

新疆喀什酸石榴皮总多酚有效部位的纯化工艺优选

周湘龙,高晓黎*,丁楠,马桂芝

(新疆医科大学药学院药剂教研室,乌鲁木齐 830011)

[摘要] 目的:优选喀什酸石榴皮总多酚有效部位的纯化工艺。方法:以总多酚含量为指标,通过静态吸附-洗脱试验筛选大孔树脂型号,采用单因素试验考察上样液质量浓度、洗脱剂用量、吸附流速等对酸石榴皮总多酚纯化工艺的影响。结果:选用 HPD500 型大孔吸附树脂,最佳纯化工艺为上样液生药质量浓度 $20.8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,上样液 pH 2,上样量 8 BV,吸附速度 $2 \text{ BV} \cdot \text{h}^{-1}$,吸附时间 12 h,加水 7 BV 洗脱杂质,用 50% 乙醇 8 BV 洗脱,收集乙醇洗脱液;总多酚质量分数由纯化前的 24% 增加至 66.93%,浸膏得率 34.80%。结论:HPD500 型大孔树脂适用于酸石榴皮总多酚的纯化,优选的工艺条件简便易行、高效低毒。

[关键词] 喀什酸石榴皮;总多酚;有效部位;纯化工艺;静态吸附-洗脱试验;大孔吸附树脂

[中图分类号] R284.2;R284.1;R283.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2013)23-0054-05

[doi] 10.11653/syjf2013230054

Optimization of Purification Technology for Total Polyphenols from Acid Granti Pericarpium in Kashi

ZHOU Xiang-long, GAO Xiao-li*, DING Nan, MA Gui-zhi

(Department of Pharmaceutics, College of Pharmacy, Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China)

[Abstract] **Objective:** To optimize purification process of total polyphenols from acid Granti Pericarpium in Kashi. **Method:** With the content of total polyphenols as index, type of macroporous resin was screened by static adsorption-elution test, single factor tests were adopted to optimize purification process of total polyphenols by taking sample solution concentration, eluent consumption, adsorption speed and others as factors. **Result:** HPD500 macroporous resin was selected, optimum purification process was as follows: the crude drug concentration of sample solution $20.8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, pH of sample solution 2, sample volume 8 BV, adsorption rate $2 \text{ BV} \cdot \text{h}^{-1}$, adsorption time 12 h, eluted impurities with 7 BV of distilled water and 8 BV of 50% ethanol, collected ethanol eluate; Purity of total polyphenols was up to 66.93% from 24% before purification, yield of extract was 34.80%. **Conclusion:** HPD500 macroporous resin was suitable for purification of total polyphenols from acid Granti Pericarpium, optimized process conditions were simple and feasible with high efficiency and low toxicity.

[Key words] acid Granti Pericarpium in Kashi; total polyphenols; effective fraction; purification process; static adsorption-elution test; macroporous resin

石榴为药食两用植物,根、叶、花、果实、果皮、种子均可入药^[1]。文献研究表明石榴具有一定的抗

菌、抗病毒、免疫调节等作用^[2]。石榴中多酚类物质具有雌激素样作用,能影响内源性雌激素的生物合成障碍,对人乳腺癌细胞具有体外抗癌作用;药理试验表明石榴提取物具有一定的抗前列腺癌^[3]、抗皮肤癌^[4]、抗结肠癌、抗乳腺癌^[5]、抗肺癌作用,且抗癌活性可能与提取物中总多酚有关。石榴皮总多酚主要含有没食子酸、石榴皮亭 A、石榴皮亭 B、鞣云实精、鞣花酸、安石榴林、安石榴昔、木麻黄宁、英国栎鞣花酸、特里马素 E、没食子酰双内酯^[6]。大孔

[收稿日期] 20130617(009)

[基金项目] 新疆维吾尔自治区科技计划项目(201233135)

[第一作者] 周湘龙,在读硕士,从事新疆地产资源新药开发研究,Tel:0991-4362442,E-mail:378361215@qq.com

[通讯作者] *高晓黎,教授,博士生导师,从事药物传递系统研究与新药开发研究,Tel:0991-4362442,E-mail:xli_g@sina.com

吸附树脂是一类有机高聚物吸附剂,具有稳定性好和受 pH、温度及其他因素影响小的优点,已被广泛用于中药有效成分的分离纯化。本实验采用大孔吸附树脂分离纯化喀什酸石榴皮中多酚类物质,为石榴资源的充分利用提供参考。

