

大孔树脂富集分离葡萄叶总黄酮的研究

库尔班江·巴拉提¹, 王萌², 张小莺^{1,2*}

(1. 新疆伊犁师范学院化学与生物科学学院, 伊宁 835000; 2. 西北农林科技大学动物医学院, 杨凌 712100)

摘要: **目的** 优化大孔吸附树脂分离纯化葡萄叶黄酮类化合物的工艺条件。**方法** 采用分光光度法, 以芦丁为标准品, 采用硝酸铝显色法测定总黄酮含量; 以葡萄叶总黄酮的含量、吸附量和解吸率为考察指标, 通过静态及动态实验, 筛选出理想的吸附树脂, 并通过单因素试验确定了葡萄叶总黄酮富集分离的优选操作条件。

结果 D-101 树脂是吸附葡萄叶提取液中总黄酮较理想的树脂, 对其优化的工艺参数为: 最佳吸附 pH 值: pH=3, 洗脱剂浓度: 70% 的乙醇, 最佳上样流速: 0.8 mL/min, 最佳上样液浓度: 65.65 mg/L, 最佳解吸流速: 0.8 mL/min。**结论** D-101 树脂对葡萄叶总黄酮的吸附量大, 解吸容易, 环境友好, 确定的吸附与洗脱条件简单可行, 此工艺具有良好的产业化前景。

关键词: 葡萄叶; 总黄酮; 大孔吸附树脂; 富集分离; 工艺优化

Isolation and enrichment of total flavones from grape leaves by macroporous resin

Korbanjhon·BRAD¹, WANG Meng², ZHANG Xiao-Ying^{1,2*}

(1. College of Chemistry and Biological Sciences, Yili Normal University, Yining 835000, China;
2. College of Veterinary Medicine, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

ABSTRACT: Objective To optimize the separation process for the purification of grape leaf flavonoids by macroporous adsorption resin. **Methods** The total flavonoids content were determined by aluminium nitrate colorimetric method, taking rutin as the standard. The ideal adsorption of resin has been selected for evaluating the quantity of total flavonoids in grape leaves, the adsorption capacity and desorption rate. The enrichment and separation conditions for the total grape leaf flavonoids were optimized through static and dynamic experiments, and they were evaluated by single factor test. **Results** D-101 adsorption resin was selected to be the suitable tool for total flavonoids extraction. The optimized parameters were as bellow: pH=3, ethanol 70%, the optimal sample flow rate: 0.8 mL/min, sample concentration: 65.65 mg/L, desorption velocity: 0.8 mL/min. **Conclusion** The D-101 resin in adsorption the grape leaf total flavonoids is desorption easily, environment friendly and its adsorption and elution conditions are simple and feasible, which illustrates its good prospect for industrialization.

KEY WORDS: grape leaf; total flavones; macroporous resin; static experiments; dynamic experiments

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(21166024)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China (21166024)

*通讯作者: 张小莺, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为药学研究。E-mail: zhang.xy@nwsuaf.edu.cn

*Corresponding author: ZHANG Xiao-Ying, Ph.D, Professor, College of Veterinary Medicine, Northwest A & F University, Yangling 712100, China. E-mail: zhang.xy@nwsuaf.edu.cn

1 引言

葡萄(*Vitis vinifera* L.)是葡萄科(*Vitaceae*)葡萄属(*Vitis* L.)落叶藤本植物,是世界最古老的植物之一^[1]。葡萄叶是一种传统的中药材,可治呕吐、水肿、小便不利、目赤等症。根据文献报道,葡萄叶含有丰富的具有高生理活性的黄酮类化合物和多酚类化合物^[2,3]。我国葡萄植物资源丰富,但大量的葡萄叶资源尚未得到充分的开发利用^[4]。类黄酮(flavonoids)常与维生素C并存,在自然界分布广泛,属植物次级代谢物。研究表明,类黄酮具有抗氧化、抗菌、抗病毒、维护心脑血管系统、防癌、抗癌等多种生物活性,特别是抗自由基及抗癌、防癌作用^[5]。生物类黄酮的开发利用在医药、食品领域的应用具有广泛的前景^[5]。

