

金槐芦丁聚酰胺树脂纯化工艺优化

Purification of Rutin from *Flos Sophora*

王 峥 秦 源

WANG Zhen QIN Yuan

(湖南科技学院化学与生物工程学院, 湖南 永州 425199)

(Department of Biological and Chemical Engineering, Hunan University of
Science and Engineering, Yongzhou, Hunan 425199, China)

摘要:为探索聚酰胺树脂纯化芦丁的工艺条件,以金槐槐米为原料,考察上样液浓度、上样液流速、洗脱剂浓度、洗脱剂体积 4 个因素对芦丁精制的影响,确定最佳的分离纯化工艺。结果表明:在上样液浓度 0.286 mg/mL,上样液流速 1.0 mL/min,洗脱剂 80% 乙醇,洗脱体积 2.5 BV 条件下,芦丁得率为 55.49%,纯度为 99.08%。

关键词:槐米;芦丁;聚酰胺树脂;纯化

Abstract: In order to comprehensively utilize *Flos Sophora* resources and industrialized large-scale production, the development of optimal conditions for the purification of rutin by polyamide resins is highly desirable. *Paraphlomis javanica* was used as the raw material, and four factors including concentration of sample solution, flow rate of the sample solution, ethanol concentration of the eluent and elution volume were investigated to ascertain its influence on the purification of rutin. When the concentration of the sample was 0.286 mg/mL, flow rate of the sample solution was 1.0 mL/min, with eluent of 80% ethanol and elution volume of 2.5 BV. Finally, the yield of rutin was 55.49% and the purity was 99.08%.

Keywords: *Flos Sophora*; rutin; polyamide resin; purification

槐树自古以来就是中国药史上重要的药食同源植物,有“金药树”之称。根据花色,槐树可分为白、青、黄、金槐等 4 个类别。其中,金槐为绿色落叶乔木,开花期长,是槐树中的优良品种,广泛分布于广西全州以及湖南永州、衡阳一带。槐米为豆科植物槐(*Sophora japonica* L.)的干燥花蕾及花^{[1]354},已经被列在国家卫生部第一批药食同源名单中^[2]。芦丁(Rutin)别名芸香苷,是槐米总黄酮中的主要活性成分,分子中含有许多酚羟基,为黄酮苷类化合物,是一种生物活性很强,广泛应用的临床中药,具有防止血小板聚集或抑制血栓形成,促进细胞增生和具有抗炎、降血脂的等作用^[3-4]。

槐米中芦丁含量的高低是决定槐米品质的重要指标,也直接关系到槐米生产的经济效益。据文献[5]研究结果显示,金槐中芦丁的含量可达 25% 左右,远远高于其他 3 种。前人^[6-7]对槐米芦丁的纯化方法主要有结晶法和大孔树脂。结晶法存在耗时久,溶剂不环保的缺陷,而大孔树脂纯化法对芦丁纯化的效率较低,难以达到药典要求。据相关研究^[8-9],聚酰胺树脂可与黄酮类、酚类等富含酚羟基的化合物形成氢键而被吸附,故本试验拟采用聚酰胺树脂层析法,结合高效液相法检测,优选出芦丁最佳精制工艺路线,以期得到一种原料利用率高、工艺简单且成本低的金槐精制芦丁的方法,为槐米资源的产业化开发与综合利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

金槐槐米:2016 年产,永州锦深金槐种植农业合作社。对其进行除杂 45℃ 烘干后,粉碎,过 40 目筛,置自封袋中备用。粗品芦丁(59.15%)以金槐槐米为原材料,实验室前期用酸提碱沉的方法提取得到^[10]。

1.2 主要试剂

芦丁标准品:纯度 99%,中国食品药品检定研究院;
甲醇:色谱纯,天津市福晨化学试剂厂;
冰醋酸、纯化水、甲醇、乙醇、氢氧化钙、硼砂等:分析纯,天津市福晨化学试剂厂;
层析聚酰胺树脂:650 型,山东西亚化学股份有限公司。

