

大孔树脂技术在中药提取纯化中的应用及展望

张旭^{1,2}, 王锦玉¹, 仝燕^{1*}, 李艳玲^{1,2}, 马振山¹, 王琳¹

(1. 中国中医科学院中药研究所, 北京 100700; 2. 天津中医药大学, 天津 300073)

[摘要] 对近10年大孔树脂技术在中药方面的应用文献进行整理和归类分析, 其中包括中药单、复方中有效成分的分
离精制、中药有害杂质的脱除、树脂中有机残留的控制、大孔树脂再生等; 并对大孔吸附树脂技术的应用领域扩展进行探讨。
大孔吸附树脂分离技术主要应用于皂苷、黄酮、生物碱等成分的富集上, 近年来用于重金属杂质和农药残留物脱除。根据中
药化合物的结构类型开发研制高选择性的树脂, 提高中药有效成分分离效率, 快捷、省时、低成本将成为新的发展趋势。选用
2009~2011年的参考文献31篇, 占总参考文献62%, 以为大孔树脂技术的研究及生产提供参考。

[关键词] 大孔吸附树脂; 中药; 提取纯化

[中图分类号] R283.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2012)06-0286-05

Application and Prospect of Macroporous Resin Technology in Extraction and Purification of Traditional Chinese Medicine

ZHANG Xu^{1,2}, WANG Jin-yu¹, TONG Yan^{1*}, LI Yan-ling^{1,2}, MA Zhen-shan¹, WANG Lin¹

(1. Institute of Chinese Material Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China;
2. Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300073, China)

[Abstract] This paper was to arrange and classific analyze literature of macroporous resin technology in
application for traditional Chinese medicine (TCM), Including separation and purification of active ingredients
from single or compound prescription of TCM, removal of harmful impurities from TCM, conformity organic
residues in resin, regeneration of macroporous resin and so on. And to investigate expansion of application field of
macroporous resin technology. Separation technology of macroporous resin was mainly used in enrichment of
saponins, flavonoids, alkaloids and so on, but in recent years, it was used in removal of heavy metal impurities
and pesticide residues. According to structure type of TCM compound, to develop high selectivity of resin,
separation efficiency of active ingredients from TCM was improved, in the future, fast, time-saving, low cost will

[收稿日期] 20111202(012)

[基金项目] 国家“重大新药创制专项”课题(2009ZX09301-005)

[第一作者] 张旭, 硕士, 从事中药制剂学研究, Tel:010-84027721, E-mail: xv0521@126.com

[通讯作者] *仝燕, 研究员, 硕士生导师, 从事中药制剂及新药开发研究, Tel:010-84027721, E-mail: tongyan1012@sohu.com

- [37] 管飞. 对话中医学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2009.
- [38] 韩金祥, 韩奕. 关于中医理论创新问题的几点思考[J]. 山东中医药大学学报, 2010, 34(4): 306.
- [39] 韩金祥, 韩奕. 论中医人体之气的物质基础是人体电磁辐射量子场[J]. 山东中医药大学学报, 2010, 34(6): 474.
- [40] 韩金祥. 基于生物光子相干性理论的经络本质探讨[J]. 生物医学工程研究, 2010, 29(4): 73.
- [41] 韩金祥. 浅议人体电磁辐射与中医基础理论[J]. 中国辐射卫生, 2010, 19(4): 431.
- [42] 韩金祥. 试论中药药性的科学内涵[J]. 中华中医药学刊, 2011, 29(9): 1937.

[责任编辑 邹晓翠]

be new trend. 31 articles were selected which published in 2009-2011 years, these articles took up more than 62% of total references, hope for providing reference for research and production of macroporous resin technology.

[Key words] macroporous adsorption resin; traditional Chinese medicine; extraction and purification

大孔吸附树脂是近 30 年发展起来的一种有机高聚物吸附剂,是吸附性和筛选性相结合的多孔性高分子材料,其吸附力是范德华力和氢键的作用,筛选性是由于多孔性结构使其对分子大小不同的物质具有选择性的吸附作用。近年来,大孔吸附树脂技术被广泛应用于中药产业,其成本较低、选择性好、吸附容量大、再生处理方便、吸附速度快、洗脱容易,是一种适合工业化生产的分离提纯技术。采用大孔吸附树脂分离精制,可以使中药有效成分富集,克服原有中药剂型粗提物多、服用量大、容易吸潮的缺点,方便制剂成型,降低辅料的使用量,缩短生产周期,具有较高的应用推广价值。

