

超声波-乙醇法提取甜茶总黄酮工艺优化

钟翠娟¹, 王小明^{1,2*}, 张鹏^{1,2}, 蒋敏¹

(1. 广西科技师范学院食品与生化工程学院, 广西来宾 546199; 2. 广西科技师范学院特色瑶药资源研究与开发重点实验室, 广西来宾 546199)

摘要 采用超声波-乙醇提取法从甜茶中提取总黄酮, 考察乙醇浓度、料液比、超声波功率、提取温度、提取时间对甜茶中总黄酮提取率的影响, 通过单因素试验和正交试验得出甜茶中总黄酮超声波-乙醇提取法的最佳工艺条件为乙醇浓度 60%、料液比 1:35 (g:mL)、超声波功率 80 W、提取温度 60 ℃、提取时间 65 min, 此条件下, 甜茶中总黄酮提取率为 7.41%。

关键词 甜茶; 总黄酮; 超声波; 提取得率

中图分类号 TQ 461 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)20-0172-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.20.046



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Optimization of Extraction of Total Flavonoids from Sweet Tea by Ultrasonic Ethanol Method

ZHONG Cui-juan¹, WANG Xiao-ming^{1,2}, ZHANG Peng^{1,2} et al (1. College of Food & Biochemical Engineering, Guangxi Science & Technology Normal University, Laibin, Guangxi 546199; 2. Key Laboratory for Research and Development of Characteristic Yao Medicine Resources, Guangxi Science & Technology Normal University, Laibin, Guangxi 546119)

Abstract The effects of ethanol concentration, ratio of material to liquid, ultrasonic power, extraction temperature and extraction time on the extraction rate of total flavonoids from sweet tea were investigated by ultrasonic ethanol extraction method. The optimum extraction conditions of total flavonoids from sweet tea obtained by single factor experiment and orthogonal test were as follows: ethanol concentration 60%, ratio of material to liquid 1:35 (g:mL), ultrasonic power 80 W. When the extraction temperature was 60 ℃ and the extraction time was 65 min, the extraction rate of total flavonoids in sweet tea was 7.41%.

Key words Sweet tea; Total flavonoids; Ultrasonic; Extraction yield

蔷薇科甜茶, 又名甜叶悬钩子, 在广西被称为“神茶”, 是我国广西唯一一种既能作处方药又能作茶饮的天然“药食同源”茶^[1]。广西甜茶集中分布在广西中南部, 尤以金秀大瑶山甜茶为代表。甜茶含有甜茶素、甜茶多酚和黄酮类化合物等成分^[2]。饮用甜茶有润肺、清热、醒酒、降脂、降压、降胆固醇、抑制和延缓血管硬化、防治冠心病及关节炎等效果; 还能防治热咳、口腔炎、咽喉炎、声音嘶哑等症^[3]; 同时还具有提高人体免疫力的保健功能。研究证明, 甜茶所含的黄酮类化合物具有重要利用价值, 得到国内外食品及医药界广泛重视。提取甜茶总黄酮方法有溶剂提取法、超声波辅助提取法、微波辅助提取法、 β -环糊精提取法、酶辅助提取法、超微粉碎法、机械化学辅助提取法等^[4]。而超声波辅助提取法具有提取时间短、提取温度低、提取得率高等特点^[5]。

该试验采用超声波-乙醇法从甜茶中提取总黄酮, 通过单因素和正交试验得出超声波-乙醇法提取甜茶中总黄酮的最佳工艺条件, 为甜茶叶总黄酮进一步开发和利用提供理论依据。

1 材料与试验方法

1.1 材料与试剂 干甜茶, 产自广西来宾市金秀县(甜茶叶的嫩叶与老叶比约为 1:1, 按绿茶加工工艺生产, 水分含量 49.3 g/kg, 粉碎后过 80 目筛备用); 芦丁标准品(95%), 上海阿拉丁生化科技股份有限公司; 无水乙醇、硝酸铝、亚硝酸

钠、氢氧化钠均为分析纯。

1.2 仪器与设备 电子分析天平(上海越平科学仪器有限公司); 电热恒温鼓风干燥箱(上海跃进医疗器械有限公司); FW177 中草药粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司); BILON-2000CT 多用途恒温超声波提取机(上海比朗仪器制造有限公司); UV-2600 紫外可见分光光度计(岛津企业管理有限公司)等。

