

# 大孔树脂纯化银杏叶黄酮的研究

吴海霞<sup>1,2</sup>, 吴彩娥<sup>1</sup>, 李婷婷<sup>1</sup>, 范龚健<sup>1</sup>, 应瑞峰<sup>1</sup>

(1. 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏南京 210037) (2. 运城学院生命科学系, 山西运城 044000)

**摘要:** 以脱脂银杏叶粉为原料, 采用 70% 乙醇浸提法提取银杏叶黄酮, 研究大孔树脂纯化银杏叶黄酮的工艺条件。以吸附率和解吸率为指标, 考察了 AB-8、D101、HPD-100 3 种大孔树脂对银杏叶黄酮的吸附解吸性能, 筛选出适合银杏叶黄酮分离纯化的树脂为 AB-8 型大孔树脂。结合静态与动态吸附解吸试验, 得出 AB-8 大孔树脂分离纯化银杏叶黄酮的最佳工艺: 将银杏叶黄酮提取原液稀释 1.5 倍 (浓度为 0.94 mg/mL)、调 pH 至 4.85 作为上样液, 以 1.5 BV/h 的流速上样吸附, 上样量 200 mL, 之后采用 pH 4.95 的 80% 乙醇作为洗脱剂, 以 2~2.5 BV/h 的流速进行洗脱, 洗脱剂用量约 50 mL。在此纯化条件下所得银杏叶黄酮含量为 26.16%, 较纯化前提高了 3.2 倍。该纯化工艺条件科学合理, 可有效用于银杏叶黄酮的分离富集, 提高银杏叶提取物中的黄酮含量。

**关键词:** 银杏叶; 黄酮; 大孔树脂; 纯化

文章编号: 1673-9078(2013)12-2964-2969

## Purification of Flavones from *Ginkgo biloba* Leaves by Macroporous Resin

WU Hai-xia<sup>1,2</sup>, WU Cai-e<sup>1</sup>, LI Ting-ting<sup>1</sup>, FAN Gong-jian<sup>1</sup>, YING Rui-feng<sup>1</sup>

(1. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

(2. Department of Life Science, Yuncheng University, Yuncheng 044000, China)

**Abstract:** The flavones was extracted with 70% ethanol from degreased powder of *Ginkgo biloba* leaves (GBLs), and technical conditions of macroporous resins for the purification of flavones from GBLs were studied. The performances of adsorption-desorption of three resins AB-8, D101 and HPD-100 were investigated by using adsorption and desorption rate as indexes. And the AB-8 was considered to be the optimum resin to purify the flavones of GBLs due to its highest adsorption-desorption properties. Combination of static and dynamic experiments of resin adsorption-desorption, the preferable technical conditions of flavones of GBLs by AB-8 resin were obtained. The results were as follows: dilution of extracted solution 1.5 times (concentration of diluted sample 0.094 mg/mL), pH 4.85, loading velocity 1.5 BV/h, sample volume 200 mL, pH 4.95 eluant for desorption and 80% alcohol, desorption velocity 2~2.5 BV/h and eluant volume 50 mL. The flavones content of GBLs gained under these conditions was 26.16%, and 3.2 times more than that of the original sample. The technical condition is scientific and reasonable that can be used to separate and purify flavones of GBLs and improve the content of flavones in GBLs extracts.

**Key words:** *Ginkgo biloba* leaves (GBLs); flavones; macroporous resin; purifying

银杏 (*Ginkgo biloba* L.) 又名公孙树、白果树, 是我国特有的珍贵孑遗植物, 有裸子植物“活化石”之称, 在我国江苏、山东、浙江、江西等地有广泛种植, 其种皮、果实、树叶均具有一定的药用价值<sup>[1]</sup>。近年来, 银杏叶提取物 (GBE) 的研究较为热门, 国

收稿日期: 2013-09-03

基金项目: 江苏省普通高校研究生科研创新计划项目 (GXZZ12\_0544); 江苏省科技支撑 (农业) 项目 (BE2011381); 国家林业局林业公益性行业科研专项项目 (201004015); 江苏高校优势学科建设工程资助项目 (PAPD)