传统的富集分离葡萄叶中总黄酮的方法是溶剂提取,萃取,柱层析,但是这种方法不够快捷有效。近年来,大孔吸附树脂由于其独特的吸附性质包括理想的孔径结构和合适的比表面积,被越来越多地应用到中草药有效成分的分离富集领域。大孔树脂是一种新型的具有多孔结构的非离子型高分子化合物,主要通过静电力、氢键以及分子筛等物理作用有选择性地从溶液中吸附有机物质,达到分离纯化的目的,具较好的吸附解吸能力,且成本低,易再生^[6-11]。本文拟研究几种不同类型的大孔树脂对葡萄叶中总黄酮的吸附和解吸效果,从而得出有效吸附葡萄叶中总黄酮的大孔树脂工艺参数,为分离葡萄叶黄酮类化合物提供参考。

2 材料与方 法

2.1 材料与仪器

2.1.1 仪器与设备

仪器与设备如表1所示。

2.1.2 材料与试剂

葡萄叶:于2013年9月22日采自吐鲁番市恰特喀勒乡,自然晾干、备用;芦丁对照品(中国药品生物制品检定检验所);X-5树脂(郑州勤实科技有限公司);D101树脂(天津欧瑞生物科技有限公司);D152树脂(上海水益树脂有限公司);其他试剂均为分析纯(成都市科龙化工试剂厂)。

2.2 实验方法

2.2.1 总黄酮含量测定

以芦丁为标准品,以硝酸铝显色法测定总黄酮含量。通过全波长扫描,选择510 nm处测定芦丁和样品溶液的吸光度(图1)。通过测定标准品溶液的吸光度值得线性方程为: $A=0.010518C-0.007552$, $R=0.9991$ (图2)。

2.2.2 葡萄叶提取液的制备

准确称取干燥后粉碎过的葡萄叶10 g于250 mL的圆底烧瓶中,将其放入到超声提取器后装上回流冷凝管,以75%的乙醇在固液比为1:30、提取温度为90℃、超声功率为150 W的条件下提取两次,每次30 min,合并醇提液,浓缩至二分之一体积,得葡萄叶提取液,以备后用,并在波长510 nm处测其吸光度,黄酮浓度由回归方程 $A=0.010518C-0.007552$ 计算得出。

表1 实验仪器
Table 1 Experimental apparatus

仪器	厂家	型号
紫外可见分光光度计	天津市港东科技公司	UV-4501S
PH计	上海精科仪器厂	PHSJ-5
循环水真空泵	上海亚荣生化仪器厂	SHZ-III
集热式磁力搅拌器	金坛市医疗仪器厂	DF-101S
旋转蒸发仪	上海亚荣生化仪器厂	SY-2000
全温培养摇床	上海新苗医疗器械制造有限公司	QYC-200
玻璃仪器气流烘干机	郑州长城科工贸有限公司	星火牌C型
电子天平	上海舜宇恒平科学仪器有限公司	FA2104
超声波提取器	上海宁商超声仪器有限公司	SY系列

