为空白对照,在 500 nm 处测定其吸光度,计算猪鬃草中总黄酮的提取率<sup>[8-10]</sup>。

1.2.7 正交实验 在单因素试验的基础上,结合药材性质及实际生产要求,以提取时间(A)、乙醇体积分数(B)、料液比(C)、提取功率(D)为考察因素,以猪鬃草中总黄酮提取率为评价指标,进行  $L_9(3^4)$  正交实验探索最优条件。

表 1 正交实验因素与水平

Table 1 The factors and levels of orthogonal test

水平 Level	A 提取时间 Extraction time /s	B 乙醇体积分数 Ethanol concentration/%	C 料液比 Ratio of material to liquid/g · mL <sup>-1</sup>	D 功率 Power /W
1	30	40	1:30	1 000
2	40	50	1:40	800
3	50	60	1:50	600

1.2.8 重现性试验 根据正交实验的分析结果,依照最佳提取工艺进行提取试验,对猪鬃草样品平行提取 3 次,计算精密度。

1.2.9 加样回收试验 取已测得总黄酮提取率的猪鬃

草样品溶液 1.0 mL,分别加入 0.0266 mg/mL 芦丁对照液 1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 mL,计算回收率。

### 1.3 数据分析

用 DPS 数据处理软件对试验数据进行分析处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 样品提取液的定性试验

经查阅大量资料,黄酮类化合物的颜色反应很多,且不同黄酮类化合物呈色反应的结果也不一样<sup>[11]</sup>,从表 2 可以看出,猪鬃草的提取液中含有黄酮类化合物。

表 2 黄酮类化合物的显色反应

Table 2 The color reaction of flavonoids

类别 Category	盐酸-镁粉	NaOH	AlCl <sub>3</sub>	浓硫酸
黄酮 Flavones	黄→红	黄	灰黄	黄→橙
黄酮醇 Flavonols	红→紫红	深黄	黄	黄→橙
异黄酮 Isoflavones	—	黄	—	黄
二氢黄酮 Flavanones	红、紫或蓝	黄→橙	—	橙→紫
查耳酮 Chalcones	—	橙红	橙黄	橙紫
橙酮 Aurones	—	橙红	灰黄或橙	红、洋红
猪鬃草 <i>Adiantum capillus-veneris</i>	橙红色	黄色	黄色	橙黄色

### 2.2 提取溶剂的确定

由表 3 可知,3 个提取溶剂中,以 70%乙醇提取的总黄酮提取率最高,为 4.49%。故该试验选择乙醇为提取溶剂。

表 3 不同提取溶剂对总黄酮提取率的影响

Table 3 The influence of different extraction solvents on the rate of total flavonoids extraction

提取溶剂 Extraction solvents	吸光度 Absorbance	总黄酮提取率 Extraction rate of total flavonoids/%
70%甲醇 70% Methanol	0.451	4.14
70%乙醇 70% Ethanol	0.489	4.49
蒸馏水 Distilled water	0.354	3.26

### 2.3 提取方法的确定

由表 4 可知,3 种提取方法中,以微波提取法的总黄酮提取率最高,为 4.87%,故该试验选择微波法提取作为提取方法。

表 4 不同提取方法对总黄酮提取率的影响

Table 4 The influence of different extraction methods on the extraction rate of total flavonoids

提取方法 Extraction method	吸光度 Absorbance	总黄酮提取率 Extraction rate of total flavonoids/%
热浸提法 Heat extraction	0.489	4.49
索氏提取法 Soxhlet extraction	0.159	1.47
微波提取法 Microwave extraction	0.531	4.87

### 2.4 单因素试验结果

#### 2.4.1 乙醇体积分数对猪鬃草总黄酮提取率的影响

由表 5 可知,在其它因素不变的情况下,猪鬃草中总黄酮的提取率随乙醇体积分数的提高而增大,当乙醇体积分数为 50% 时,猪鬃草总黄酮的提取率最大。而当乙醇体积分超过 50% 时,提取率反而下降。这是由于大部分黄酮类化合物易溶于乙醇类有机溶剂,因此,随着有机溶剂量的增加,总黄酮提取率提高,但当有机溶剂体积分过大时,一些水溶性黄酮类化合物的溶出量降低,从而导致总黄酮的提取率降低。

表 5 乙醇体积分对总黄酮提取率的影响

Table 5 Effect of ethanol concentration on extraction rate of total flavonoids

乙醇体积分 Ethanol concentration/ %	30	40	50	60	70
提取率 Extraction rate/ %	2.4553	3.2023	4.0699	1.1620	1.1314

2.4.2 提取时间对猪鬃草总黄酮提取率的影响 由表 6 可知,在其它因素不变的情况下,猪鬃草中总黄酮的提取率随提取时间的延长而增大,40 s 后,提取时间的改变对提取效果的影响不明显,这可能是因为长时间微波的强热效应对黄酮有分解作用,以及长时间微波蒸发溶剂导致了黄酮溶出减少。