1 单味中药及天然药物中有效成分的精制分离

1.1 萜醌类 目前应用大孔吸附树脂分离萜醌类成分的研究较少,仅对中药大黄进行了较深入的探讨。黄园等^[1]采用了 4 种方法(明胶沉淀、醇调 pH、聚酰胺以及大孔吸附树脂)对大黄提取液富集效果进行比较,结果大孔吸附树脂纯化效果最好。叶殷殷等^[2]以吸附率和洗脱率为评价指标,比较了 6 种型号大孔吸附树脂对芦荟大黄素、大黄酸、大黄素、大黄酚、大黄素甲醚 5 种成分的富集效果,结果 DM130 型大孔吸附树脂具有吸附容量大,洗脱率高等特点。

1.2 多酚类 大孔吸附树脂在多酚类化合物方面的应用还比较少,仅见于用于分离茶多酚,玫瑰花总酚,黄连木栲多酚等的研究报道^[3-5]。

1.3 多糖类 大孔吸附树脂对多糖类的纯化研究日趋受到重视,影响吸附洗脱效果的主要因素为 pH、上样量、上样液浓度、流速和洗脱剂^[6]。

1.4 生物碱类 大孔吸附树脂在生物碱吸附方面的研究多与黄连提取物相关,多选择盐酸巴马汀和盐酸小檗碱为指标成分,以生物碱的吸附量和洗脱率为考察指标,对国内常见大孔吸附树脂型号进行筛选。药液浓度对指标成分的吸附影响较大,药液浓度越大吸附量越高;但药液浓度太大会阻塞并污染树脂柱,降低树脂寿命,不利于树脂的再生利用,故应选择浓度较低的药液作为供试液。大孔吸附树脂对黄连的单复方提取液都有较好的提纯效果^[7-8]。其他生物碱方面的研究还有涉及平贝母中的总生物碱,石蒜中的石蒜碱,以及乌头碱^[9-11]等。

1.5 黄酮类 大孔吸附树脂对中药水提液中总黄酮类多成分的富集选用 AB-8, SP825, HPD-722 型树脂;异黄酮类选用 D101 型树脂分离红车轴草异黄酮,利用 ADS-7 型树脂分离淡豆豉^[12]中异黄酮,其分离干燥品的黄酮纯度均较未精制前提高数倍。

在动态洗脱过程中,由于洗脱剂比例的变化,容易在树脂柱中产生大量气泡,导致工艺不稳定,洗脱不完全。应用超声波能的提取能力,不进行柱色谱洗脱,即可洗脱出树脂中吸附的成分,将大大缩短工艺时间,而且更稳定。赵丽恋

等^[13]人进行了大孔吸附树脂-超声波辅助洗脱法纯化淫羊藿中总黄酮的研究,结果以采用 D-101 型大孔吸附树脂联合超声波辅助洗脱效果最好。纯化后固体物中淫羊藿总黄酮含量高,且该工艺简便、成本低、易于工业化大生产。

1.6 萜类 大孔吸附树脂对环烯醚萜类化合物的吸附是近年来比较新的研究方向,尤其是对三萜总皂苷类成分的研究,如人参总皂苷、三七总皂苷、绞股蓝总皂苷等。全燕等^[14]对银杏叶中总内酯的制备研究表明经过大孔吸附树脂的提取粗分离工艺,得到的中间体 4 种内酯总量为 15%,黄酮苷总量约为 35%,明显高于其他文献报道的各种方法。由于经过大孔吸附树脂粗分离,除掉了大部分的水溶性杂质,再精制的处理量大大减小,可得到含量高于 50% 的总内酯提取物,同时可得到总黄酮部分。丁轲等^[15]研究了 SP700 型大孔吸附树脂纯化酸枣仁中三萜总皂苷的工艺,经过纯化的皂苷提取物的含量提高了 4 倍。

1.7 鞣质 张雪琼等^[16]进行了大孔吸附树脂纯化叶下珠总鞣质的研究,比较了不同型号的树脂对叶下珠总鞣质的吸附量和洗脱率,通过正交试验优选了树脂的最佳吸附条件,确定的吸附和洗脱条件简单可行,工艺稳定,可用于工业生产。