1.3 仪器设备

回流提取器:FVSY-360 型,北京同德创业科技有限公司;
电子分析天平:JA3003 型,上海舜宇恒平科学有限公司;
电热鼓风干燥箱:WG-71 型,天津市泰斯特仪器有限公司;
旋转蒸发仪:RE-2000B 型,巩义市英峪高科仪器厂;

作者简介:王峥(1988—),女,湖南科技学院讲师,硕士。

E-mail: 672576276@qq.com

收稿日期:2018-07-03

摇床: ZHWY-211B型, 上海智城分析仪器制造有限公司;

高速多功能粉碎机: XY-100型, 浙江省永康市松青五金厂;

高效液相色谱仪: LC-20AT型, 日本岛津公司。

1.4 试验方法

1.4.1 聚酰胺树脂的预处理 将聚酰胺树脂用95%乙醇浸泡3 d, 不断搅拌、适时振荡, 使其充分溶胀, 除去气泡及乙醇漂浮物后湿法装入32 mm×490 mm层析柱中。继用3倍体积95%的乙醇洗脱, 洗至洗脱液透明并在蒸干后无残渣或极少残渣为止。再依次用3倍5%的NaOH水溶液冲洗, 然后用蒸馏水洗至中性, 其次用3倍体积4%的醋酸水溶液洗脱, 最后再用蒸馏水洗脱至中性无醇味, 备用^{[1]355}。

1.4.2 芦丁含量的测定 采用高效液相色谱法^{[1]355}。色谱条件: 色谱柱为CLC-BDS-C₁₈(6.0 mm×150 mm, 5 μm); 流动相为甲醇-0.1%醋酸溶液(42:58); 流速1 mL/min; 柱温25℃; 检测器UV; 检测波长257 nm; 进样量10 μL; 标准品为芦丁(1 mg/mL)。

1.4.3 标准品溶液的制备 精密称定芦丁对照品10.0 mg, 置于10 mL容量瓶中, 加少量甲醇溶解, 继续加甲醇至刻度并摇匀, 即得芦丁标准溶液。

1.4.4 标准曲线的绘制 取2.3标准品溶液, 分别进样2, 4, 6, 8, 10 μL。以进样量(μL)为横坐标, 峰面积(A)为纵坐标绘制标准曲线, 并进行线性回归拟合, 得线性回归方程。

1.4.5 粗芦丁的提取 准确称取槐米粉若干克, 置于圆底烧瓶中, 加入适量3%硼砂水, 用饱和Ca(OH)₂调节至pH为10, 以液料比1:16(g/mL)回流微沸提取36 min, 回流2次。合并提取液, 温度降到60℃左右用1 mol/L的HCl调节pH至2.5, 放置12 h, 抽滤、干燥得芦丁粗品, 备用^[8]。粗芦丁纯度经高效液相测定含量为59.15%。

1.4.6 静态试验

(1) 静态吸附与解吸附试验: 精确称取预处理好的3种不同目数的(30~60, 60~100, 100~200目)聚酰胺树脂各5.000 0 g(干重), 分别置于250 mL三角烧瓶中, 加入50 mL的样品芦丁提取液, 使溶液浓度为5 mg/mL, 于摇床上振荡24 h, 充分吸附后, 吸取滤液1.0 mL, 用高效液相测其在257 nm下的峰面积A, 代入标准曲线回归方程中, 测定吸附后的滤液芦丁的质量浓度。用去离子水将滤出的聚酰胺树脂表面的残留提取液洗去, 然后分别另置于250 mL三角烧瓶中, 加入70%的乙醇50 mL, 置摇床中振荡24 h, 待充分解吸后立刻过滤, 同法测其质量浓度。计算3种不同目数的聚酰胺树脂对金槐芦丁的静态吸附量、解吸率。