1.3 方法

1.3.1 总黄酮浓度测定方法。

1.3.1.1 标准曲线的测定^[1,6-9]。准确称量芦丁标准品 25.0 mg 于烧杯中, 以 60% 乙醇溶液溶解并定容到 250 mL 容量瓶中, 配制得 0.1 mg/mL 芦丁标准对照液。准确移取芦丁标准对照液 0.0、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0 mL 于 10 mL 试管中, 分别加入 5% 亚硝酸钠溶液 0.3 mL, 摇晃混合均匀, 静置 6 min, 再加 10% 硝酸铝溶液 0.3 mL, 摇晃混合均匀, 静置 6 min, 再加 4% 氢氧化钠溶液 5 mL, 以 60% 乙醇溶液定容至 10 mL 刻度, 摇晃混合均匀, 静置 20 min, 得到的芦丁标准液浓度分别是 0.000、0.020、0.025、0.030、0.035、0.040、0.045、0.050 mg/mL, 以浓度为 0.000 mg/mL 的标液为空白对照, 在 400~700 nm 下进行全波长扫描, 均测出在 510 nm 处有最大吸光度, 因此以 510 nm 波长为芦丁标准液的测定波长。以芦丁标准液浓度为纵坐标(y)和吸光度为横坐标(x)进行线性回归, 由图 1 可知, 所得线性回归方程为 $y = 0.0882x + 0.000002$, $R^2 = 0.9998 > 0.99$, 表明该标准曲线具有良好线性关系, 可作为标准参考曲线。

1.3.1.2 显色溶液的制备。准确移取待测样品溶液 2 mL 置于 10 mL 试管中, 分别加入 5% 亚硝酸钠溶液 0.3 mL, 摇晃混合均匀, 静置 6 min, 再加 10% 硝酸铝溶液 0.3 mL, 摇晃混合

基金项目 2017 年度广西高校中青年教师基础能力提升项目(2017KY0898); 2018 年广西自治区级大学生创新创业训练计划项目(201811546031)。

作者简介 钟翠娟(1993—), 女, 广西苍梧人, 从事食品活性成分分析研究。* 通信作者, 高级工程师, 硕士, 从事食品与生物化学工程技术研究。

收稿日期 2019-07-09; **修回日期** 2019-07-24

均匀,静置 6 min,再加 4% 氢氧化钠溶液 5 mL,以水定容至 10 mL 刻度,摇晃混合均匀,静置 20 min,即得到显色溶液。

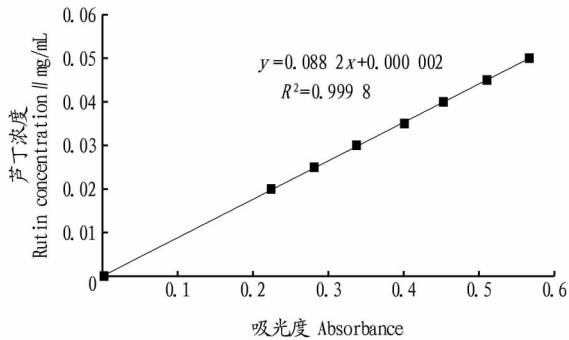


图1 芦丁标准曲线

Fig.1 Rutin standard curve

1.3.1.3 总黄酮浓度和提取率测定。按“1.3.1.2”方法制备得到显色溶液,以 510 nm 为样品溶液测定波长,在该波长下测定显色溶液的吸光度 x_1 ,代入“1.3.1.1”线性回归方程算出显色溶液的总黄酮浓度 y_1 。按公式(1)计算显色溶液的总黄酮浓度 y_1 ;按公式(2)计算样液溶液的总黄酮浓度 y_2 ,按公式(3)计算总黄酮提取得率。

$$y_1(\text{mg/mL}) = 0.0882x_1 + 0.000002 \quad (1)$$

$$y_2(\text{mg/mL}) = \frac{y_1}{2} \times 10 \quad (2)$$

$$\text{总黄酮的提取得率} = \frac{y_2 \times v}{1000 \times m} \times 100\% \quad (3)$$

式中, y_1 为显色溶液的总黄酮浓度 (mg/mL); y_2 为样品溶液的总黄酮浓度 (mg/mL); v 为提取液定容体积 (mL); m 为甜茶干粉质量 (g)。