1 材料

UV-2550PC 型紫外-可见分光光度计(日本岛津制作所),BS110S 型电子天平(北京赛多利斯公司),HWS24 型电热恒温水浴锅(上海一恒科技有限公司),EYELAN-1100 型旋转蒸发仪(上海爱朗仪器有限公司),PB-10 型 pH 计(北京赛多利斯公司),DKZ-1 型电热恒温振荡水槽(上海精宏实验设备有限公司),FW-177 型中药粉碎机(上海隆拓仪器设备有限公司)。

没食子酸对照品(中国食品药品检定研究院,批号 110831-200803),钨酸钠、钼酸钠(天津市福星化学试剂厂),硫酸锂(国药集团化学试剂有限公司),溴水(天津市百市化工有限公司),AB-8 型大孔吸附树脂(天津市光复精细化工研究所),D101,DM130,NKA-9,NKA-II,HPD100,HPD300,HPD500 型大孔吸附树脂(沧州宝恩吸附材料科技有限公司),喀什酸石榴皮收集于新疆喀什市,经新疆医科大学药学院帕丽达教授鉴定为石榴科喀什酸石榴 *Punica granatum* L. 的果皮,水为蒸馏水,所用试剂均为分析纯。

2 方法与结果

2.1 石榴皮总多酚的含量测定^[7]

2.1.1 Folin-Ciocalteu 试剂的配制 向 1 L 磨口圆底烧瓶中加入钨酸钠 50 g,钼酸钠 12.5 g,水 350 mL,浓磷酸 25 mL,浓盐酸 50 mL,充分混匀,文火回流 10 h,加入硫酸锂 75 g,水 25 mL,溴水数滴,开口继续沸腾 15 min,至溴水挥发完全为止,冷却后加水定容至 500 mL,滤过,滤液呈绿色,置于棕色试剂瓶中保存。使用时加入 1 倍量水,可置于冰箱中长期保存。

2.1.2 检测波长的选择 将没食子酸对照品溶液与石榴皮总多酚供试品溶液分别与 Folin-Ciocalteu 试剂显色后,置于紫外-可见分光光度计中,在波长 500~800 nm 进行扫描,结果显示二者的最大吸收波长均为 760 nm。

2.1.3 标准曲线的绘制 精密称取没食子酸对照品 2.83 mg 于 50 mL 棕色量瓶中,加水溶解并定容至刻度,摇匀,得储备液。分别精密吸取储备液 0.5,1.0,1.5,2.0,2.5,3.0 mL 至 25 mL 量瓶中,各

加入 Folin-Ciocalteu 显色剂 1 mL 和 75 g·L⁻¹ 碳酸钠溶液 8 mL,加水定容至 25 mL,摇匀后静置 1 h,分别于 760 nm 处测定吸光度值(A),以没食子酸质量浓度为横坐标,A 为纵坐标,得回归方程 $A = 0.1209C + 0.0675$ ($R^2 = 0.9997$),线性范围 1.124~6.744 mg·L⁻¹。

2.1.4 样品测定 精密称取喀什酸石榴皮总多酚有效部位 0.025 g,置 25 mL 量瓶中,加水溶解并定容至刻度,摇匀。精密吸取该溶液 1 mL,加水稀释至 25 mL 量瓶中,摇匀,精密吸取 2 mL,按 2.1.3 项下方法显色并测定 A,计算总多酚质量分数(W)。

$$W = CV/M \times 100\%$$

式中 C 为有效部位溶液中总多酚的质量浓度,V 为有效部位溶液的体积,M 为有效部位的质量。

2.2 酸石榴皮总多酚粗提物的制备 喀什酸石榴皮粉碎后过 80 目筛,按前期优选的工艺条件进行提取,即加 24 倍量 60% 乙醇于室温浸提 30 min,滤过,滤液减压浓缩至适量,冷冻干燥,即得总多酚粗提物(178.03 mg·g⁻¹)。

2.3 大孔吸附树脂的预处理 称取各型号大孔吸附树脂,用 95% 乙醇浸泡 24 h 使充分溶胀,湿法装柱,加 95% 乙醇 5 BV 冲洗至洗脱液与水混合(1:5)不呈白色混浊,以 95% 乙醇为空白对照,采用紫外分光光度法,于波长 200~800 nm 进行扫描,即洗脱液在紫外-可见光区无吸收即可,加 5 BV 水洗至无醇味,放置备用^[8]。