(2) 静态吸附与解吸附动力学: 精确称取处理好的3种不同目数(30~60, 60~100, 100~200目)聚酰胺树脂各5.000 0 g(干重), 分别置于250 mL三角烧瓶中, 精密加入50 mL提取液, 使溶液浓度为5 mg/mL, 置摇床上振荡, 每隔30 min取上清液1.0 mL, 并测定其芦丁浓度, 绘制吸附动力学曲线。利用上述充分饱和和吸附的树脂, 用蒸馏水冲洗其残留的芦丁提取液, 加入体积分数70%乙醇溶液50 mL, 置

于摇床上振荡, 每隔30 min取上清液1.0 mL并测定其芦丁浓度, 绘制解吸附动力学曲线。

1.4.7 动态试验

(1) 上样浓度考察: 精确称取芦丁粗品0.100 0 g, 加50 mL蒸馏水加热使其充分溶解, 均分5份, 每份10 mL, 再分别加蒸馏水50, 60, 70, 80, 90 mL得到不同质量浓度的样品液, 浓度分别为0.333, 0.286, 0.250, 0.222, 0.200 mg/mL。精确称取5.000 0 g(干重)聚酰胺树脂5份, 湿法上柱, 去离子水洗至无醇味。控制样品液流速为1.0 mL/min, 30 mL上样。收集柱液, 并测其芦丁质量浓度, 绘制吸附量与上样浓度关系曲线, 确定最佳上样浓度。

(2) 上样流速考察: 精确称取5.000 0 g(干重)聚酰胺树脂5份, 湿法上柱, 去离子水洗至无醇味。用最佳上样浓度上样, 样品液30 mL过柱, 控制流速分别为0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 mL/min通过树脂柱, 收集流出的柱液, 测其芦丁质量浓度。绘制吸附量与上样流速关系曲线, 确定最佳上样流速。

(3) 吸附泄露曲线: 精确称取5.000 0 g(干重)聚酰胺树脂, 湿法上柱, 去离子水洗至无醇味。用确定的最佳上样浓度和最佳上样流速, 每30 mL持续上样, 过柱。每10 mL(1 BV)收集为一管, 测定其总芦丁含量, 并绘制吸附泄露曲线。

(4) 洗脱剂浓度考察: 精确称取5.000 0 g(干重)聚酰胺树脂5份, 湿法上柱, 去离子水洗至无醇味。用最佳上样浓度、上样流速及30 mL过柱。待吸附完全饱和后, 分别用50%, 60%, 70%, 80%, 90%的乙醇溶液各30 mL进行洗脱, 收集洗脱液, 测定解吸液中芦丁质量浓度。

(5) 洗脱剂体积考察: 精确称取5.000 0 g(干重)聚酰胺树脂5份, 湿法上柱, 去离子水洗至无醇味。样品液按最佳条件上柱, 待吸附完全后, 用最佳洗脱剂进行洗脱, 每5 mL(0.5 BV)收集一管, 收集18管, 并测定每管中芦丁的质量浓度, 绘制洗脱曲线, 确定洗脱剂最佳用量。

1.4.8 验证性实验 精确称取5.000 0 g(干重)聚酰胺树脂, 粗芦丁提取液以最佳上样浓度、上样流速、上样量上柱, 流出的柱液再重新上柱一次, 待充分吸附后, 最后用最佳洗脱剂体积的最佳浓度洗脱液进行洗脱, 并如此重复3次试验。

2 结果与分析

2.1 标准曲线

标准品与粗品的HPLC色谱图见图1.2。

由图1.2可知, 金槐槐米的芦丁粗品与芦丁标准品在同一时间出峰, 且峰型较好, 故可认为该峰是芦丁的色谱峰。理论塔板数均>10 000, 二者的分离度>1.5, 符合药典要求^{[1]355}。粗品纯度为59.15%。标准品线性回归方程为: $y = 2142221x - 61283$ ($R^2 = 0.9999$), 结果表明, 芦丁在2~10 μg内线性关系良好。