作者简介: 吴海霞 (1980-), 女, 博士, 讲师, 研究方向为植物活性成分分离纯化及构效关系研究

通讯作者: 吴彩娥 (1963-), 女, 博士, 教授, 研究方向为植物活性成分分离纯化及构效关系研究

际上的银杏制剂已达 30 多种, 已上市的主要有片剂、胶囊、针剂、口服液等, 同时, 将银杏叶提取物作为添加剂制成的保健食品、饮料以及银杏叶茶等也已引起人们的广泛关注。研究表明, 黄酮类化合物是银杏叶提取物中的主要活性成分<sup>[2]</sup>, 其含量约为 2.5~5.91%, 其中 95% 以上为槲皮素、山柰酚和异鼠李素的糖苷<sup>[3]</sup>, 具有降血压、扩张血管、改善血清胆固醇、解除痉挛、抗氧化、调节免疫等功能, 在治疗冠心病、心绞痛、糖尿病和脑血管疾患等方面有良好疗效<sup>[4~8]</sup>。

目前, 以提高银杏叶黄酮提取率为目标而进行的提取工艺的研究报道较多<sup>[9~10]</sup>, 而关于其纯化工艺的研究涉及较少, 纯化方法也有所不同, 有大孔树脂吸

附法、离子交换树脂法、扩张床吸附法、金属络合等<sup>[3,11~13]</sup>。大孔吸附树脂是一类有机高聚物吸附剂,具有选择性好、吸附量大、吸附速度快、稳定性强、机械强度高、再生处理简便等优点,在天然产物活性成分的分离纯化中应用较多<sup>[14~15]</sup>。由于银杏叶成分结构复杂,且苷类化合物具有一定的极性和水溶性,因而大孔树脂吸附法成为银杏叶黄酮纯化工艺的有效手段。本试验采用乙醇浸提法得银杏叶黄酮提取液,以吸附率及解吸率为指标,通过考察3种大孔树脂对银杏叶黄酮的吸附、解吸性能,筛选合适的大孔树脂,并通过静态试验及柱层析动态吸附对银杏叶黄酮的大孔树脂纯化工艺进行研究,得出最佳工艺参数。研究结果对提高银杏叶提取物中的黄酮含量、进一步提高银杏叶提取物质量具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料与试剂

试验原料:银杏叶,采于南京林业大学校园,于50℃烘干、粉碎、过40目筛后,石油醚脱脂备用。

主要试剂:无水乙醇、氢氧化钠、硝酸铝、亚硝酸钠、石油醚、盐酸、无水甲醇均为分析纯;芦丁对照品,AR,南京替斯艾么中药研究所;AB-8、D101、HPD-100大孔树脂,沧州宝恩化工有限公司。

### 1.2 主要仪器

R-210 旋转蒸发仪,瑞士BUCHI; Lambda 35 紫外可见分光光度计,美国PerkinElmer公司; BS210S 型电子天平,德国Sartorius; 电热恒温水浴锅(上海碧空试验设备有限公司), pH-10 型 pH 计,德国Sartorius; 2-16K 台式高速冷冻离心机,德国Sigma; DKZ-2 型电热恒温震荡水槽,上海精宏试验设备有限公司; HG101-3 (3A/3AD) 型电热鼓风干燥箱,南京盈鑫试验仪器有限公司; 1.5 cm×20 cm 的玻璃层析柱、BT<sub>1</sub>-100E 恒流泵、DBS-100-LCD 全自动部分收集器,上海琪特分析仪器有限公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 银杏叶黄酮含量的测定

采用紫外分光光度法<sup>[10,14]</sup>。精密称取干燥恒重的芦丁对照品 30 mg,用 70%乙醇定溶于 100 mL 容量瓶,制备标准品储备液。分别精密量取 0、1、2、3、4、5、6、7 mL 标准品储备液于 25 mL 容量瓶,加水 6 mL;加入 5%亚硝酸钠溶液 1 mL,使混匀,放置 6 min;加入 10%硝酸铝 1 mL,摇匀,放置 6 min;再

加入 4%氢氧化钠溶液 10 mL,用 70%的乙醇定容至刻度,摇匀,放置 15 min,配置成系列浓度标准溶液,于 398 nm 处测其吸光度值。以芦丁浓度 C 为横坐标,吸光度值 A 为纵坐标绘制芦丁标准曲线,并通过线性回归,得到回归方程  $A=9.0862C+0.0256$ ,  $R^2=0.9992$ 。