1.8 有机酸与酚类 范震宇等^[17]进行了川芎提取物的大孔树脂纯化工艺研究。采用 HPD-100 型大孔树脂能有效吸附川芎有机酸部位,阿魏酸与总酚酸在固形物中的含量均有显著提高。张志清等^[18]使用响应面法优化大孔树脂纯化阿魏酸粗提液工艺,在该工艺条件下,阿魏酸回收率达 97.036%,且纯度大大提高,可达 75.65%。蒋林英等^[19]研究了当归的超临界 CO₂ 萃取-大孔树脂吸附联用工艺,对其萃取药渣采用水提-大孔树脂精制,以阿魏酸为指标,考察了树脂的种类、用量比例、醇洗脱的浓度及用量,优选出最佳的精制条件。使用 AB-8 型大孔吸附树脂,阿魏酸的提取率(相对于水提液)可达到 94.33%。甘永祥等^[20]研究 D-301 型大孔树脂富集刺山柑总酚酸的工艺条件及参数,以刺山柑阿魏酸含量为指标,发现上样液浓度及 pH 对总酚酸吸附率有显著影响,而洗脱液的 pH 则显著影响洗脱率。应用大孔树脂富集泽兰中酚酸类成分富集原儿茶醛和咖啡酸的最佳树脂型号为 HPD-600;富集迷迭香酸的最佳树脂型号为 AB-8^[21]。

1.9 色素 大孔吸附树脂在色素分离方面有其不可替代的优势,该技术具有对色素吸附量大,易解吸,目标成分损失少,富集得到的色素纯度高等特点。主要涉及的色素有原花青素、姜黄素、原花色素、红花黄色素,且目前对于红花黄色素的研究较多。研究主要涉及纯化各种色素时的影响因素考察,对纯化条件进行了全面优化,为药材有效部位色素的制备与生产提供了参考依据。孙源谦等^[22]探索了大孔树脂

脱除冬凌草提取物中色素的可行性工艺,得出 HZ-803 型大孔吸附树脂对冬凌草提取物中色素具有良好的吸附性能。

2 中药复方制剂的精制纯化

由于中药成分极其复杂,尤其是复方中药,必须根据功能主治明确其有效成分的种类和性质,确定大孔吸附树脂的型号和用量,以达到降低收率,提高有效成分的相对含量的目的。

马振山等^[23-24]对临床经验方复方柴胡汤进行了研究。复方柴胡汤组成药物所含水溶性成分较多,以方中各药味的主要指标性成分柴胡皂苷 A、芍药苷、橙皮苷、甘草酸为指标,结合药效筛选确定工艺路线及树脂纯化的各工艺参数,所得提取物干膏得率低,4 种指标成分含量高,能保持原有汤剂药效。李云涛等^[25]以芍药苷、橙皮苷及甘草酸为指标,采用大孔吸附树脂对加味四逆颗粒复方水提取液中的有效成分进行精制,对泄漏曲线、上样药液浓度、树脂柱的径高比、吸附流速、洗脱杂质用水量进行了工艺考察,得到了最佳精制工艺。王淑美等^[26]利用 AB-8 型大孔吸附树脂对复方脑脉通颗粒的有效部位进行纯化,以总蒽醌、总皂苷、总生物碱及葛根素的含量为指标,优化了大孔吸附树脂的纯化工艺条件,使有效部位的纯度达到 63%。全燕等^[27]利用大孔吸附树脂对复方三七脊复康胶囊进行了工艺优选,以人参皂苷 R_g_1 含量为指标,采用正交试验确定了提取工艺中的乙醇浓度、提取次数、乙醇用量,确定了大孔吸附树脂精制的工艺参数包括树脂型号、树脂用量、洗脱剂的浓度、洗脱剂量等。结果显示过树脂流出母液及水洗液未检出人参皂苷 R_g_1 、 R_b_1 、 R_e 及三七皂苷 R_1 、川芎、芍药苷、银杏叶、钩藤,表明本复方药液通过大孔吸附树脂床流出液未造成有效成分的泄漏。人参皂苷 R_g_1 过树脂前后含量保留率在 90% 以上。此外还有应用大孔吸附树脂对冠心 II 号水煎液的纯化^[28]、苏郁滴丸中柴胡郁金提取液的纯化^[29]、葛根丹参药对水溶性有效物质的纯化^[30]、芍药甘草汤的分离精制^[31]、参芝正肝胶囊的纯化工艺^[32]、吴茱萸汤精制工艺^[33]等实验研究报导。