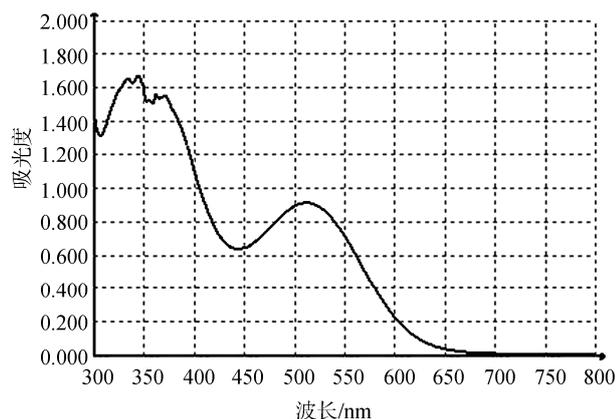


图 1 芦丁全波长扫描

Fig. 1 The full length scanning for rutin

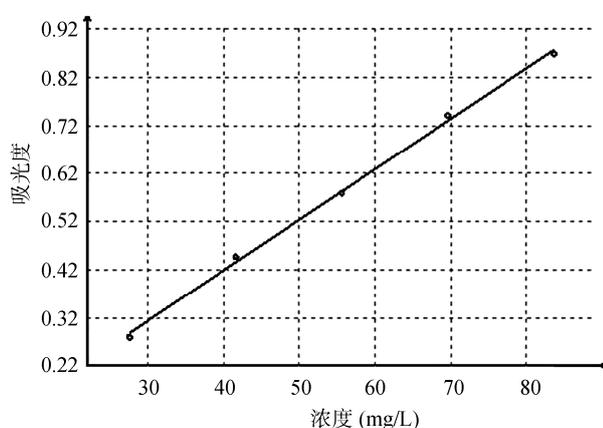


图 2 芦丁的标准曲线

Fig. 2 The standard curve for rutin

2.2.3 树脂的预处理

由于大孔树脂本身含有残留物质, 主要来源于在生产过程中的填充剂、交联剂、未完全反应的单体或者原料本身的杂质, 因此大孔树脂在使用前, 要进行预处理除去残留物^[8-10]。几种大孔树脂的物理性质见表 2。

表 2 几种大孔树脂的物理结构参数
Table 2 Physical structure parameters of different macroporous resins

树脂型号	粒径 (mm)	比表面积 (m ²)	平均孔径 (Å)	极性
D101	0.25~0.84	500~550	90~100	非极性
AX-5	0.315~1.25	500~600	290~300	非极性
D152	0.3~1.25	400~440	100~105	中极性

大孔树脂的处理方法: 分别称取三种型号的大孔树脂 50 g, 用 95% 的乙醇溶液浸泡 24 h, 充分溶胀后, 以一定流速的乙醇溶液通过树脂层, 至洗出液加适量蒸馏水无白色浑浊现象, 再以同样的流速用蒸馏水洗至无醇味, 然后用一定流速的 4% 的盐酸溶液通过树脂层, 并浸泡 3 h 之后以同样流速用蒸馏水洗至流出液 pH 值为中性, 接着用 4% 的 NaOH 溶液以相同的流速通过树脂层, 并浸泡 3 h, 最后以同样流速用蒸馏水洗至流出液 pH 值为中性。处理后的树脂置于活性二氧化硅干燥器中密封保存, 备用。

2.2.4 大孔吸附树脂静态实验

(1) 树脂吸附和解吸性能的考察

分别加入三种已处理的树脂各适量, 装柱, 分别取 4、5、6、7 mL 葡萄叶提取液上柱, 柱体积为 20 mL, 柱长度 12 cm, 柱内直径 1.3 cm。吸附 1 h 后, 先用大量蒸馏水淋洗, 直到洗脱液无色并用苯酚浓硫酸检测不出糖为止, 然后用 75% 的乙醇洗脱至 FeCl₃ 检测呈阴性(不显色), 收集洗脱液, 测洗脱液黄酮含量和回收率。用 1% FeCl₃ 检查流出液, 待反应呈阳性(检测显色)时, 表明有黄酮流出, 树脂吸附达到饱和, 停止上样, 记录上柱量。吸附 1 h 后, 树脂柱先用水洗至无色并用苯酚浓硫酸法检测至无糖, 再用 95% 乙醇洗脱至洗脱液无色为止。将乙醇洗脱液回收、洗脱物冷冻干燥称质量、测定总黄酮含量、计算总黄酮回收率。总黄酮吸附量、吸附率、解吸率和总黄酮回收率^[12,13]分别按下列公式计算:

$$Q_e = (C_0 - C_e)V_0/m \quad (1)$$

$$E = (C_0 - C_e)C_0 \times 100\% \quad (2)$$

$$D = C_d V_d / (C_0 - C_e) V_0 \times 100\% \quad (3)$$

$$P = C_d V_d / C_0 V_0 \times 100\% \quad (4)$$

式中: Q_e 为树脂的吸附量, mg/g;