#### 1.3.2 银杏叶黄酮提取液的制备

称取一定量脱脂银杏叶粉,加入其 6 倍量的 70%乙醇,于 70℃密闭加热提取 2 h,抽滤取上清,滤渣以同样的方法进行二次浸提,合并两次提取液,作为银杏叶黄酮提取原液。

#### 1.3.3 树脂预处理及装柱<sup>[3,15]</sup>

分别称取一定量的 D101、AB-8、HPD-100 三种树脂,去离子水溶胀后浮选,去除上层漂浮杂质和破碎树脂后,用 5%盐酸溶液浸泡 24 h 并充分搅拌,用去离子水洗至中性,然后用 2%的氢氧化钠溶液浸泡 24 h,用去离子水洗至中性,再用 95%乙醇浸泡 24 h,用去离子水洗至无醇味且无白色浑浊现象为止,室温下干燥备用。

将预处理过的大孔树脂用无水乙醇浸泡 24 h,脱气处理后进行湿法装柱。装柱前向柱内加入一定量的无水乙醇,同时将树脂沿玻璃棒一次性匀速加入层析柱中,同时开启柱底活塞,使树脂自然沉降而不留气泡。装柱过程中始终保持液面高出树脂层面 20 cm 以上,防止液体流干。

#### 1.3.4 大孔树脂静态吸附、解吸试验

##### 1.3.4.1 大孔树脂的筛选

分别取预处理好的 3 种大孔吸附树脂各 0.5 g 于 150 mL 具塞锥形瓶中,加入 20 mL 银杏叶黄酮提取液,于 25℃恒温摇床振荡 12 h,每 2 h 取上层清液 1 mL 于 25 mL 容量瓶,计算吸附平衡后溶液中总黄酮浓度,每组试验平行三次。按下式计算吸附量及吸附率。

$$Q=(C_0-C_1) \times V/M$$

$$A(\%)=(C_0-C_1)/C_0 \times 100\%$$

注:Q-吸附量,mg/g; C<sub>0</sub>-原液中黄酮浓度,mg/mL; C<sub>1</sub>-吸附液中黄酮浓度,mg/mL; V-吸附溶液体积,mL; M-干树脂质量,g; A-吸附率。

将上述吸附饱和的大孔吸附树脂,去离子水洗至洗脱液无色,去除树脂表面残留的溶液,称取 0.5 g 饱和树脂于 150 mL 具塞锥形瓶中,加入 20 mL 无水乙醇,于 25℃恒温摇床振荡 3 h,取上层清液 1 mL 于 25 mL 容量瓶,计算溶液中总黄酮浓度,每组试验平行三次。按下式计算解吸率。

$$B(\%)=C_2/(C_0-C_1) \times 100\%$$

注: B-解吸率; C<sub>2</sub>-解吸液中黄酮浓度,mg/mL; C<sub>0</sub>、C<sub>1</sub>

同上。

### 1.3.4.2 上样液浓度对吸附效果的影响

量取银杏叶黄酮提取液 6 份 (60 mL/份), 分别将供试液稀释至原提取液浓度的 1 倍 (即提取原液, 黄酮浓度为 1.24 mg/mL)、1.5 倍 (0.94 mg/mL)、2 倍 (0.81 mg/mL)、2.5 倍 (0.66 mg/mL)、3 倍 (0.57 mg/mL)、3.5 倍 (0.51 mg/mL)。各取 20 mL 加入 AB-8 树脂 0.5 g, 于 25 °C 恒温振荡 8 h, 取上层清液 1 mL 于 25 mL 容量瓶, 测定溶液中总黄酮浓度, 每组试验平行三次。计算吸附率。

### 1.3.4.3 上样液 pH 对吸附效果的影响

量取银杏叶黄酮提取液 7 份 (60 mL/份), 分别用 1 mol/L HCl 和 1 mol/L NaOH 调 pH 为 2.10、3.10、4.10、4.85、6.20、7.10、8.12。下同 1.3.4.2, 计算吸附率。

### 1.3.4.4 洗脱液浓度对解吸率的影响

将吸附饱和的 AB-8 大孔树脂 0.5 g 装入三角瓶中, 分别加入 50%、60%、70%、75%、80% 和 85% 乙醇 20 mL。下同 1.3.4.2, 计算解吸率。