2.4 大孔树脂型号筛选

2.4.1 静态吸附试验 称取预处理好的 8 种湿树脂(D101,AB-8,DM130,NKA-9,NKA-II,HPD100,HPD300,HPD500)各 1 g,分别置于 100 mL 锥形瓶中,各精密加入 2 g·L⁻¹ 酸石榴皮总多酚粗提物溶液 50 mL,于室温下按 120 次/min 震荡 12 h,充分吸附后滤过,测定滤液(吸附液)中总多酚质量浓度,计算静态吸附量及吸附率,结果见表 1。

$$\text{吸附量} = \text{吸附液体积} \times (\text{吸附液初始质量浓度} - \text{吸附液剩余质量浓度}) / \text{树脂质量}$$

$$\text{吸附率} = (\text{吸附液初始质量浓度} - \text{吸附液剩余质量浓度}) / \text{吸附液初始质量浓度} \times 100\%$$

2.4.2 静态洗脱试验 将静态吸附的树脂过滤抽干,用 50 mL 水洗除杂,加 50% 乙醇 50 mL,于室温下按 120 次/min 震荡 12 h,使充分解吸,滤过,计算解吸率,结果见表 1。

$$\text{解吸率} = \text{解吸液质量浓度} / (\text{吸附液初始质量浓度} - \text{吸附液剩余质量浓度}) \times 100\%$$

表 1 8 种型号大孔树脂对酸石榴皮总多酚的吸附及洗脱性能考察

树脂型号	极性	比表面积 /m ² ·g ⁻¹	平均孔径 /nm	吸附率 /%	吸附量 /mg·g ⁻¹	洗脱率 /%
D101	非极性	0.872	10	70.67	16.77	99.08
AB-8	弱极性	0.923	13~14	56.84	13.42	97.92
DM-130	中极性	0.909	9~10	57.16	13.66	97.35
NKA-9	强极性	0.862	15.5~16.5	72.93	17.39	95.72
NKA-II	极性	0.800	14.5~15.5	55.12	13.19	98.50
HPD100	非极性	0.929	8.5~9	77.86	18.84	97.66
HPD300	非极性	0.920	5~5.5	82.47	19.38	93.49
HPD500	极性	0.909	5.5~7.5	81.07	19.45	97.72

由表 1 可知,HPD500 型树脂具有较高的吸附率和解吸率,这可能与其适合的表面结构、比表面积及较适宜的孔径有关^[9]。

2.5 酸石榴皮总多酚的纯化工艺优选

2.5.1 最大上样量考察

取 4 g·L⁻¹ 酸石榴皮总多酚粗提物溶液 600 mL,加至已处理好的 HPD500 型树脂柱上,以 2 BV·h⁻¹ 的流速进行动态吸附,收集流出液,每 60 mL(1 BV) 为 1 个流份,测定流出液中总多酚质量浓度,结果见图 1,表明当上样量达 8 BV 时,吸附趋于平衡。

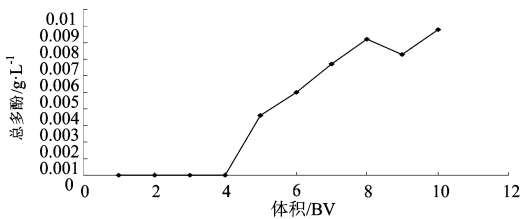


图 1 上样量对酸石榴皮总多酚纯化工艺的影响

2.5.2 上样液质量浓度考察

取质量浓度分别为 5, 15, 45, 135 g·L⁻¹ 的酸石榴皮总多酚粗提物溶液(总多酚质量一致),加至已处理好的 HPD500 型树脂柱上,静置 12 h,以 2 BV·h⁻¹ 的流速进行动态吸附,收集流出液,依次用水和 50% 乙醇各 5 BV 洗脱,测定流出液(C_e)、水洗液(C_水)及醇洗液(C_f)中总多酚质量浓度,结果表明 C_e 随上样液质量浓度的增大而减少,说明适当增加上样液质量浓度有利于吸附,但 C_水 则随之增大,当上样溶液质量浓度为 15 g·L⁻¹ 时,乙醇洗脱液中总多酚质量浓度最高。试验过程中还发现,当上样液质量浓度过大导致树脂再生困难,因为料液自上而下流过树脂床的过程中,树脂床上部的树脂会发生多层吸附,样品分子进入树脂孔隙的深处后,与树脂的作用力增强,导致该处