E 为吸附率, %;

D 为解析率, %;

P 为回收率, %;

C_0 为初始溶液的黄酮浓度, mg/L;

C_e 为平衡溶液的黄酮浓度, mg/L;

C_d 为解析溶液的黄酮浓度, mg/L;

V_0 为原始溶液的体积, mL;

V_d 为解析溶液的体积, mL;

m 为处理的树脂质量, g。

(2) 静态吸附动力学曲线

量取已处理的各树脂 2 g, 分别置于锥形瓶中,

加入葡萄叶提取液 10 mL, 在 25 °C 下 100 r/min 恒温振荡, 每隔 1 h 取样适量, 用硝酸铝显色法测定其剩余黄酮的浓度, 直到吸附平衡, 以吸附时间为横坐标、吸附量为纵坐标作曲线, 即得静态吸附动力学曲线。

(3) 吸附 pH 值和洗脱剂的考察

通过比较各树脂的吸附率、解吸率、回收率和吸附动力学曲线, 选出 D101 树脂为较优的树脂。准确量取经过处理的 D101 树脂 2 g, 置于锥形瓶中, 分别加入不同 pH 值为 1、2、3、4、5、6 的葡萄叶提取液 10 mL, 25 °C 下 100 r/min 恒温振荡吸附, 取适量上清液测其黄酮浓度并计算树脂吸附率。在最佳 pH 值下饱和吸附后, 移去上清液, 加入 30%~90% 的乙醇溶液 20 mL 于 30 °C 恒温振荡解吸 4 h 后, 取一定量的解吸液, 测其黄酮浓度, 计算解吸率, 根据解吸效果确定最佳洗脱剂。

2.2.5 大孔吸附树脂动态实验

通过对三种树脂吸附和解吸性能的考察, 选定 D101 树脂和最佳吸附 pH 值以及洗脱剂进一步进行动态实验。动态实验中上样流速和上样浓度是很重要的影响因素, 所以要对其进行进一步的考察。

取一定体积的样品水溶液, 以 0.8、1.6、2.4 mL/min 不同流速上样, 比较不同上样流速时的吸附量和吸附率, 从而确定最佳上样流速。在最佳上样流速下, 用浓度不同的样品水溶液进行上样, 比较不同浓度下的吸附量和吸附率, 从而确定样品水溶液的最佳上样浓度。

样品水溶液在最佳吸附条件下上样, 使 D101 树脂吸附相同的总黄酮量, 吸附的同时每一个 BV 收集一次(1 BV 代表 20 mL), 测定流出液中的黄酮浓度, 绘制动态吸附泄露曲线。当树脂达到吸附平衡后, 对其进行解吸实验, 先用蒸馏水冲洗树脂表面的黄酮, 再用 70% 的乙醇溶液以不同的流速进行解吸附, 比较不同解吸流速下的解吸率, 从而确定最佳的解吸流速, 并在最佳解吸流速下测定洗脱液中的总黄酮浓度, 绘制动态解吸附曲线^[14,15]。

3 结果与讨论

3.1 树脂吸附和解吸性能的考察

通过静态吸附和解吸实验, 考察三种不同性质的大孔吸附树脂对葡萄叶水溶液总黄酮的吸附情况, 见表 3。

表 3 几种树脂对总黄酮的吸附率、解吸率和回收率
Table 3 Adsorption, desorption and recovery rate for total flavones of different macroporous resins

树脂型号	吸附率 E (%)	解吸率 D (%)	回收率 P (%)
D101	49.81	87.98	87.31
AX-5	51.70	87.01	93.13
D152	6.37	1263.64	85.93