2.2 静态试验

3种树脂的吸附量与解吸率见表1。

由表1可知, 100~200目聚酰胺树脂的吸附量为28.00 mg/g, 解吸率为82.94%, 较60~100与30~60目聚

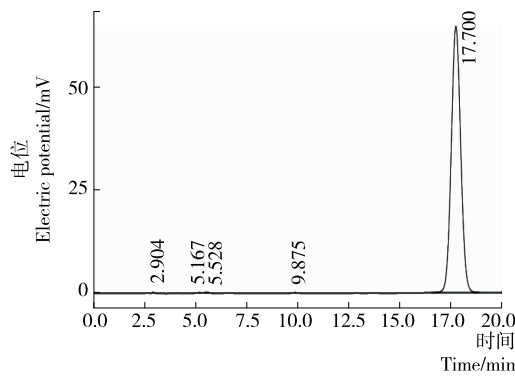


图 1 芦丁标准品的 HPLC 图

Figure 1 HPLC chromatogram of rutin standard

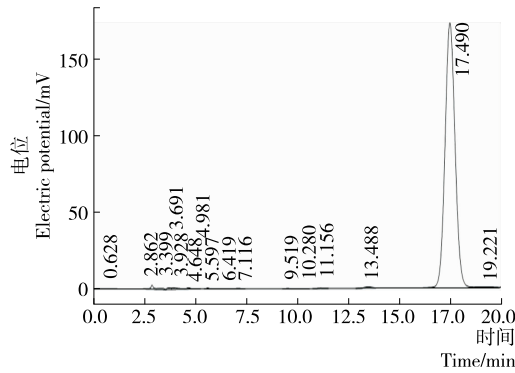


图 2 芦丁粗品的 HPLC 图

Figure 2 Rutin crude product HPLC chromatogram

表 1 不同目数聚酰胺树脂的饱和吸附量及解吸量

Table 1 Adsorption capacity and desorption of different kinds of polyamide resin

树脂 650 型/目	吸附量/(mg · g ⁻¹)	解吸率/%
30~60	20.04	49.14
60~100	22.10	74.12
100~200	28.00	82.94

酰胺树脂的都高。推测原因可能是不同目数的聚酰胺树脂密度不同,与芦丁的接触面积不一样,对芦丁的吸附能力不同,解吸能力也不同^[11-13]。综上选取 100~200 目的聚酰胺树脂进行后续研究。

工业实际生产中,生产效率与树脂的动力学特性密切相关,适合的聚酰胺树脂不仅要有较高的吸附量和解吸率,还要具备较快的吸附和解吸附速度^[14-15]。

2.2.1 静态吸附动力学结果分析 静态吸附动力学曲线见图 3。

由图 3 可知,30~60 目的聚酰胺树脂对芦丁的吸附效果随时间的变化不明显,属于慢速平衡型。60~100 目和 100~200 目的聚酰胺树脂均属于快速平衡型,60~100 目的聚酰胺树脂在 0.0~2.0 h 阶段,对芦丁的吸附效果变化不明显,而在 2.0 h 之后,吸附效果变化较为明显;100~200 目的聚酰胺树脂对芦丁的吸附效果随着时间的变化显著,比同时间下的 60~100,30~60 目聚酰胺树脂的吸附速度都快,且吸

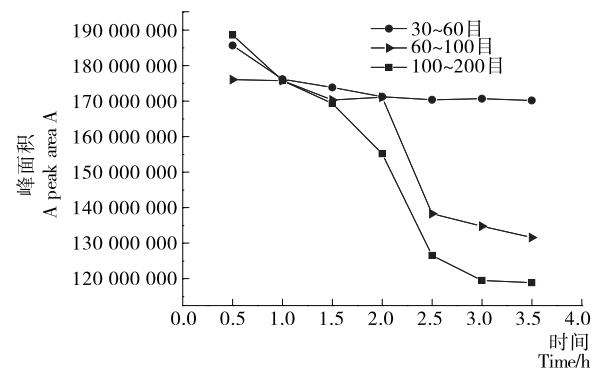


图 3 静态吸附动力曲线

Figure 3 Static adsorption curve of rutin

附量也高,约 3.0 h 吸附完全。推测可能是 100~200 目的聚酰胺树脂密度比 30~60,60~100 目的大,与芦丁的接触面积也相对较大,芦丁又属于黄酮苷类化合物,所含酚羟基较多,因而与之形成的氢键也较多,易被吸附。