### 1.3.4.5 洗脱液 pH 对解吸效果的影响

量取 80% 乙醇 7 份 (60 mL/份), 分别用 1 mol/L HCl 和 1 mol/L NaOH 调 pH 为 2.10、3.10、4.20、4.95、6.10、7.10、8.22。下同 1.3.4.2, 计算解吸率。

## 1.3.5 大孔树脂动态吸附、解吸试验

### 1.3.5.1 上样流速对吸附效果的影响

将 AB-8 树脂装柱, 取一定量银杏叶黄酮提取液, 在前述优化条件下分别以 1.5、2.5、3.5 BV/h 的流速匀速上柱, 收集流出液、定容, 测定其中黄酮浓度。

### 1.3.5.2 洗脱流速对解吸效果的影响

将黄酮提取液上柱, 按前述优化条件动态吸附至饱和, 将洗脱液以 1、1.5、2、2.5、3、3.5 BV/h 的流速进行解吸, 收集流出液、定容, 测定其中黄酮浓度。

## 1.4 数据分析

采用 SPSS 11.0 软件对数据进行统计分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 静态吸附、解吸试验结果

#### 2.1.1 大孔树脂的筛选

以大孔树脂的吸附量、吸附率、解吸率为评价指标考察 AB-8、D101、HPD-100 三种大孔树脂对银杏叶黄酮吸附与解吸性能的影响, 分别见图 1、2。

由图 1 的静态吸附动力学曲线可以看出, 在 12 h 的吸附时间内, 随着时间的延长, 3 种树脂的吸附率均逐渐增大至吸附饱和。其中 AB-8 与 D101 在吸附

6h 后吸附率变化不大, 接近饱和, 属快速平衡型, 而 HPD-100 则在吸附 10 h 时才接近饱和, 同时 AB-8 和 HPD-100 的吸附率明显高于 D-101, 吸附 12 h 时 AB-8 的吸附率最高, 达 79.84%, 此时的吸附量为 12.80 mg/g, 均高于其它两种树脂 (HPD-100、D101 此时吸附量分别为 11.60、8.70 mg/g)

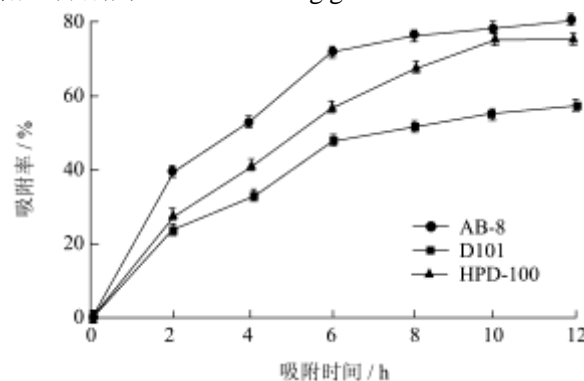


图 1 3 种树脂的静态吸附动力学曲线

Fig.1 Static adsorption curve of three resins

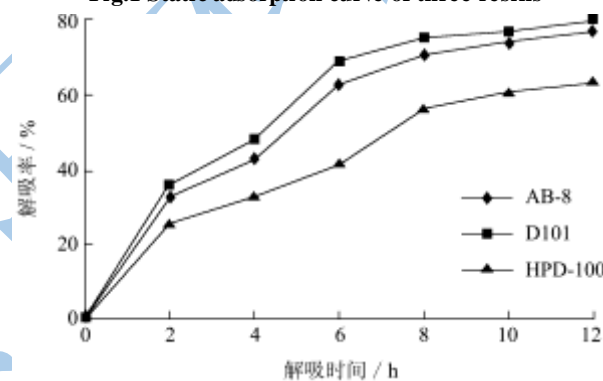


图 2 3 种树脂的静态解吸动力学曲线

Fig.2 Static desorption curve of three resins

解吸动力学曲线 (图 2) 说明, 3 种吸附树脂中 D101 的解吸率最高为 79.04%, AB-8 次之, HPD-100 的解吸率最低。综合考虑吸附量、吸附率、解吸率及平衡时间, 选择 AB-8 大孔树脂进行银杏叶黄酮的纯化。