1.3.2 超声波-乙醇提取总黄酮单因素试验方法。

1.3.2.1 乙醇浓度对总黄酮提取得率的影响。取甜茶于 105 °C 鼓风干燥箱中烘干 2 h,经粉碎机粉碎,过 80 目筛备用。准确称取甜茶干粉各 2 g 置于 250 mL 烧杯中,以甜茶总黄酮提取得率为评价指标进行单因素试验,分别研究不同体积分数乙醇对超声波-乙醇提取甜茶总黄酮的影响。按甜茶粉末质量与乙醇体积比 1:30 (g:mL)、超声波功率 80 W、提取温度 50 °C、提取时间 45 min,开展不同乙醇浓度 (50%、55%、60%、65%、70%) 提取甜茶叶总黄酮得率的单因素试验。提取液于 4 500 r/min 离心分离 6 min,收集上清液,用蒸馏水清洗沉淀,离心分离 2 次收集上清液,将上清液定容于 1 000 mL 容量瓶中,测定甜茶总黄酮提取得率,找出最佳乙醇浓度^[9-12]。

1.3.2.2 料液比对总黄酮提取得率的影响。准确称取甜茶干粉各 2 g 置于 250 mL 烧杯中,以甜茶总黄酮提取得率为评价指标进行单因素试验,分别研究不同甜茶粉质量与乙醇体积比对超声波-乙醇提取甜茶总黄酮的影响。按单因素试验所得的最佳乙醇浓度、超声波功率 80 W、提取温度 50 °C、提取时间 45 min,开展不同料液比 (1:20、1:25、1:30、1:35、1:40 (g:mL)) 对提取甜茶总黄酮得率的单因素试验。提取液于 4 500 r/min 离心分离 6 min,收集上清液,用蒸馏水清洗

沉淀,离心分离 2 次收集上清液,将上清液定容于 1 000 mL 容量瓶中,测定甜茶总黄酮提取得率,找出最佳甜茶粉质量与乙醇体积比 (料液比)。

1.3.2.3 超声波功率对总黄酮提取得率的影响。准确称取甜茶干粉各 2 g 置于 250 mL 烧杯中,以甜茶总黄酮提取得率为评价指标进行单因素试验,分别研究不同超声波功率对超声波-乙醇提取甜茶总黄酮的影响。按单因素试验所得的最佳乙醇浓度、最佳料液比、提取温度 50 °C、提取时间 45 min,开展不同超声波功率 (40、60、80、100、120 W) 对提取甜茶总黄酮得率的单因素试验。提取液于 4 500 r/min 离心分离 6 min,收集上清液,用蒸馏水清洗沉淀,离心分离 2 次收集上清液,将上清液定容于 1 000 mL 容量瓶中,测定甜茶总黄酮提取得率,找出最佳超声波功率。

1.3.2.4 提取温度对总黄酮提取得率的影响。准确称取甜茶干粉各 2 g 置于 250 mL 烧杯中,以甜茶总黄酮提取得率为评价指标进行单因素试验,分别研究不同提取温度对超声波-乙醇提取甜茶总黄酮的影响。按单因素试验所得的最佳乙醇浓度、最佳料液比、最佳超声波功率、提取时间 45 min,开展不同提取温度 (30、40、50、60、70 °C) 对提取甜茶总黄酮得率的单因素试验。提取液于 4 500 r/min 离心分离 6 min,收集上清液,用蒸馏水清洗沉淀,离心分离 2 次收集上清液,将上清液定容于 1 000 mL 容量瓶中,测定甜茶总黄酮提取得率,找出最佳提取温度。

1.3.2.5 提取时间对总黄酮提取得率的影响。准确称取甜茶干粉各 2 g 置于 250 mL 烧杯中,以甜茶总黄酮提取得率为评价指标进行单因素试验,分别研究不同提取时间对超声波-乙醇提取甜茶总黄酮的影响。按单因素试验所得的最佳乙醇浓度、最佳料液比、最佳超声波功率、最佳提取温度,开展不同提取时间 (25、35、45、55、65 min) 对提取甜茶总黄酮得率的单因素试验。提取液于 4 500 r/min 离心分离 6 min,收集上清液,用蒸馏水清洗沉淀,离心分离 2 次收集上清液,将上清液定容于 1 000 mL 容量瓶中,测定甜茶总黄酮提取得率,找出最佳提取时间。

1.3.3 正交试验优化方法。根据单因素试验结果,选择乙醇浓度、料液比、超声波功率、提取温度和提取时间为 5 个主要考察因素,每个因素设 3 个水平,采用 $L_{18}(3^7)$ 设计正交试验,正交试验因素和水平表如表 1。以总黄酮提取得率为评价指标,进行正交试验优化。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果与分析