2.2.2 静态解吸附动力学结果分析 静态解吸附动力学曲线见图 4。

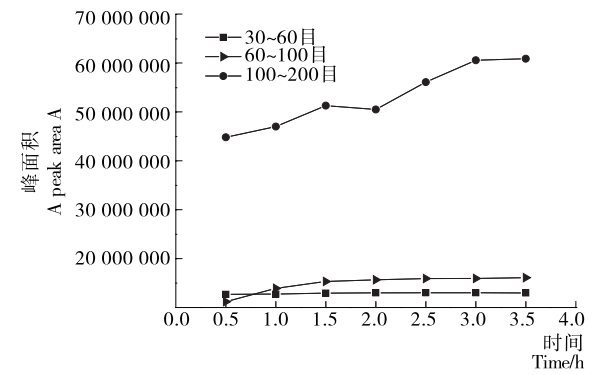


图 4 静态解吸动力曲线

Figure 4 Static desorption curve of rutin

由图 4 可知,30~60 目和 60~100 目聚酰胺树脂随时间的推移,解吸速度均变化不大,相对平稳且解吸量不高。100~200 目树脂较其他 2 种树脂解吸效果明显,解吸量高,约 3.0 h 解吸完全。分析原因可能是不同吸附时间,不同吸附树脂的饱和和解吸量可能相同,物理化学性能不同,解吸动力学也有所差异^[14-16]。综上试验结果,最终选择 100~200 目聚酰胺树脂对永州金槐中芦丁进行后续动态吸附解吸性能研究。

2.3 动态试验

2.3.1 上样浓度的确定 由图 5 可知,上样浓度为 0.200~0.286 mg/mL 时,树脂对芦丁的吸附量呈上升趋势;当上样浓度为 0.286 mg/mL 时,吸附量达到最大,随后树脂对芦丁的吸附量随上样浓度的上升呈下降趋势。可能是样品液浓度过大,会在层析柱树脂上端口沉积,导致部分样品液不能被树脂吸附分离;浓度过低,成分在树脂中跑地较快,导致芦丁成分来不及被吸附就已流出层析柱,从而影响纯化效果准确性^[17-19]。达到最大吸附量后又随上样浓度的上升而下降,这是由于上样浓度过高,导致泄露点提前,吸附量下降。因此,上样浓度控制在 0.286 mg/mL。

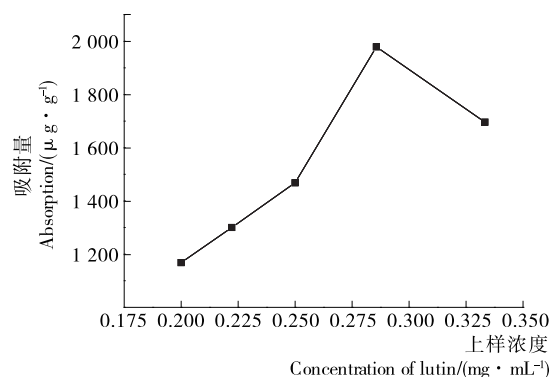


图 5 上样浓度对芦丁吸附量的影响

Figure 5 Effect of sample concentration solution on adsorption capacity of rutin

2.3.2 上样流速的确定 由图 6 可知,随着上样流速的不同,聚酰胺树脂对其的吸附程度有明显区别。当上样流速为 4.0~1.0 mL/min 时,树脂对芦丁的吸附效果变化较大,当上样流速为 1.0 mL/min 之后,流出液中的芦丁含量降低,几乎接近于完全被吸附。芦丁在 1.0,0.5 mL/min 吸附量相差不大,同时考虑到时间等控制,提高分离速率和生产效率,最终选 1.0 mL/min 作为最佳的上样流速。