### 2.1.2 上样液浓度对吸附效果的影响

上样液的浓度直接影响纯化效率及样品的利用程度。上样浓度过低, 纯化时间长、效率低, 而上样浓度过高易引起吸附不充分, 造成样品浪费。由图 3 可知, 上样浓度较小时, 吸附率也较低, 随着上样浓度的增加, 吸附率也不断增大, 上样液浓度为 0.94 mg/mL 时即提取原液稀释 1.5 倍时, 大孔树脂的吸附率最高。这主要是因为提取液中黄酮浓度越高, 单位表面积内与大孔树脂接触量也越大, 吸附量也就越大, 因此在试验可测定范围内, 较高的上样液浓度有利于提高大孔树脂的吸附效率。本试验选择将银杏叶黄酮粗提液稀释 1.5 倍也即以 0.94 mg/mL 的浓度进行上



样。

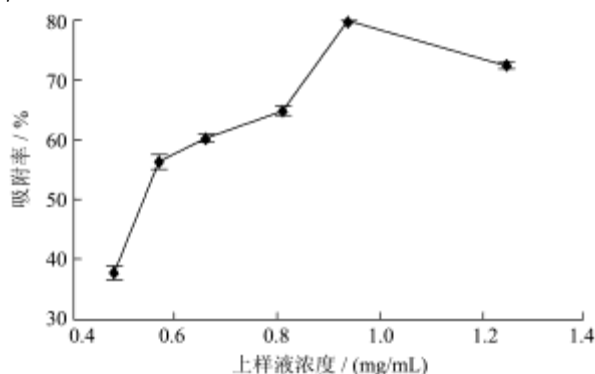


图3 上样液浓度对吸附效果的影响

Fig.3 Effect of sample concentration on the adsorption efficiency

### 2.1.3 上样液 pH 对吸附效果的影响

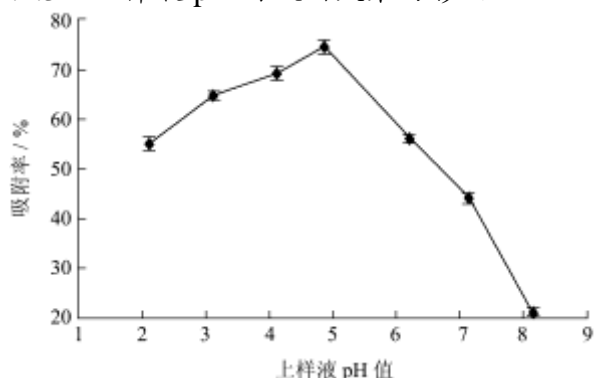


图4 上样液 pH 对吸附效果的影响

Fig.4 Effect of sample pH on the adsorption efficiency of resin

上样溶液pH的变化,可以改变目标成分在溶液中的存在形式,影响其溶解度,并改变溶液极性,从而影响目标成分与吸附树脂的分子间作用力<sup>[14]</sup>。黄酮类化合物为多羟基酚类,呈弱酸性,因此要达到良好的吸附效果,应在酸性或弱酸性条件下吸附。从图4可以看出,银杏叶黄酮的吸附率随pH升高先增大后减小,pH 4.85时 AB-8树脂的吸附率最高,为74.87%,这主要是因为在此条件下黄酮类化合物以分子状态存在,疏水性增强,树脂对其吸附增强,主要以范德华力与树脂进行物理吸附。当溶液呈碱性时,吸附率明显降低,pH 8.12时仅为21.45%。

### 2.1.4 洗脱液浓度对解吸效果的影响

试验中选择不同浓度的乙醇作为洗脱液对银杏叶黄酮进行分离纯化。从图5可见,随着乙醇浓度的增大,大孔树脂的解吸率逐渐增大。在50~85%的浓度范围内,洗脱剂浓度越高,解吸率越高,浓度增加到80%后,增加幅度减缓,到达85%时,解吸率达到最高。鉴于浓度越高乙醇水溶液挥发性越大,以及考虑溶剂成本,本试验选择80%的乙醇水溶液作为洗脱剂。