2.1.1 乙醇浓度对甜茶总黄酮提取得率的影响。由图 2 可知,随着乙醇浓度的增大,甜茶总黄酮提取得率呈现先升高后降低的趋势,在乙醇浓度为 60% 时提取得率最大。这可能是由于甜茶中有其他醇溶性杂质,当乙醇浓度增大时,高浓度乙醇可以沉淀甜茶中的粗蛋白、寡糖和多糖等,这些被沉淀的物质可能夹杂或包裹一部分总黄酮,导致总黄酮提取得率下降。因此,选定最佳乙醇浓度为 60%。

表1 正交试验因素和水平
Table 1 Orthogonal test factors and level

水平 Level	因素 Factor				
	A 乙醇浓度 Ethanol concentration // %	B 料液比 Ratio of material to liquid // g/mL	C 超声波功率 Ultrasonic power // W	D 提取温度 Extraction temperature // °C	E 提取时间 Extraction time // min
1	55	1:30	60	40	45
2	60	1:35	80	50	55
3	65	1:40	100	60	65

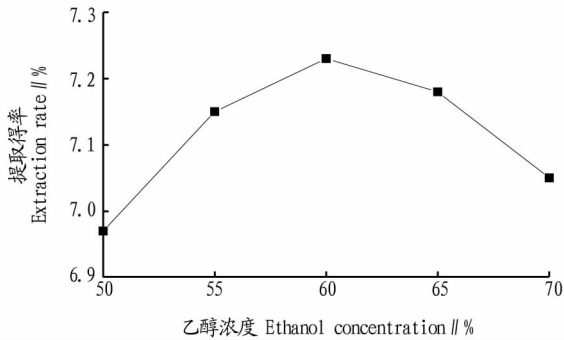


图2 乙醇浓度对甜茶总黄酮提取得率的影响

Fig.2 Effect of ethanol concentration on extraction yield of total flavonoids from sweet tea

2.1.2 料液比对甜茶总黄酮提取得率的影响。由图3可知,随着料液比不断增大,总黄酮提取得率先上升后略有下降,当甜茶粉质量与乙醇体积比为1:35时,提取得率最大。这可能是由于甜茶粉质量与乙醇体积比在1:20至1:35时,适当加大溶剂体积,甜茶粉可以完全浸泡在溶剂中,甜茶粉总黄酮能够更加充分地溶解在溶剂中,总黄酮提取得率呈上升趋势;而之后继续将料液比增大,提取得率开始呈现缓慢下降趋势,这可能是由于随着料液比增大,溶剂也吸收一部分超声波,溶质分到的超声波相对减少,从而降低了细胞对超声波的吸收量,细胞被破碎得不够充分,导致部分总黄酮未被溶出而使提取得率下降。因此,选定最佳料液比为1:35。

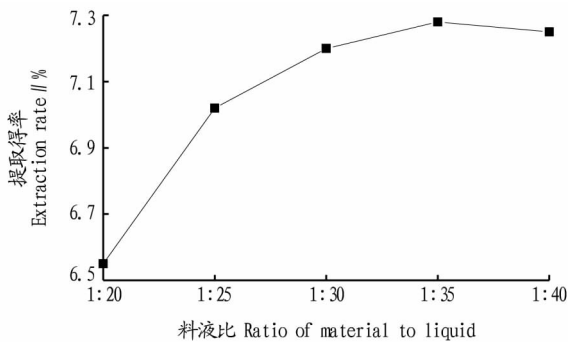


图3 料液比对甜茶总黄酮提取得率的影响

Fig.3 Effect of ratio of material to liquid on extraction yield of total flavonoids from sweet tea

2.1.3 超声波功率对甜茶总黄酮提取得率的影响。由图4可知,超声波功率由40 W上升至80 W时,甜茶总黄酮提取得率明显呈上升趋势,当大于80 W时,甜茶总黄酮提取得率降低。研究表明,在超声波辅助提取法中,利用超声波的强震动、高加速度、强空化效应和强搅拌作用促进细胞破裂,使