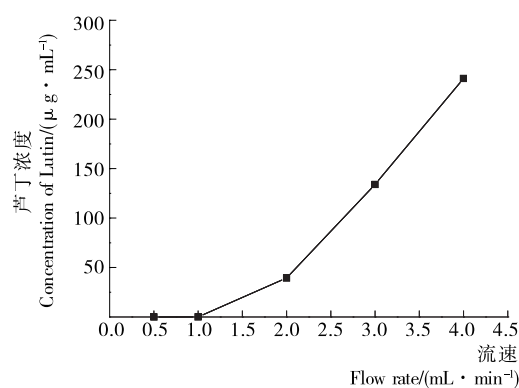


图 6 上样流速对芦丁吸附量的影响

Figure 6 Effect of sample flow rate on adsorption capacity of rutin

2.3.3 吸附泄露曲线 当上样量过载时,芦丁出现泄露^[20]。由图 7 可知,随着粗芦丁提取液上样体积的增加,当收集到第 11 流份时,流出液中芦丁的含量逐渐增加,说明树脂对芦丁的吸附开始出现泄露。当收集到第 14 流份以后,流出液中总芦丁的含量随粗芦丁提取液上样体积的增加趋于平缓,说明此流份开始芦丁已明显泄露,并接近于饱和吸附,此时聚酰胺树脂对芦丁的饱和吸附量为 28.00 mg/g。

2.3.4 洗脱剂浓度的确定 如图 8 所示,聚酰胺树脂对芦丁的解吸量随着乙醇浓度的升高先增长后降低,在 80% 以下解吸量随着乙醇的浓度增加而增高,当乙醇体积分数达到 80% 以上时,树脂对芦丁的吸附量变化趋于平稳。可能是槐米中芦丁在乙醇浓度为 80% 以下时溶解较少,因此解吸量较低;而随着乙醇浓度 > 80% 以后解吸量降低,可能是芦丁溶液极性减小,芦丁作为黄酮苷类化合物的溶解度反而降低。且从节省洗脱溶剂等方面考虑,选 80% 的乙醇作为洗脱溶剂。

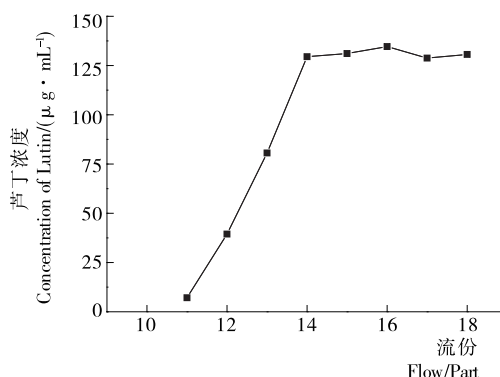


图 7 吸附泄露曲线图

Figure 7 Adsorption leak graph

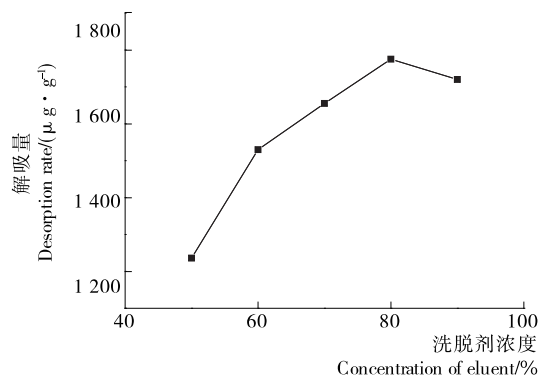


图 8 乙醇体积分数对解吸量的影响

Figure 8 Effect of volume fraction of ethanol on desorption

2.3.5 洗脱剂体积的确定 用洗脱剂对芦丁进行洗脱解吸时,用量过少,被吸附成分洗脱不完全;用量过多,则会造成溶剂浪费,且对后续处理造成不便^[20-23]。由图 9 可知,聚酰胺树脂对芦丁的解吸量随着洗脱体积的增加,呈先上升后下降的趋势。当洗脱至第 5 流份后,树脂对芦丁的解吸量变化趋于平缓,表明此时芦丁成分几乎已被完全洗脱,以 2 个流份为 1 个柱体积,即以洗脱体积 2.5 BV (柱体积),可将绝大部分的芦丁成分洗脱下来。因此,选择 2.5 BV 为最佳洗脱体积。