表 6 提取时间对总黄酮提取率的影响

Table 6 Effect of extraction time on extraction rate of total flavonoids

时间 Time/s	20	30	40	50	60
提取率 Extraction rate/ %	2.4715	2.9739	4.6627	4.2294	4.0918

2.4.3 提取功率对猪鬃草总黄酮提取率的影响 由表 7 可知,在其它因素不变的情况下,猪鬃草中总黄酮的提取率随提取功率的增大而增大,当微波功率为 600 W 时,猪鬃草总黄酮的提取率最大。而当微波功率超过 800 W 时,提取率反而下降,这可能是较强的微波强度使得猪鬃草中黄酮类化合物分解,导致提取率下降。

表 7 提取功率对总黄酮提取率的影响

Table 7 Effect of extraction power on extraction rate of total flavonoids

功率 Power/W	1 000	800	600	400	200
提取率 Extraction rate/ %	3.3916	3.6741	3.9667	2.9741	1.9537

2.4.4 料液比对猪鬃草总黄酮提取率的影响 由表 8 可知,在其它因素不变的情况下,猪鬃草中总黄酮的提取率随溶剂的增加而增大。在 1:30~1:40 g/mL 时提取量增加最多。这可能是在一定范围内溶剂用量增加有助于猪鬃草中总黄酮的浸出。溶剂用量少,提取不太完全,但溶剂用量太大,微波加热的负荷增大,达到提取完全所需要的时间也要增长,使所得提取溶液中黄酮浓度降低。因此,在提取量相差不多时候,选择较小的料液比可以节约成本,综合考虑下来,采用 1:40 g/mL 比较合理。

## 2.5 正交实验结果

由表 9 可知,各因素对猪鬃草总黄酮提取率的影响

程度不同,其影响的主次顺序为 A>D>C>B,即提取时间>提取功率>料液比>乙醇体积分。提取时间为显著影响因素,极差分析最佳组合为 A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>D<sub>1</sub>,即提取时间为 30 s,提取功率为 1 000 W,料液比为 1:40 g/mL,乙醇体积分数为 60%<sup>[11-12]</sup>。

表 8 料液比对总黄酮提取率的影响

Table 8 Effect of ratio of material to liquid on extraction rate of total flavonoids

料液比 Ratio of material to liquid/g · mL <sup>-1</sup>	1:20	1:30	1:40	1:50	1:60
提取率 Extraction rate/ %	3.9224	4.0933	4.4155	4.3278	4.2768

表 9 正交实验结果

Table 9 The results of orthogonal experiments

序号 Number	A 提取时间 Extraction time/s	B 乙醇体积分 Ethanol concentration/ %	C 料液比 Ratio of material to liquid/g · mL <sup>-1</sup>	D 提取功率 Extraction power /W	提取率 Extraction rate/ %
1	1	1	1	1	4.8930
2	1	2	2	2	5.1216
3	1	3	3	3	5.0941
4	2	1	2	3	4.4998
5	2	2	3	1	4.9387
6	2	3	1	2	4.3718
7	3	1	3	2	4.5455
8	3	2	1	3	4.6004
9	3	3	2	1	5.2130
K <sub>1</sub>	15.1087	13.9383	13.8652	15.0447	
K <sub>2</sub>	13.8103	14.6007	14.8344	14.0389	
K <sub>3</sub>	14.2589	14.6789	14.5783	14.1938	
R	1.2984	0.7406	0.9692	1.0058	

## 2.6 重现性试验

由表 10 可知,总黄酮平均提取率为 4.817%,RSD 为 0.380%,表明在最佳提取工艺条件下,利用该方法提取精密度好。

表 10 猪鬃草中总黄酮提取率

Table 10 The extraction rate of total flavonoids in Maidenhair

序号 Number	吸光度 Absorbance	浓度 Concentration /mg · mL <sup>-1</sup>	提取率 Extraction rate/ %	平均提取率 Mean extraction rate/ %	RSD/ %
1	0.527	0.04338	4.838		
2	0.523	0.04802	4.802	4.817	0.380
3	0.524	0.04812	4.812		

## 2.7 加样回收试验

由表 11 可知,加样回收试验结果为平均回收率为 99.48%,RSD 值为 0.23%。



表 11 回收率试验结果

Table 11 Results of recovery test

样品量 Sample dosage/mg	加入量 Addition dosage/mg	测得量 Measured value/mg	回收率 Recovery rate/%	平均回收率 Mean recovery rate/%	RSD/%
0.0502	0.0266	0.0755	98.31		
0.0502	0.0532	0.1000	96.71		
0.0502	0.0798	0.1325	101.92	99.48	0.23
0.0502	0.1064	0.1545	98.66		
0.0502	0.1330	0.1850	101.80		