由于树脂的物理和化学结构的差异, 吸附动力学过程不同, 即吸附速率不同, 所以需进一步研究它的静态吸附动力学特征。以时间为横坐标、吸附量为纵坐标, 三种树脂的静态吸附动力学曲线如图 3 所示。从图 3 中可以看出, D152 树脂的吸附性能明显不好。在 4 h 内, D101 树脂的吸附量要高于 AX-5 树脂, 所以综合考虑, 选择 D101 树脂作为研究对象进行后续研究。

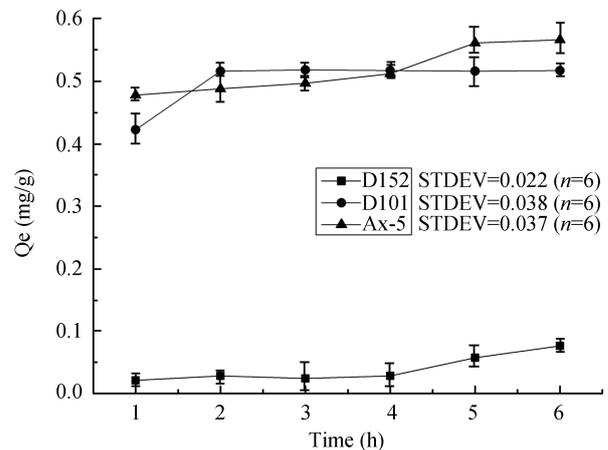


图 3 几种树脂的静态吸附动力学曲线

Fig. 3 Static adsorption kinetics curves of different macroporous resins

3.2 pH 值对 D101 树脂吸附效果的影响

pH 值对 D101 树脂吸附效果的影响的考察时, 以葡萄叶提取液的不同 pH 值为横坐标、树脂的吸附率为纵坐标, 绘制不同 pH 值时 D101 树脂的吸附率考察图, 如图 4 所示。

由图 4 可知, 不同 pH 值的葡萄叶提取液的对 D101 树脂的吸附率的影响有一定的差异。当 pH 小于 3 时, 随着 pH 值的升高, D101 树脂的吸附率也随之升高, 在 pH=3 时, 吸附率为最大; 当 pH 值大于 3 时, D101 树脂的吸附率开始下降, 在 pH=6 时吸附率为最小。因此选取 pH=3 作为最佳上样 pH 值。

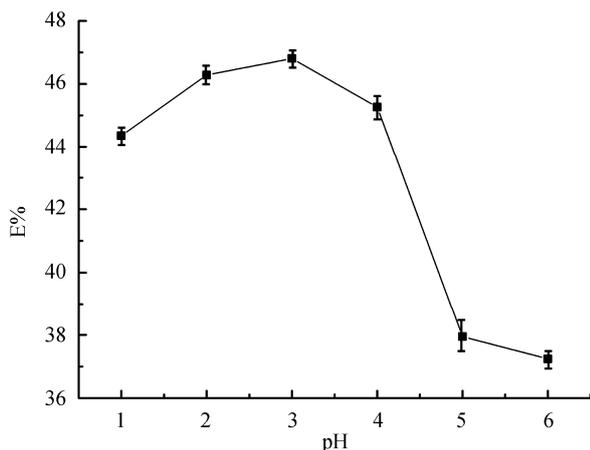


图 4 不同 pH 值时 D101 树脂的吸附率

Fig. 4 Adsorption rate of D101 in different pH

3.3 洗脱剂对 D101 树脂吸附效果的影响

由表 4 可知, 洗脱剂浓度为 70% 时, 解吸率最大, 因此洗脱剂最佳洗脱浓度确定为 70%。

表 4 D101 树脂不同洗脱剂时的解吸率
Table 4 Desorption rate of D101 with various eluents

洗脱剂浓度	解吸率 D (%)
30%	77.79
50%	86.92
70%	92.86
90%	89.15

3.4 大孔吸附树脂动态实验

3.4.1 上样流速

D101 树脂在上样溶液体积一定的条件下, 分别用不同的流速进行上样, 其吸附量和吸附率如表 5 所示。由表 5 可知, 树脂的吸附量和吸附率随上样流速的增大而减少。当上样流速为 0.8 mL/min 时, 吸附效果最好, 所以选择 0.8 mL/min 的上样流速。