综合动态试验结果可得出,聚酰胺树脂纯化金槐芦丁的最佳工艺参数为:上样浓度 0.286 mg/mL、上样流速 1.0 mL/min、最大上样量 28.00 mg/g、洗脱剂为 80% 乙醇、洗脱剂用量 2.5 BV。

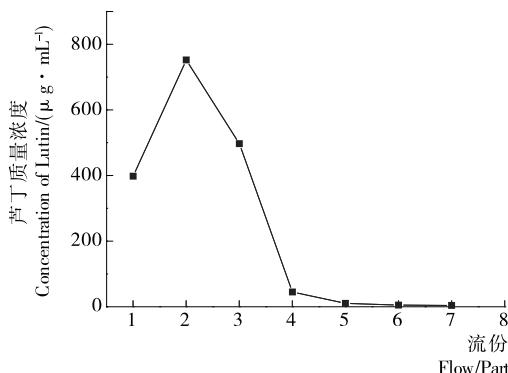


图 9 金槐芦丁洗脱曲线

Figure 9 Desorption curve of rutin of Sophora Japonica

2.4 验证实验

由表 2 可知,验证实验平均得率 55%,纯度均达 99%以上, RSD<2%,说明该分离纯化工艺可行。

表 2 验证实验结果

Table 2 Validation experiment results

项目	第 1 组	第 2 组	第 3 组	平均值	RSD%
得率	54.83	55.35	55.03	55.07	0.47
纯度	99.11	99.01	99.04	99.05	0.05