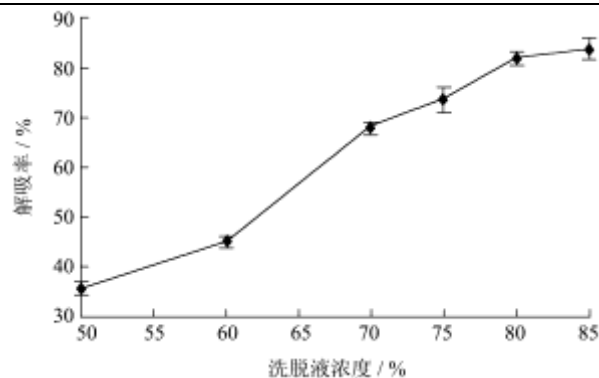


图5 洗脱液浓度对解吸效果的影响

Fig.5 Effect of eluant concentration on the desorption efficiency

### 2.1.5 洗脱液 pH 对树脂解吸效果的影响

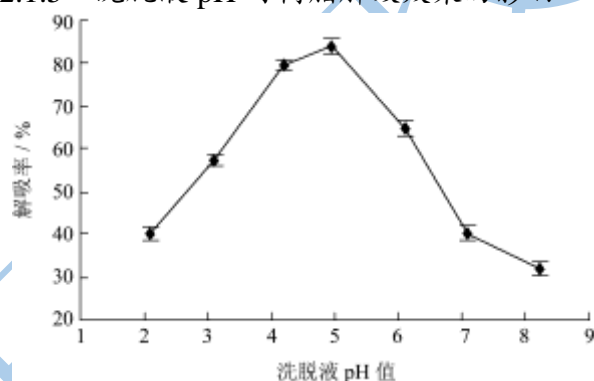


图6 洗脱液 pH 对解吸效果的影响

Fig.6 Effect of eluant pH on the desorption efficiency

由图6可以看出,以80%乙醇作为洗脱液,其pH的变化对树脂的解吸率有较大影响。在试验pH范围内,随着pH值的升高,解吸率先升后降,pH 4.95时,解吸率最高,为83.83%。这也与银杏叶黄酮的弱酸性有关,试验选择以pH 4.95的乙醇溶液作为洗脱液进行洗脱。

## 2.2 动态吸附、解吸试验结果

### 2.2.1 上样流速对吸附效果的影响

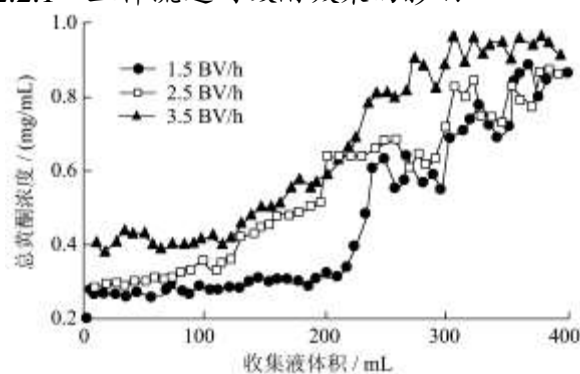


图7 上样流速对吸附效果的影响

Fig.7 Effect of loading velocity on the adsorption efficiency

上样流速的确定一般是通过树脂泄漏点出现的时间来判断,泄露点的出现时间说明了样液中目标物的吸附是否充分<sup>[8]</sup>。由图 7 可以看出随着收集液体积的不断增加,其中的黄酮浓度也呈递增趋势,之后趋向恒定,接近于上样液浓度。当上样流速为 1.5 BV/h 时泄露点出现较晚,在收集液体积为 220 mL 附近,可能是流速较慢时目标成分与树脂的接触较为充分,有利于其从流动相到树脂内部的扩散,从而提高了吸附率;当上样流速为 2.5 BV/h 时,泄露点出现提前,在流出液体积为 140 mL 左右;而当进一步增大上样流速至 3.5 BV/h 时,树脂未出现泄露点,可能是由于过快的流速使样液中黄酮来不及被吸附就已经流出而被收集,从而使收集液中的黄酮浓度偏高。因此,在试验中选择上样流速为 1.5 BV/h 比较利于银杏叶黄酮的充分吸附。