甜茶总黄酮在较短时间内进入溶剂。超声波功率较低时,超声波对细胞的破碎程度不够显著,所以提取得率较低。而当超声波功率增大时,分子之间运动强度加剧,从而使甜茶总黄酮提取得率增大。但当超声波功率过大时,可能由于分子之间运动强度过于剧烈,导致甜茶中活性物质之间发生反应,从而使甜茶总黄酮受到破坏,所以超声波功率大于80 W时甜茶总黄酮提取得率出现下降现象。因此,选定最佳超声波功率为80 W。

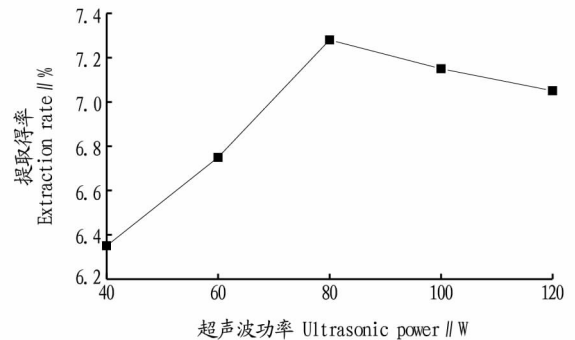


图4 超声波功率对甜茶总黄酮提取得率的影响

Fig.4 Effect of ultrasonic power on extraction yield of total flavonoids from sweet tea

2.1.4 提取温度对甜茶总黄酮提取得率的影响。由图5可知,提取温度在30~50 °C时,随着提取温度不断升高,甜茶总黄酮提取得率明显呈上升趋势,当温度达50 °C时,提取得率最大。原因是随着温度升高,分子之间的运动速率加快,使得甜茶总黄酮溶解、扩散到溶剂中的速率也随之加快。较高温度还可增加细胞膜通透性,使甜茶中的总黄酮更容易渗透出来,从而提高了提取得率。而当温度高于50 °C时,提取得率出现缓慢下降趋势,可能的原因是高温促进黄酮类化合物

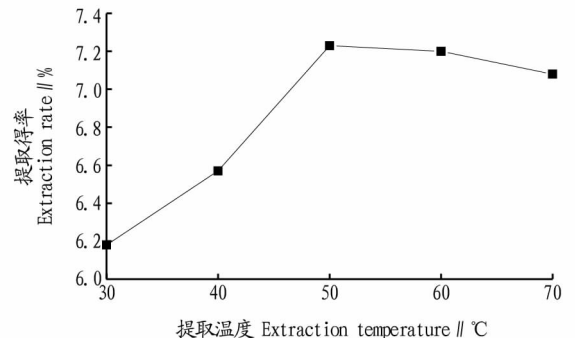


图5 提取温度对甜茶总黄酮提取得率的影响

Fig.5 Effect of extraction temperature on extraction yield of total flavonoids from sweet tea

与其他物质之间发生化学反应,尤其是氧化还原反应,导致总黄酮损失而出现提取得率降低。因此,选定最佳提取温度为 50 ℃。

2.1.5 提取时间对甜茶总黄酮提取得率的影响。由图 6 可知,提取时间为 25~55 min 时,随着提取时间不断延长,甜茶总黄酮提取得率明显呈上升趋势,当提取时间达 55 min 时提取得率最大,而当提取时间继续延长时,提取得率呈现缓慢下降的趋势。可能的原因是随着提取时间的延长,超声波和温度共同作用促使黄酮类化合物与其他物质之间发生化学反应,尤其是氧化还原反应,导致总黄酮损失而出现提取得率缓慢降低。因此,选定最佳提取时间为 55 min。

2.2 正交试验结果与分析 由表 2 可知,影响甜茶总黄酮提取得率的主次因素依次为料液比、超声波功率、提取温度、乙醇浓度、提取时间,最优方案为 A₂B₂C₂D₃E₃,即乙醇浓度 60%、料液比 1:35、超声波功率 80 W、提取温度 60 ℃、提取时

间 65 min。正交表中有该试验工艺组合,且该试验工艺组合的提取得率 7.41% 大于正交表中的其他工艺组合,因此确定该工艺组合为最优工艺组合。

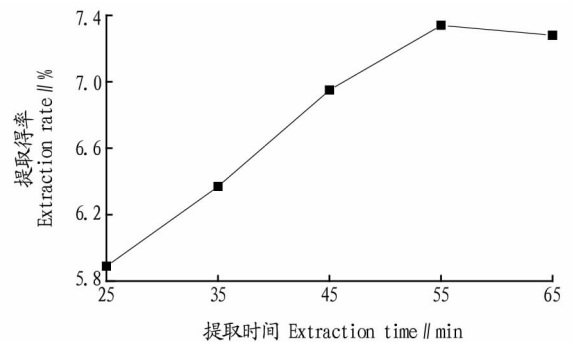


图 6 提取时间对甜茶总黄酮提取得率的影响

Fig.6 Effect of extraction time on extraction yield of total flavonoids from sweet tea