表 5 D101 树脂不同上样流速的影响
Table 5 Adsorption capacities of D101 at different flowing speed

上样流速 (mL/min)	吸附量 Q_e (mg/mL)	吸附率 E (%)
0.8	0.516	78.63
1.6	0.438	66.76
2.4	0.423	64.43

3.4.2 上样浓度

不同浓度、总黄酮含量相同的葡萄叶样品水溶液在 0.8 mL/min 的上样流速下进行上样, D101 树脂的吸附量和吸附率如表 6 所示。由表 6 可知, 当样品水溶液的浓度为 65.65 mg/L 时, 吸附率高于其他浓度, 树脂的吸附效果较好。考虑到上样量的问题, 选用 65.65 mg/L 为最佳的上样浓度。

表 6 D101 树脂不同上样浓度的影响
Table 6 Adsorption capacities of D101 at different samples concentration

上样浓度 (mg/L)	吸附量 Q_e (mg/mL)	吸附率 (%)
65.65	0.422	64.29
46.54	0.298	63.92
37.42	0.224	59.73

3.4.3 动态吸附泄露曲线

样品水溶液在最佳吸附条件下进行上样, 使得 D101 树脂吸附相同的总黄酮含量, 吸附的同时每 20 mL 收集一次流出液, 测定流出液中的黄酮浓度, 绘制动态吸附泄露曲线, 如图 5 所示。

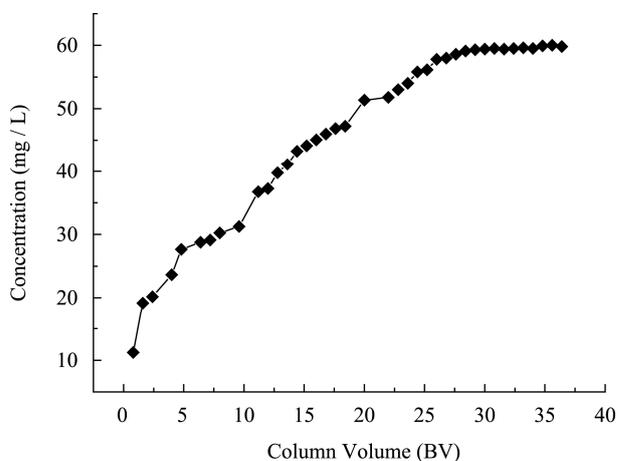


图 5 D101 树脂的动态吸附泄露曲线

Fig. 5 Dynamic adsorption leakage curve of D101

由图 5 可知, D101 树脂吸附 27 BV (即: 540 mL) 的样品水溶液后达到吸附平衡。

3.4.4 动态解吸流速

将上述达到平衡的样品液用 70% 乙醇溶液在不同的流速下解吸, 计算解吸率, 如表 7 所示, 确定最佳解吸流速。

表7 D101树脂解吸流速的影响
Table 7 Desorption rate of D101 at different desorption flowing speeds

解吸流速(mL/min)	解吸率 D (%)
0.8	74.51
1.6	69.55
2.4	61.49

由表7可知,解吸流速越低解吸效果越好,当解吸流速为0.8 mL/min时,解吸率达到最高,为74.51%;当解吸流速为2.4 mL/min时,解吸率最低。因此,本实验采用0.8 mL/min为最佳解吸流速。