树脂超出其饱和吸附量,出现局部树脂中毒现象,故确定上样液质量浓度 15 g·L⁻¹(生药质量浓度 20.8 g·L⁻¹)。

2.5.3 上样液 pH 考察

取 15 g·L⁻¹ 酸石榴皮总多酚粗提物溶液 4 份,每份 8 BV,用 1.2 mol·L⁻¹ 盐酸调节 pH 分别为 2, 3.52(原溶液), 6, 8,以 2 BV·h⁻¹ 的速度通过处理好的 HPD500 型树脂柱,收集流出液,按 2.1 项下方法测得流出液中总多酚质量浓度分别为 0, 0.02, 0.09, 1.20 g·L⁻¹,说明随上样液 pH 的增大,被吸附的总多酚越少,原因可能是酸石榴皮总多酚属于酸性物质,在酸性条件下,具有酚羟基结构的多酚以分子状态存在,可凭借范德华力与树脂发生物理吸附作用,故上样液应调节 pH 2。

2.5.4 吸附速度考察

取 4 份 pH 2 的上样液,每份 8 BV,分别以 1, 2, 3, 4 BV·h⁻¹ 的流速通过已处理好的 HPD500 型树脂柱,收集流出液,按 2.1 项下方法测得流出液中总多酚含量,结果发现随流速的增大,流出液中总多酚含量越高,综合吸附性能和生产效率考虑,选择吸附流速 2 BV·h⁻¹。

2.5.5 吸附时间考察

取 pH 2 的上样液 8 BV,加至已处理好的 HPD500 型树脂柱上,分别静置 3, 6, 9, 12 h,以 2 BV·h⁻¹ 的流速上样,依次用水和 50% 乙醇各 5 BV 洗脱,收集洗脱液,结果显示水洗脱液中总多酚质量浓度基本不变,醇洗脱液中总多酚含量随吸附时间的延长而增大,故选择静置吸附 12 h。

2.5.6 水洗终点的确定

取 pH 2 的上样液 8 BV,加至已处理好的 HPD500 型树脂柱上,以 2 BV·h⁻¹ 的流速上样,静置 12 h 使其充分吸附,水洗除杂,收集水洗液,每 1 BV 为 1 个流份,测定总多酚含量,结果见图 2,显示水洗用量达 7 BV 时,水洗液中总多酚趋于平衡。

2.5.7 乙醇体积分数考察

将 pH 2 的上样液 8 BV 加至已处理好的 HPD500 型树脂柱上,以 2 BV·h⁻¹ 的流速上样,静置 12 h,加水 7 BV 洗脱杂质,依次用体积分数为 10%, 30%, 50%, 70%, 95% 的乙醇溶液 250 mL 洗脱,测定洗脱液中总多酚质量浓度,结果发现乙醇体积分数为 70%, 95% 时,洗脱液中未检测出多酚类成分,当乙醇体积分数为 30% 时,洗脱液中总多酚质量浓度最高(1.2 g·L⁻¹), 50% 乙醇洗脱液中也含有较多总多酚(0.38 g·L⁻¹),故洗脱剂暂定为先用 30% 乙醇再用 50% 乙醇洗脱。

2.5.8 洗脱剂用量考察

将 pH 2 的上样液 8 BV 加至已处理好的 HPD500 型树脂柱上,按优选的条

件上样、吸附,加水 7 BV 洗脱杂质;用 30% 乙醇 10 BV 和 50% 乙醇 6 BV 洗脱,收集洗脱液,每 1 BV 为 1 个流份,测定乙醇洗脱液中总多酚质量浓度,结果见图 2。显示 30% 乙醇洗脱至 2 BV 时,大量总多酚已被洗出,之后随洗脱剂用量的增加,洗脱液中总多酚质量浓度减小;继续使用 50% 乙醇洗脱,发现洗脱至 3 BV 时,洗脱液中总多酚质量浓度急剧变小,6 BV 时接近为零,故选择洗脱剂为 30% 乙醇 8 BV 和 50% 乙醇 3 BV。