表 2 正交试验结果

Table 2 Orthogonal test results

序号 No.	因素 Factor					提取得率 Extraction yield / %
	A 乙醇浓度 Ethanol concentration	B 料液比 Ratio of material to liquid	C 超声波功率 Ultrasonic power	D 提取温度 Extraction temperature	E 提取时间 Extraction time	
1	1	1	1	1	1	5.87
2	1	2	2	2	2	7.17
3	1	3	3	3	3	7.07
4	2	1	1	2	2	6.54
5	2	2	2	3	3	7.41
6	2	3	3	1	1	6.65
7	3	1	2	1	3	6.88
8	3	2	3	2	1	6.65
9	3	3	1	3	2	7.12
10	1	1	3	3	2	6.20
11	1	2	1	1	3	6.83
12	1	3	2	2	1	7.10
13	2	1	2	3	1	7.08
14	2	2	3	1	2	7.19
15	2	3	1	2	3	7.31
16	3	1	3	2	3	6.48
17	3	2	1	3	1	7.13
18	3	2	2	1	2	6.83
k_1	6.707	6.508	6.800	6.708	6.747	
k_2	7.030	7.063	7.078	6.875	6.842	
k_3	6.848	7.013	6.707	7.002	6.997	
R	0.323	0.555	0.371	0.294	0.250	

3 结论

影响甜茶总黄酮提取得率的主次因素依次为料液比、超声波功率、提取温度、乙醇浓度、提取时间,甜茶中总黄酮超声波-乙醇提取法的最佳工艺条件为乙醇浓度 60%、料液比 1:35、超声波功率 80 W、提取温度 60 ℃、提取时间 65 min。此条件下,甜茶中总黄酮提取得率为 7.41%。

参考文献

- [1] 张彩云.甜茶总黄酮提取纯化工艺以及抗氧化作用的研究[D].贵阳:贵州师范大学,2015.
- [2] 蔡丹昭,陈洪涛,郭秋红.广西甜茶叶总黄酮提取工艺研究[J].广西中

医学院学报,2008,11(3):69-71.

- [3] 陈佳,何建栋.广西野生甜茶的保健功效及开发利用价值[J].中国农村小康科技,2008(12):62,64.
- [4] 倪帆呈,周炎花,张艳丽,等.茶叶黄酮提取和纯化工艺研究进展[J].饮料工业,2018,21(3):59-62.
- [5] 李春梅,郁建平.超声波在中药有效成分提取中的应用[C]//全国中药提取分离新技术、新设备交流研讨会论文集.南京:中国医药教育协会,中国高科技产业化研究会,2012.
- [6] 王楠.沙枣中黄酮的提取纯化及应用研究[D].石河子:石河子大学,2018.
- [7] 田刚,张乐乐,贺国旭,等.响应面法优化月季叶总黄酮提取工艺的研究[J].河南工业大学学报(自然科学版),2019,40(2):75-79.
- [8] 李卓,梁奇,赵秀红.超声波法提取发菜多糖工艺研究[J].农业科技与装备,2014(3):54-56.

科研试验中心,走产学研用合作道路。

4.3 保护资源,禁止采挖 古井园自然保护区蕴藏着珍稀药用植物,但他们已不同程度地处于稀少和濒危状态,主要原

因是由于生态环境破坏、人为过度采挖及自身繁殖和生长适应性弱而导致。因此,采取有效保护措施,确保物种多样性,是目前的首要任务。

表3 常用中药功效分类及其数量比例

Table 3 Efficacy classification of commonly used traditional Chinese medicines and their quantitative proportion