3 脱除有害杂质

中药材重金属含量超标是制约我国中药出口贸易的重要因素之一。大孔吸附树脂可用于脱除中药水煎液中的铅、镉、铜。梁贺升等^[34]经原子吸收光谱法测定,通过大孔吸附树脂处理后的中药水提取液中铅、镉、铜的含量均普遍降低,脱除率都在 58.9% 以上。D101 型大孔吸附树脂对桑叶提取物中的灰分及重金属的去除率较高^[35]。王先良等^[36]进行了大孔树脂处理中药重金属污染的研究,结果显示经 D401 和 D402 型树脂处理后,中药粗提物中的重金属含量显著降低。目标成分类黄酮的量变化很小,说明大孔树脂脱除重金属杂质时保持了有效成分的含量并可以避免引入新的杂质。

近年来随着社会对中药安全性的关注,有关农药残留的问题成为了新的焦点,大孔吸附树脂技术在这个领域可以发挥重要的作用。魏艳彪等^[37]进行了大孔吸附树脂对吡虫啉的吸附性能的研究。吡虫啉作为一种低毒高效的杀虫剂在

农业及卫生领域有着广泛的应用^[38-39]。该试验使用了聚甲基丙烯酸甲酯大孔吸附树脂对水中吡虫啉的吸附行为进行研究,为应用大孔吸附树脂处理中药水提液中吡虫啉残留的研究提供理论依据。

4 有机残留的检测与处理

大孔吸附树脂技术虽然被广泛应用,但其有机溶剂残留物的安全问题存在诸多争论,因此国家药监局对大孔吸附树脂的应用制订了相应的质量标准及规范技术文件,规定需要对大孔吸附树脂可能造成的有机溶剂残留物进行检测及控制。在有机物残留检验方面,目前主要采用顶空气相法作为基础检验方法,必要时联合使用质谱方法,这样的检测方法简便,结果可靠,重现性好,得到了越来越多研究者的广泛使用。黄丽凤等^[40]研究了茶多酚中大孔吸附树脂残留物的顶空进样分析法,采用顶空气相色谱法对树脂残留物正己烷、苯、甲苯、对二甲苯、邻二甲苯、间二甲苯、苯乙烯及二乙烯苯进行检测,建立树脂吸附法生产茶多酚中大孔吸附树脂残留物的简便可靠的检测方法。袁海龙^[41]采用毛细管气相色谱法配以顶空进样法对大孔吸附树脂可能带来的多种残留物进行测定,效果良好。陆宇照等^[42]采用气质联用及气相色谱法检测经不同动态方法处理后的树脂中苯系列残留物情况,表明动态方法处理树脂是合理可行的,其中以醇处理及酸碱处理法为最佳;使用处理好的 D-101 型大孔吸附树脂提取中药是安全可靠的。束磊等^[43]人以甲醇为萃取溶剂,采用超声提取法对样品进行前处理,使用气相色谱-质谱联用法测定了银杏内酯 B(原料药)中 7 种代表性有机残留物的残留量(来源于大孔吸附树脂和有机溶剂残留),该方法灵敏、准确、快速。

5 澄清工艺与多糖脱色

王佩等^[44]对蝉贝口服液澄清工艺的研究中,选取溶液澄清度和测定总生物碱含量两项为对比筛选指标,优选澄清工艺。比较了硅藻土吸附、乙醇沉淀、壳聚糖澄清、离心和大孔吸附树脂吸附 5 种纯化方法,只有大孔吸附树脂既能保留有效成分又能使溶液澄清,为一种较好的澄清工艺。部分多糖类提取液的颜色较深,川芎多糖^[45]、低相对分子质量的灵芝多糖^[46]应用大孔吸附树脂吸附技术不仅脱色效率高,有效成分保留好,选择合适的大孔吸附树脂型号还可以同时达到脱除蛋白质的效果,且去除率较高。