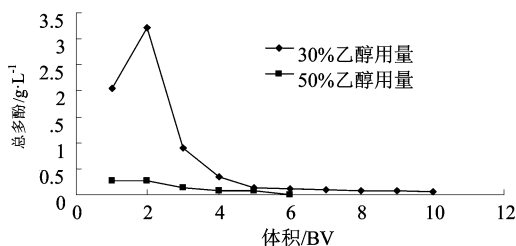


图 2 洗脱剂用量对酸石榴皮总多酚纯化工艺的影响

2.5.9 洗脱条件的优化 将 pH 2 的上样液 2 份,每份 8 BV,分别加至已处理好的 HPD500 型树脂柱上,按优选的条件上样、吸附,加水 7 BV 洗脱杂质,分别用 30% 乙醇 8 BV + 50% 乙醇 3 BV 和用 50% 乙醇 8 BV 两种方法洗脱,洗脱液真空减压浓缩,冷冻干燥得浸膏,测得浸膏中总多酚质量分数依次为 67.91%,68.17%,故最终选择 50% 乙醇 8 BV 为洗脱剂。

2.5.10 洗脱流速考察 将 pH 2 的上样液 4 份,每份 8 BV,分别加至已处理好的 HPD500 型树脂柱上,按优选的条件上样、吸附和洗脱,洗脱流速分别为 1,2,3,4 BV·h⁻¹,收集 50% 乙醇洗脱液,真空减压浓缩,冷冻干燥得浸膏,测得浸膏中总多酚质量分数分别为 68.3%,68.1%,67.8%,68.26%,故选择洗脱流速 4 BV·h⁻¹。

2.6 树脂使用次数考察 按优选的工艺条件在同一根 HPD500 型树脂柱上重复吸附-洗脱 10 次,洗脱液浓缩干燥后得浸膏,计算总多酚质量分数依次为 67.08%,68.28%,67.08%,67.50%,67.23%,67.77%,70.93%,71.11%,69.24%,68.41%,浸膏得率分别为 35.14%,34.90%,34.94%,35.54%,35.64%,35.71%,33.70%,33.67%,33.81%,33.74%,结果显示树脂使用 6 次后纯化物的得膏率下降较明显,故确定树脂在不用酸碱活化情况下可反复使用 6 次。

2.7 验证试验 取 15 g·L⁻¹ 酸石榴皮总多酚提取液 3 份,按优选的纯化工艺进行 3 次验证试验,醇洗脱液真空减压浓缩,冷冻干燥得浸膏,计算总多酚质

量分数分别为 67.10%,66.60%,67.08%,浸膏得率分别为 34.58%,34.67%,35.14%,表明优选的工艺条件稳定可行。

3 讨论

植物总多酚的纯化方法主要有溶剂萃取法和树脂吸附法。溶剂萃取法存在生产成本低、产品收率较低、试验操作复杂等问题^[1];大孔吸附树脂技术已应用于工业脱色、环境保护、药物分析、抗生素提取分离等领域^[10],具有选择性强、吸附容量大、吸附速度快、解吸容易、成本低等优点^[11],故本文采用该技术纯化石榴皮总多酚粗提物。HPD500 型树脂对低质量浓度酸石榴皮总多酚的吸附属于单分子层吸附,上样液质量浓度对树脂的吸附效率存在明显影响,提高上样液质量浓度有利于改善树脂对算石榴皮总多酚的吸附效率。

鉴于多酚类化合物结构中含有较多酚羟基,易受氧气、温度、光照等影响而降解。文献报道石榴皮总多酚中富含安石榴苷^[12],该物质相对分子质量 1 084,结构中含有配糖基,性质不稳定,除具有同分异构体外,还可能逐步降解为安石榴林、鞣花酸等物质。为避免降解产物的生成及主要有效成分含量的降低,本文选择减压浓缩温度为 50 ℃,干燥方式为冷冻干燥,因为冷冻干燥在真空和低温下操作,微生物的生长和酶作用受到抑制,对热敏性物质特别适合,可使热敏性的物料干燥后保留热敏成分,且能防止氧化、使产品长期保存而不变质、贮藏时占地面积少、运输方便。

[参考文献]

- [1] Lansky E P, Newman R A. *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer [J]. *J Ethnopharmacol*,2007,109(2):177.
- [2] Braga L C, Shupp J W, Cummings C, et al. Pomegranate extract inhibits *Staphylococcus aureus* growth and subsequent enterotoxin production [J]. *J Ethnopharmacol*,2005,96(1/2):335.
- [3] Gommersall L M, Albrecht M, Lansky E P, et al. Pomegranate extracts potently suppress proliferation, xenograft growth, and invasion of human prostate cancer cells [J]. *J Med Food*,2004,7(3):274.
- [4] Hora J J, Maydew E R, Lansky E P, et al. Chemopreventive effects of pomegranate seed oil on skin tumor development in CD₁ mice [J]. *J Med Food*,2004,6(3):157.