3 结论

通过聚酰胺树脂层析法对金槐芦丁进行纯化,静态试验结果表明,100~200 目聚酰胺树脂更适宜金槐芦丁的纯化,饱和吸附量为 28.00 mg/g,解吸率为 82.94%;动态试验结果表明,聚酰胺法纯化芦丁的最佳工艺参数为:上样浓度 0.286 mg/mL,上样流速 1.0 mL/min,最大上样量 28.00 mg/g,洗脱剂为 80%乙醇,洗脱剂用量 2.5 BV。该工艺条件下芦丁得率为 55.49%,纯度达到 99%,且方法简单,生产周期短,产品符合欧洲药典要求,但工艺路线仍处于实验阶段,要进行工业生产仍需要进行放大试验数据的探索。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 2015 版. 北京:中国医药科技出版社, 2015.
- [2] 闫克玉, 高远翔. 大孔吸附树脂法纯化槐米总黄酮的研究[J]. 现代食品科技, 2009, 25(6): 596-599.
- [3] 王婷, 王辉宪, 王玲, 等. 聚酰胺法分离、纯化罗望子壳黄酮的工艺研究[J]. 广州化工, 2014, 13(42): 93-97.
- [4] MUHAMMAD U, MUHAMMAD A, BAHARULLAH K, et al. Antibiotic additive and synergistic action of rutin, morin and quercetin against methicillin resistant *Staphylococcus aureus*[J]. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2015, 15(1): 1-12.
- [5] 李雪峰, 徐振秋, 刘俊, 等. 聚酰胺法纯化银杏总内酯的工艺研究[J]. 药学与临床研究, 2015, 23(4): 344-346.
- [6] 涂瑶生, 施之琪. 槐米中芦丁提取纯化工艺研究[J]. 海峡药学, 2010, 22(1): 49-51.
- [7] 冀德富, 程月召, 李慧峰, 等. 高纯度芦丁的制备实验研究[J]. 实验室科学, 2014, 17(4): 38-41.
- [8] 雷燕妮, 张小斌. 乙醇回流法提取槐米中芦丁最佳条件探索[J]. 陕西农业科学, 2017, 63(8): 46-59.
- [9] 舒俊翔, 王峥. 槐米中芦丁提取纯化工艺研究进展[J]. 湖南科技学院学报, 2016, 37(5): 44-46.
- [10] 王峥, 曾凡荣, 舒俊翔, 等. 响应面分析法优化金槐总黄酮的提取工艺[J]. 广州化工, 2017, 45(20): 82-85.
- [11] JIA Xin-bo, LIN Xin-jian, LIN Chen-qiang et al. Enhanced alkaline catalase production by *Serratia marcescens* FZSF01: Enzyme purification, characterization, and recombinant expression[J]. Electronic Journal of Biotechnology, 2017, 30(1): 110-117.
- [12] 姚昕, 利舒文, 陈宗游, 等. 响应面法优化超声波辅助提取桂北金槐槐米中槲皮素工艺研究[J]. 时珍国医国药, 2017, 10(28): 2401-2405.
- [13] 付起凤, 王德娟, 孟凡佳. 正交法优化槐米中芦丁的超声提取工艺[J]. 中医药信息, 2012, 29(6): 49-52.
- [14] 罗亚东. 丙酮/(NH₄)₂SO₄ 双水相体系分离纯化槐米中芦丁的研究[D]. 桂林: 广西大学, 2014: 63.
- [15] 冯民昌, 田原, 贾海洋, 等. 高纯度芦丁树脂纯化工艺研究[J]. 化工时刊, 2015, 29(2): 10-18.
- [16] 邱岚, 梁翔, 邱学云, 等. 响应面分析法优化槐米中芦丁提取工艺[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(2): 97-102.
- [17] MARIA L S, GERMAN E M, GERARDO A M, et al. Dicitroviridae: A new viral purification technique[J]. Revista Argentina de Microbiologia, 2017, 49(4): 311-314.
- [18] 冯启蒙, 徐聪. 槐米中提芦丁纯化工艺研究[J]. 价值工程, 2012, 19(2): 307-308.
- [19] 林春梅. 聚酰胺层析法分离纯化牛蒡叶中的总黄酮[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(2): 236-238.
- [20] 陈菊. 中药槐米中芦丁提取工艺研究[J]. 中国医药科学, 2017, 7(15): 51-53.
- [21] MOU Qian-qian, HE Jing-xia, YIN Rong-li, et al. Response surface optimized infrared-assisted extraction and UHPLC determination of flavonoid types from flos sophorae [J]. Molecules, 2017, 22(6): 1-12.
- [22] 舒文将, 刘金磊, 邹蓉. 高效液相色谱法测定不同产地和采收期对槐米中芦丁含量的影响[J]. 时珍国医国药, 2017, 28(3): 709-711.
- [23] IZA N Q, ARRUDAL V A P, RICARDO S. Application of chitosan matrix for delivery of rutin[J]. Original Paper, 2017, 14(3): 561-566.

2019 年《粮油食品科技》征订启事

邮发代号 82-790

《粮油食品科技》杂志是由国家粮食局科学研究院主办的学术期刊,是中国科技核心期刊和中国农业核心期刊,被中国知网、万方数据库、中文科技期刊数据库、超星期刊域出版平台等多家数据库全文收录。

《粮油食品科技》以传播和弘扬先进的科学技术为宗旨,以服务行业为己任,以选文严格、内容精炼、信息丰富、印刷精美为特色,在粮食行业内的影响力极佳。

主要栏目:粮食加工、油脂加工、营养与品质、质量安全、仓储物流、生物工程等。

主要读者:科研院所、大专院校、粮油检测机构、粮库等领域相关人员。

《粮油食品科技》为国内外公开发刊,双月刊(逢单月 21 日出刊),大 16 开本,96 页,国内定价:20 元/期,全年 120 元;境外定价:20 美元/期,全年 120 美元。全国各地邮局均可订阅,也可直接联系本社订阅。

订阅单位:《粮油食品科技》杂志社

邮编:100037

地址:北京市西城区百万庄大街 11 号粮科大厦

电话:010-58523617/3620/3713

传真:58523614

E-mail:tougao@chinagrains.com

QQ:240868236

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告