3.4.5 动态解吸附曲线

由图6可知,在1.6 mL/min的最佳流速下,用2 BV(即40 mL)的洗脱剂就能将被吸附的黄酮基本完全解吸下来,达到良好的回收效果。

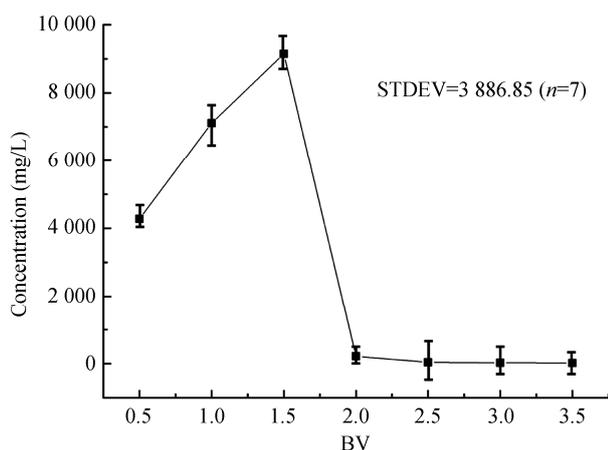


图6 D101树脂的动态解吸附曲线

Fig. 6 Dynamic desorption curve of D101

4 结论

本论文对葡萄叶中黄酮类化合物的大孔吸附树脂吸附与富集条件进行研究,考察了几种大孔吸附树脂对葡萄叶粗提液的总黄酮的吸附情况,筛选出理想的吸附树脂并优化其工艺参数。以此得到了如下结论: D-101树脂是吸附葡萄叶提取液中总黄酮较理想的树脂,对其优化的工艺参数为:最佳吸附 pH 值: pH=3;洗脱剂浓度: 70%的乙醇;最佳上样流速: 0.8 mL/min;最佳上样液浓度: 65.65 mg/L;最佳解吸流速: 0.8 mL/min。

本文在所获得最佳工艺条件进行了初步验证试验,结果表明对葡萄叶粗提液中的总黄酮含量经大孔吸附树脂吸附富集后,由65.65 mg/L提高到921.36 mg/L。说明,在此条件下, D-101树脂吸附葡萄叶提取液中总黄酮的效果得到进一步优化,为葡萄叶水溶液总黄酮的工业化生产奠定了基础。

参考文献

- [1] 张纵圆, 彭秧. 葡萄叶中总黄酮的提取工艺研究[J]. 生物技术, 2007, 17(6): 58-60.
Zhang ZY, Peng Y. Study on the optimum extraction of total flavonoids from the leaves of grape [J]. Biotechnology, 2007, 17(6): 58-60.
- [2] 王磊. 中国的葡萄与葡萄酒发展现状[J]. 科技咨询导报, 2010, (13): 231-231.
Wang L. The development status of grape and wine in China [J]. Sci Technol Innov Herald, 2010, (13): 231-231.
- [3] 边梅娜, 李松泽, 白红进, 等. 响应面法优化赤霞珠葡萄叶总黄酮的提取工艺[J]. 新疆农业科学, 2013, 50(11): 2037-2045.
Bian MN, Li SZ, Bai HJ, et al. Optimization of extraction of total flavonoids from cabernet sauvignon leaves by response surface methodology [J]. Xinjiang Agric Sci, 2013, 50(11): 2037-2045.
- [4] 蒲胜海, 张计峰, 丁峰, 等. 新疆葡萄产业发展现状及研究动态[J]. 北方园艺, 2013, (3): 200-203.
Pu SH, Zhang JF, Ding F, et al. Development status and emphases of the grape industry in Xinjiang[J]. Northern Horticulture, 2013, (3): 200-203.
- [5] 张甘良, 汪钊, 鄢洪德. 生物类黄酮化合物的结构与生物活性的关系[J]. 生物学杂志, 2005, 22(1): 4-7.
Zhang GL, Wang Z, Yan HD. The relation between structure and biological activity of biological flavonoids compounds [J]. J Biol, 2005, 22(1): 4-7.
- [6] 李丽梅, 李维林, 郭巧生. 白背三七化学成分研究[J]. 时珍国医国药, 2008, 19(1): 118-119.
Li LM, Li WL, Guo QS, et al. Studies on the chemical constituents from *Gynura divaricata* (L.) DC [J]. Li-shizhen Med Mate Med Res, 2008, 19(1): 118-119.
- [7] 胡勇, 李维林, 林厚文, 等. 白背三七地上部分降血糖作用研究[J]. 西南林学院学报, 2007, 27(1): 55-58.
Hu Y, Li WL, Lin HW, et al. Study on effect of the above-ground organs of *Gynura divaricata* on reducing blood sugar content [J]. J Southwest Forest College, 2007, 27(1): 55-58.
- [8] 刘斌, 石任兵, 余超, 等. 应用大孔吸附树脂吸附分离技术制备蒲黄总黄酮的研究[J]. 北京中医药大学学报, 2002, 25(4): 25-28.
Liu B, Shi RB, Yu C, et al. Preparation of puhuang (pollen of *typha angustifolia* or *typha orientalis*) total flavone by the