### 3 讨论与结论

黄酮类化合物易溶于甲醇、乙醇、水等溶剂中,该试验选择甲醇、乙醇和水 3 种提取溶剂进行试验,通过试验发现乙醇的提取效果比甲醇好,故选择乙醇作为提取溶剂。通过比较热浸提法、索氏提取法、微波提取法 3 种方法,发现微波提取法的提取率明显高于其它 2 种方法,故该试验采用微波法提取。微波法提取与传统的热浸提法、回流法提取相比具有省时、高效、清洁等特点。

正交实验结果表明,各因素对猪鬃草总黄酮提取率的影响程度不同,在趋于提取平衡的条件下,其影响的主次顺序为提取时间>提取功率>料液比>乙醇体积分数。通过正交实验结果以及最优参数的验证试验,最佳提取工艺条件为  $A_1B_3C_2D_1$ ,即提取时间为 30 s,提取功率为 1 000 W,料液比为 1:40 g/mL,乙醇体积分数为 60%。在此条件下进行提取试验,所得猪鬃草中总黄酮平均提取率为 4.817%,加标平均回收率为 99.48%

( $RSD=0.23\%$ ,  $n=5$ )。说明测量准确度较高,回收率好,适合于总黄酮含量的测定。

该研究结果表明,彝猪猪鬃草中含有丰富的黄酮类化合物,是一种具有极大开发价值的民族药。通过对猪鬃草总黄酮的提取工艺的研究,探索出了一条高效的、适应工业化生产的猪鬃草总黄酮提取工艺路线,为其进一步开发利用提供技术保证。

### 参考文献

- [1] 陈业高.植物化学成分[M].北京:化学工业出版社,2004:229.
- [2] 徐向容,王文华,李华斌.荧光法测定 Fenton 反应产生的羟自由基[J].分析化学,1998,26(12):1460-1463.
- [3] 陈丛瑾,黄克瀛,王贵武,等.香椿叶总黄酮不同提取方法的比较[J].食品研究与开发,2008,29(3):57-60.
- [4] 全国中草药汇编编写组.全国中草药汇编[M].北京:人民卫生出版社,1975:799-800.
- [5] 南京中医药大学.中药大辞典[M].上海:上海科学技术出版社,2006.
- [6] 古丽娜尔·夏衣马尔旦.黄连中总黄酮含量测定及提取工艺研究[J].新疆师范大学学报,2010,29(1):75-78.
- [7] [美]罗伯特 D·布朗.最新仪器分析技术全书[M].北京:化学工业出版社,1987:181.
- [8] 曾里,刘世贵.微波技术应用于银杏黄酮浸提的研究[J].四川大学学报(自然科学版),2004(4):833-836.
- [9] 高梦祥,赵喜红.柿叶黄酮类物质的提取工艺研究[J].陕西农业科学,2005(3):41-43.
- [10] 李燕,曾庆华.正交实验法优选紫苏叶中总黄酮提取工艺[J].农业机械,2011(17):148-150.
- [11] 何兰,姜志宏.天然产物资源化学[M].北京:科学出版社,2008:356.

## Study of the Extraction Technology of Total Flavonoids in *Adiantum capillus-veneris*

YANG Shen-ming<sup>1,2</sup>, WANG Zhen-ji<sup>1,2</sup>, SHEN Ji-sen<sup>1</sup>

(1. Department of Chemistry and Life Science, Chuxiong Normal University, Chuxiong, Yunnan 675000; 2. Yunnan Province Universities Key Laboratory of Applied Biology, Chuxiong, Yunnan 675000)

**Abstract:** Taking *Adiantum capillus-veneris* as material, total flavonoid content was measured by using  $Al(NO_3)_3-NaNO_2$  colorimetric method, effect of different methods on extraction rate of total flavonoid was studied. Based on the single factor experiment, using  $L_9(3^4)$  orthogonal experiment, with the total flavonoids extraction rate as the indicator, effect of ethanol concentration, solid-liquid ratio, extraction power, extraction time on the extraction rate was studied in order to optimize the extraction technology of total flavonoids from *Adiantum capillus-veneris*. The results showed that the extraction rate of total flavonoids was the highest by using microwave method and it was simple operation, high accuracy and reliable. The optimum extraction process parameters were as followed: the volume fraction of ethanol 60%, ratio of material to liquid 1:40 g/mL, extraction power 1 000 W, and extraction time 30 s. The measured total flavonoids extraction rate was 4.817% under such condition, and the average recovery was 99.48%,  $RSD=2.30\%$  ( $n=5$ ).

**Key words:** *Adiantum capillus-veneris*; total flavonoids; microwave extraction; orthogonal experiment