### 2.2.2 洗脱流速对解吸效果的影响

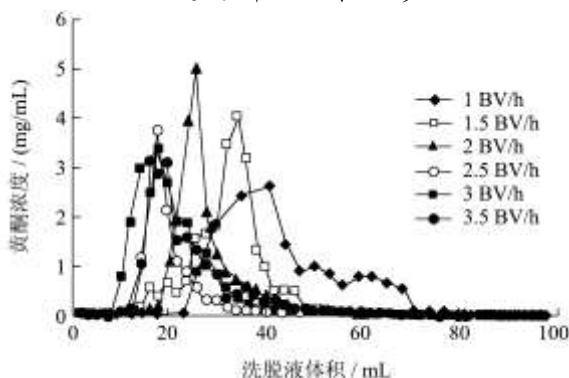


图 8 洗脱流速对解吸效果的影响

Fig.8 Effect of eluting velocity on the desorption efficiency

由图 8 可以看出,随着时间的延长,各不同流速条件下收集液中的黄酮浓度均呈现先增后减的趋势,收集液体积接近 100 mL 时,几乎无黄酮测出,说明到达洗脱终点。试验各洗脱流速下,收集液中黄酮的峰值出现在收集液体积为 20~40 mL 范围内。从图中可以看出,2 BV/h 及 2.5 BV/h 流速条件下的洗脱曲线峰形较好、无拖尾、洗脱集中,其中 2 BV/h 洗脱条件下洗脱液中的黄酮浓度最高,而其余过小(1、1.5 BV/h)及过大(3、3.5 BV/h)的洗脱流速均导致洗脱峰出现过晚或过早以及洗脱不集中。因此试验中选择 2~2.5 BV/h 的洗脱流速。

### 2.2.3 纯化前后银杏叶黄酮含量比较

将银杏叶黄酮提取原液、银杏叶黄酮精制液分别进行旋蒸浓缩、冷冻干燥,得银杏叶黄酮粗品及银杏叶黄酮精制品。准确称取等量的上述两种银杏叶黄酮样品,定容后测定黄酮含量,并进行比较。结果表明,银杏叶黄酮粗品中的黄酮含量为 8.21%,经本试验树脂纯化后所得银杏叶黄酮精制品中的黄酮含量为

26.16% (图 9),较粗品纯度提高 3.2 倍。

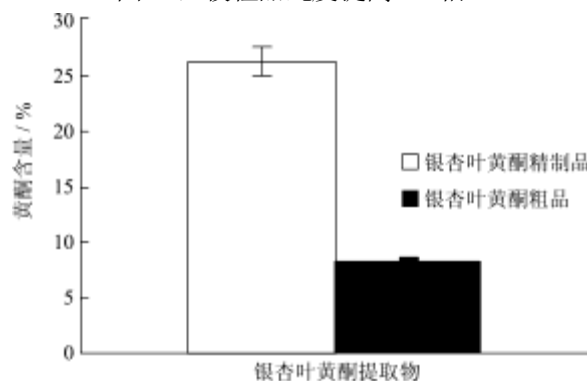


图 9 纯化前后银杏叶黄酮含量比较

Fig.9 Comparison of flavones content of GBLs before and after purification

## 3 结论

本文采用乙醇浸提法对银杏叶黄酮进行提取,并采用大孔树脂法对其进行纯化,探讨银杏叶黄酮的大孔树脂纯化工艺。以吸附率和解吸率为指标,考察了 AB-8、D101、HPD-100 3 种大孔树脂对银杏叶黄酮的吸附与解吸性能,结果表明,AB-8 型大孔树脂对银杏叶总黄酮的吸附性能与解吸效果最好。同时,结合静态与动态吸附解吸试验,得出 AB-8 大孔树脂分离纯化银杏叶黄酮的最佳工艺:将银杏叶黄酮提取原液稀释 1.5 倍(浓度为 0.94 mg/mL)、调 pH 至 4.85 作为上样液,以 1.5 BV/h 的流速上样吸附,上样量 200 mL,吸附饱和后,采用 pH 4.95 的 80% 乙醇作为洗脱剂,以 2~2.5 BV/h 的流速进行洗脱,洗脱剂用量约 50 mL,收集洗脱液,蒸发浓缩、冷冻干燥得银杏叶黄酮精制品。在此纯化条件下所得银杏叶黄酮精制品中的黄酮含量为 26.16%,较纯化前粗品中的黄酮含量 8.21% 提高了 3.2 倍。说明 AB-8 型大孔树脂可有效地分离纯化银杏叶黄酮。

## 参考文献

[1] 曹福亮.中国银杏志[M].北京:中国林业出版社,2007  
Cao Fu-liang. Records of China *Ginkgo biloba* [M]. Bei Jing: China Forestry Press, 2007