- adsorption and separation of macroporous adsorption resin [J]. J Beijing Univ Trad Chin Med, 2002, 25(4): 25-28.
- [9] 郑国华, 李能发, 许洁. 6种大孔吸附树脂对霉茶总黄酮吸附与解吸性能的考察[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(23): 2560-2562.
- Zheng GH, Li NF, Xu J. Study on six kinds of macroporous resin for mould of tea flavonoids [J]. China J Chin Mater Med, 2007, 32(23): 2560-2562.
- [10] 邢俊波, 吴禾, 刘云, 等. 大孔树脂分离黄芪总皂苷工艺研究[J]. 中成药, 2008, 30(4): 519-521.
- Xing JB, Wu H, Liu Y, *et al.* Research on separation of total saponins from *austagalus membranaceus* by macroporous resin [J]. Chin Trad Patent Med, 2008, 30(4): 519-521.
- [11] 施峰, 王光忠, 刘焱文. 大孔树脂分离纯化红花黄色素的研究[J]. 湖北中医学院学报, 2007, 9(1): 47-48.
- Shi F, Wang GZ, Wang YW. Research on separation and purification of safflor yellow from *Carthamus Tinctorius* L. with macroporous resin [J]. J Hubei College TCM, 2007, 9(1): 47-48.
- [12] 刘颖, 魏元锋, 蒋伟, 等. 大孔树脂对黄芩黄酮吸附的初步研究[J]. 湖北中医学院学报, 2005, 7(2): 28-29.
- Liu Y, Wei YF, Jiang W, *et al.* Preliminary study on the Flavonoids adsorption of *scutellaria baicalensis* by macroporous resin [J]. J Hubei College TCM, 2005, 7(2): 28-29.
- [13] 刘志祥, 曾超珍. 大孔树脂法纯化苦丁茶总黄酮的研究[J]. 时珍国医国药, 2009, 20(9): 2183-2184.
- Liu ZX, Zeng CZ. Studies on the purification of flavonoids from *kudincha* by macroporous resin [J]. Li-shizhen Med Mate Med Res, 2009, 20(9): 2183-2184.
- [14] 韩永斌, 范龚健, 顾振新, 等. 大孔树脂对紫甘薯色素的静态吸附参数研究[J]. 南京农业大学学报, 2006, 29(4): 115-118.
- Han YB, Fan GJ, Gu ZX, *et al.* Study on the static adsorption properties and optimum parameters determination of macroporous resins to purple sweet potato pigments [J]. J Nanjing Agric Univ, 2006, 29(4): 115-118.
- [15] 陈炳华, 李婷, 陈婧宇, 等. 大孔吸附树脂对海边月见草总黄酮的吸附及解吸特性[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(2): 11-15.
- Chen BH, Li T, Chen JY, *et al.* Adsorption and desorption properties of macroporous resins for total flavonoids from *Oenothera littoralis* leaves [J]. J Plant Res Environ, 2006, 15(2): 11-15.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



库尔班江·巴拉提, 教授, 硕士生导师, 主要研究方向为中药与天然药物。
E-mail: korbanjhon@126.com



张小莺, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为药理学。
E-mail: zhang.xy@nwsuaf.edu.cn