序号 No.	功效 Efficacy	常用中药 Commonly used traditional Chinese medicines	总数 Total	百分比 Percentage//%
1	解表药	葛根、桑叶、薄荷、辛夷、苍耳子、生姜、葱白	7	2.52
2	清热药	地骨皮、青蒿、地面草、马齿苋、半边莲、千里光、野菊花、紫花地丁、蒲公英、贯众、金银花、椿皮、青箱子、夏枯草、梔子、知母、芦根、谷精草、鸭跖草、淡竹叶、竹叶、蚤休、土茯苓、射干	24	8.63
3	泻下药	牵牛子、商陆、芫花	3	1.08
4	祛风湿药	路路通、老鹳草、桑枝、木瓜、松节、防己、穿山龙	7	2.52
5	利水渗湿药	车前草、垂盆草、海金沙、泽泻、薏苡仁、玉米须、灯心草、藜蒿、木通	9	3.24
6	温里药	花椒、干姜	2	0.72
7	理气药	青木香、香附、薤白	3	1.08
8	消食药	鸡屎藤、莱菔子、山楂、麦芽	4	1.44
9	止血药	艾叶、仙鹤草、茜草、荠菜、苈麻根、侧柏叶、槐花、地榆、小蓟、白茅根、蒲黄、白及、棕榈、炮姜	14	5.04
10	活血化淤药	月季花、牛膝、益母草、桃仁	4	1.44
11	化痰止咳平喘	半夏、皂荚、旋覆花、桔梗、瓜蒌、苏子、马兜铃、桑白皮、白果、枇杷叶、天南星、白附子、竹茹、竹沥、黄药子、百部	16	5.76
12	平肝熄风药	天麻	1	0.36
13	开窍药	石菖蒲	1	0.36
14	补虚药	女贞子、墨旱莲、桑葚、枸杞子、南沙参、何首乌、杜仲、绞股蓝、山药、仙茅、韭菜子、麦冬、百合、石斛、玉竹、黄精	16	5.76
15	收涩药	石榴皮、五味子、乌梅、浮小麦、糯稻根须	5	1.80
16	杀虫止痒药	樟脑、木槿皮、大蒜	3	1.08

表4 药用维管植物各药用部位分析

Table 4 Analysis of various medicinal parts of medicinal vascular plants

序号 No.	药用部位 Medicinal part	数量 Number//种	百分比 Percentage//%
1	营养器官	52	57.78
2	生殖器官	38	42.22
3	全草及地上部分	115	61.17
4	其他药用部位	73	38.83

参考文献

[1] 《中国植被》编辑委员会.中国植被[M].北京: 科学出版社,1980: 836-847.
 [2] 《安徽植被》协作组.安徽植被[M].合肥: 安徽科技出版社,1981.
 [3] 夏爱梅,聂乐群.安徽植被带的划分[J].武汉植物学研究,2004,22(6): 523-528.
 [9] 程雅芳,杨洋,韦银凤,等.超声波辅助提取甜茶黄酮的工艺优化[J].食品科技,2011,36(4): 189-193.
 [10] 谭钦铎.葛根异黄酮的提取及微胶囊制备的研究[D].长春: 吉林大学,2018.

[4] 《安徽植物志》协作组.安徽植物志:第1卷[M].合肥: 安徽科技出版社,1985.
 [5] 《安徽植物志》协作组.安徽植物志:第2-5卷[M].北京: 中国展望出版社,1990
 [6] 岳建兵.安徽省古井园自然保护区维管植物区系组成与特征[J].安徽师范大学学报(自然科学版),2014,37(5): 462-468.
 [7] 查孝柱,王德群,李俊,等.安徽岳西县药用单子叶植物资源调查[J].安徽农业科学,2019,47(7): 186-187,192.
 [8] 王德群.药用植物生态学[M].北京:中国中医药出版社,2006.
 [9] 黄兆胜.中药学[M].北京: 人民卫生出版社,2003.
 [10] 王德群,彭华胜,韩邦兴.安徽省中药资源优势和永续利用[J].安徽中医学院学报,2004,23(1): 51-53.
 [11] 王德群.种质资源在中药产业发展中的地位[C]//全国第5届天然药物资源学术研讨会论文集.南京: 中国自然资源学会天然药物资源专业委员会,2002:22-24.
 [12] 方成武,刘守金,俞年军,等.六安市中药资源分析与产业化发展对策[J].安徽中医学院学报,2004,23(6): 40-42.
 [11] 张枝,张帆,吴长景,等.苦丁茶黄酮提取工艺及抗氧化活性研究[J].周口师范学院学报,2017,34(5): 104-108.
 [12] 滕昭玉,崔紫蛟,杜莹,等.甜茶总多酚的纯化及其抗氧化活性[J].贵州农业科学,2016,44(1): 36-39.

(上接第175页)