[2] S Ding, E Dudley, S Plummer, et al. Fingerprint profile of *Ginkgo biloba* nutritional supplements by LC/ESI-MS/MS [J]. *Phytochemistry*, 2008, 69: 1555-1564

[3] 马朝阳,吕文平,姜在祥,等.大孔树脂分离纯化银杏黄酮苷元的研究[J].山东农业大学学报(自然科学版),2013,44(1): 40-45  
Ma Chao-Yang, Lv Wen-Ping, JIANG Zai-Xiang, et al. Study on separation and purification of *Ginkgo flavone aglycone* by

- macroporous adsorption resin [J]. Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science), 2013, 44(1): 40-45
- [4] 黄九龙,胡金兰,孔淼,等.银杏叶总黄酮对豚鼠肠系膜下神经节细胞Is-EPSP的影响[J].安徽医科大学学报,2006,41(6): 655-659
- Huang Jiu long, Hu Jin lan, Kong Miao, et al. Effect of the total flavonoids of ginkgo on the neurons of inferior mesenteric ganglion of guinea pig *in vitro* [J]. Acta Universitatis Medicinalis Anhui, 2006, 41(6): 655-659
- [5] Smith J V, Luo Y. Elevation of oxidative free radicals in Alzheimer's disease models can be attenuated by Ginkgo biloba extract EGb 761 [J]. Journal of Alzheimer's Disease, 2003, 5(4): 287-300
- [6] Liu Xiao-ping, Christopher E P Goldringb, Wang Hai-Yi, et al. Extract of *Ginkgo biloba* induces glutathione-S-transferase subunit-P1 *in vitro* [J]. Phytomedicine, 2009, 16: 451-455
- [7] Punkt K, Adams V, Linke A, et al. The correlation of cytophotomerically and biochemically measured enzyme activities, changes in the myocardium of diabetic and hypoxic diabetes rats, with and without Ginkgo biloba extract treatment [J]. Acta Histochem, 1997, 99(3): 291-298
- [8] 黄训端,何家庆.银杏黄酮魔芋精粉对大鼠抗氧化及减肥作用的影响[J].营养学报,2006,28(5):409-411
- Huang Xun Duan, He Jia Qing. Effects of amorphophallus konjac refined powder and Ginkgo biloba flavonoids on antioxidation and anti-obesity in rats [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2006, 28(5): 409-411
- [9] Zhu Xing-yi, Mang Yi-li, Xie Jie, et al. Response surface optimization of mechanochemical-assisted extraction of flavonoids and terpene trilactones from Ginkgo leaves [J]. Industrial Crops and Products, 2011, 34: 1041-1052
- [10] 林建原,季丽红.响应面优化银杏叶中黄酮的提取工艺[J].中国食品学报,2013,13(2):83-90
- Lin Jian-yuan, Ji Li-hong. Optimization of Flavonoids from Ginkgo Biloba Using Response Surface Analysis [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2013, 13(2): 83-90
- [11] Jing Li, Howard A. Chase. Use of expanded bed adsorption to purify flavonoids from *Ginkgo biloba* L. [J]. Journal of Chromatography A, 2009, 1216(50): 8759-8770
- [12] Zhang Jing, Yue Lin, Khizar Hayat, et al. Purification of flavonoid from *Ginkgo biloba* extract by zinc complexation method and its effect on antioxidant activity [J]. Separation and Purification Technology, 2010, 71: 273-278
- [13] Sung Y Yoon, Won Jae Choi, Jong Moon Park, et al. Selective adsorption of flavonoid compounds from the leaf extract of *Ginkgo biloba* L. [J]. Biotechnology Techniques, 1997, 11(8): 553-556
- [14] 刘安军,刘慧慧,郭丹青,等.大孔吸附树脂分离纯化枸杞叶总黄酮的研究[J].现代食品科技,2012,28(3):292-296
- Liu An-jun, Liu Hui-hui, Guo Dan-xiao, et al. Separation and Purification of Total Flavones from *Lycium barbarum* Leaves by Macroreticular Resin [J]. Modern Food Science and Technology, 2012, 28(3): 292-296
- [15] Zhang Yu, Jiao Jing-jing, Liu Cheng-mei, et al. Isolation and purification of four flavone C-glycosides from antioxidant of bamboo leaves by acroporous resin column chromatography and preparative high-performance liquid chromatography [J]. Food Chemistry, 2008, 107: 1326-1336