6 树脂再生

赵忠海等^[47]使用正交试验法优选了 HPD-D 型大孔吸附树脂的再生工艺,结果表明 NaOH 的浓度是关键因素,其次是 NaOH 的用量及温度,浸泡时间为最次要因素。苗青等^[48]进行了再生液酸、碱、醇浓度及浸泡时间对 D101 型吸附树脂再生效果的考察,优化了该树脂的再生工艺。D101 型大孔吸附树脂连续多批次使用后对提取物残留、吸附容量变化不大,再生后有利于提高树脂吸附过程的流动性。钱冬伟等^[49]采用乙醇常压回流法和传统酸碱处理法对 HPD-100 型大孔吸附树脂再生进行对比,上述两种方法处理后的树脂从外观、吸附、解吸附等性能方面基本相近,但常压回流法使

用溶剂少,操作简便安全。李源君等^[50]研究了 H103 型大孔吸附树脂预处理和再生的方法,为生产提供参考依据。

7 展望

大孔吸附树脂作为一种有效的分离手段,在中药有效成分的提取、分离、富集上得到运用,并取得了良好的实践效果。目前,大孔吸附树脂纯化技术在应用上有一定的局限性,主要集中在皂苷、黄酮、生物碱等成分上。在应用中,还需建立对树脂残留物和裂解产物的检测方法,制定合理的限量标准。随着各项基础和应用研究的不断深入,大孔吸附树脂分离纯化技术也将得到更广泛的发展,尤其对于近年来出现的用于脱除重金属杂质和农药残留物方面,其既不影响目标成分的含量又不会带入新杂质的特点,成为其他方法不可替代的优势。在大孔树脂制造方面,根据中药化合物的结构类型开发研制高选择性的树脂,提高中药有效成分分离效率,快捷、省时、低成本将成为新的发展趋势。随着大孔吸附树脂技术应用的不断推广,大孔吸附树脂必将更多服务于现代化中药的研究,并对中药走向世界的进程起到积极的推进作用。

[参考文献]

[1] 黄园,徐雄良,张志荣,等. 大黄总蒽醌纯化工艺的研究[J]. 中成药,2003,25(10):783.

[2] 叶殷殷,曾元儿,曹骋,等. 不同型号大孔树脂分离大黄蒽醌类成分的研究[J]. 中成药,2011,33(1):168.

[3] 王平,陈成飞,戴春伟. 苏为科 HPD-600 大孔吸附树脂分离茶多酚的研究[J]. 中成药,2010,32(4):683.

[4] 肖中平,仲婕,穆沙江,等. 大孔吸附树脂富集玫瑰花总酚工艺研究[J]. 医药导报,2010,29(2):139.

[5] 王如,王承明. 大孔树脂纯化黄连木粕多酚[J]. 食品科技,2009,34(11):236.

[6] 惠贤民. 大孔树脂吸附纯化桑套多糖的研究[J]. 宁夏师范学院学报:自然科学版,2008,29(6):39.

[7] 张英,李卫民,高英. 大孔树脂分离纯化黄连总生物碱型号的筛选[J]. 广州中医药大学学报,2010,27(1):49.

[8] 况晓,冯年平,张永太,等. 大孔吸附树脂分离纯化黄连黄柏总生物碱的工艺研究[J]. 中成药,2010,32(23):396.

[9] 刘秀波,高晓波,刘宝密. 平贝母总生物碱分离纯化的研究[J]. 黑龙江医药科学,2009,32(1):8.

[10] 李霞,熊远福,文祝友,等. 大孔吸附树脂纯化石蒜中石蒜碱[J]. 应用化学,2009,26(3):325.

[11] 杨洁红,张宇燕,万海同,等. 正交试验优选大孔树脂吸附纯化乌头碱工艺[J]. 中国药师,2008,11(12):1415.

[12] 牛丽颖,蔡广华,王鑫国. 利用 ADS-7 大孔树脂分离纯化淡豆豉中异黄酮[J]. 大豆科学,2010,29(1):164.

[13] 赵丽恋,刘韶,罗杰英. 大孔吸附树脂-超声波辅助解吸附法纯化淫羊藿中的总黄酮[J]. 中国中药杂志,2009,34(6):702.

[14] 仝燕,马振山,李先端,等. 银杏总内酯提取物制备工艺的研究[J]. 中国实验方剂学杂志,2004,10(6):7.

[15] 丁轲,崔莹,陆晶,等. SP700 大孔树脂纯化酸枣仁中三萜总皂苷研究[J]. 离子交换与吸附,2011,27(1):33.

[16] 张雪琼,熊富良,刘莹. 大孔吸附树脂纯化叶下珠总鞣质的研究[J]. 中成药,2010,32(1):151.