不同量值和煎煮法对葛根芩连汤质量的影响

文谨¹, 刘起华^{1*}, 章军², 彭智平¹, 仝小林¹

(1. 中国中医科学院广安门医院, 北京 100053;

2. 中国中医科学院中药研究所, 北京 100700)

[摘要] 目的: 探析本原煎煮法与现代常规煎煮法对葛根芩连汤有效成分煎出率及浸膏得率的影响。方法: 以干膏率和12个有效成分的含量为指标, 选取经方不同量值(一两等于13.8g及一两等于3g), 通过单因素试验考察2种煎煮方法对葛根芩连汤质量的影响。结果: 一两等于13.8g时, 本原法煎煮的有效成分煎出量只能达到现代常规法的47%~74%, 干膏率达67%; 一两等于3g时, 本原法煎煮的有效成分煎出量为现代常规法的102%~148%, 干膏率118%。结论: 不同量值的经方采用不同煎煮方法会影响药物有效成分的煎出量, 为经方的古为今用提供参考。

[关键词] 葛根芩连汤; 煎煮工艺; 药效成分; 含量测定; 干膏率

[中图分类号] R283.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2013)23-0058-04

[doi] 10.11653/syjf2013230058

Influence of Different Boiling Methods and Values on Quality of Gegen Qinlian Decoction

WEN Jin¹, LIU Qi-hua^{1*}, ZHANG Jun², PENG Zhi-ping¹, TONG Xiao-lin¹

(1. Guang'anmen Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100053, China;

2. Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China)

[Abstract] **Objective:** To compare effects of traditional decoction method and modern decoction method on active ingredients yield and extract yield of Gegen Qinlian decoction. **Method:** Taking yield of dry extract and contents of twelve active components as indexes, different values of medication in classical formulas included one ounce equals to 13.8 g and one ounce equals to 3 gram were adopted, effects of two different decoction methods on

[收稿日期] 20130517 (003)

[基金项目] 国家“973科技支撑计划”项目(2010CB530601)

[第一作者] 文谨, 学士, 主管药师, 从事制剂及分析研究, Tel: 010-60214943, E-mail: wenjin7777@hotmail.com

[通讯作者] *刘起华, 硕士, 主任药师, 从事中药制剂及分析研究, Tel: 010-60214943, E-mail: gam-yaoyan@163.com

[5] Kim N D, Mehta R, Neeman I, et al. Chemopreventive and adjuvant therapeutic potential of pomegranate (*Punica granatum*) for human breast cancer[J]. Breast Cancer Res Treat, 2002, 71(3):203.

[6] 李海霞, 王钊, 刘延泽. 石榴科植物化学成分及药理活性研究进展[J]. 中草药, 2002, 33(8):765.

[7] 熊建华, 汤凯洁, 罗秋水, 等. 大孔吸附树脂纯化金银花叶总多酚的工艺优化[J]. 食品与机械, 2011, 27(3):52.

[8] 张茜, 贾冬英, 姚开, 等. 大孔吸附树脂纯化石榴皮多酚[J]. 精细化工, 2007, 24(4):345.

[9] 朱静, 陆晶晶, 袁其朋. 大孔吸附树脂对石榴皮多酚的分离纯化[J]. 食品科技, 2010, 35(1):188.

[10] 曹群华, 瞿伟菁, 李家贵, 等. 大孔树脂吸附纯化沙棘籽渣总黄酮的研究[J]. 中国中药杂志, 2004, 29(3):225.

[11] 邢建国, 王新春, 刘宣麟, 等. 芪天滴丸主要活性成分的大孔吸附树脂分离纯化工艺研究[J]. 中国药学杂志, 2009, 44(19):1470.

[12] 李伯廷, 王湘, 李小进. 大孔吸附树脂在天然产物分离中的应用[J]. 中草药, 1990, 21(8):42.

[责任编辑 仝燕]