[17] 范震宇,吴云,窦霞,等. 川芎提取物的大孔树脂纯化工艺研究[J]. 南京中医药大学学报,2011,27(1):83.

[18] 张志清,姚艳艳,白冰,等. 响应面法优化大孔树脂纯化阿魏酸粗提液工艺研究[J]. 粮食与油脂,2011(2):24.

[19] 蒋林英,郑云枫,李红阳,等. 当归的超临界 CO₂ 萃取-大孔树脂吸附联用工艺的研究[J]. 中华中医药学刊,2008,26(3):569.

[20] 甘永祥,陈文,张华. 卓越 D-301 大孔树脂富集刺山柑总酚酸工艺研[J]. 石河子大学学报:自然科学版,2009,27(5):630.

[21] 李佳彦,聂波,张壮,等. 大孔树脂富集泽兰中酚酸类成分[J]. 中国实验方剂学杂志,2010,16(6):22.

[22] 孙源谦,礼彤,王立红,等. 大孔树脂脱除冬凌草提取物中色素的工艺研究[J]. 亚太传统医药,2011,7(4):30.

[23] 马振山,仝燕,王琳,等. 复方柴胡汤提取分离的研究[J]. 中国实验方剂学杂志,2002,8(4):1.

[24] 仝燕,马振山,王琳,等. 复方柴胡汤大孔吸附树脂分离精制工艺的研究[J]. 中国实验方剂学杂志,2002,8(5):1.

[25] 李云涛,王丽娜. 加味四逆颗粒水提取大孔树脂精制工艺的研究[J]. 中国实验方剂学杂志,2009,15(1):16.

[26] 王淑美,李淑芳,梁生旺,等. AB-8 大孔吸附树脂纯化复方脑脉通有效部位的工艺研究[J]. 中成药,2009,31(1):48.

[27] 仝燕,李先端,王锦玉,等. 复方三七脊复康胶囊提取精制工艺的研究[J]. 中国实验方剂学杂志,2006,12(2):1.

[28] 王锦玉,冯伟红,仝燕,等. 冠心 II 号方水煎液纯化工艺方法比较[J]. 中国实验方剂学杂志,2007,13(7):14.

[29] 潘爱娟,钟晓明,黄真. 苏郁滴丸中柴胡郁金提取液的大孔树脂分离纯化工艺[J]. 中华中医药学刊,2009,27(10):2123.

- [30] 李燕燕,王宏洁,杨健,等.大孔树脂纯化葛根丹参药对水溶性有效成分工艺研究[J].中国实验方剂学杂志,2008,14(1):20.
- [31] 方玉婷,郭立玮,董洁.大孔吸附树脂法分离精制芍药甘草汤[J].现代中药研究与实践,2010,24(1):48.
- [32] 茅仁刚,袁萍,叶晓平,等.芝参正肝胶囊的大孔树脂纯化工艺研究[J].中成药,2010,32(12):2083.
- [33] 王雅琦,龚慕辛,王智民,等.吴茱萸汤大孔树脂精制工艺[J].中国实验方剂学杂志,2010,16(5):1.
- [34] 梁贺升,陈少瑾.大孔树脂脱除中药水煎液中铅、镉和铜的研究[J].广东微量元素科学,2010,17(3):46.
- [35] 鲁兴礼,熊耀嘉,李雄,等.降低桑叶提取物中灰分的方法探讨[J].中国现代应用药学杂志,2007,7(6):41.
- [36] 王先良,王小利,徐顺清.大孔螯合树脂可用于处理中药重金属污染[J].中成药,2005,27(12):1376.
- [37] 魏艳彪,钱丽颖,李永铿,等.大孔树脂对吡虫啉的吸附性能研究[J].食品工业,2011(1):11.
- [38] 仪美芹,姜兴印,李学锋,等.吡虫啉对番茄幼苗根系活力及生理生化指标的影响[J].植物保护,2010,36(2):71.
- [39] 何利文,赵秦,林雁,等.吡虫啉在白蚁防治中的研究进展[J].中国媒介生物学及控制杂志,2009,20(1):85.
- [40] 黄丽凤,刘友平,陈鸿平,等.茶多酚中大孔树脂残留物的顶空进样法分析研究[J].时珍国医国药,2010,21(2):313.
- [41] 袁海龙,李仙义,肖小河,等.D-101型大孔树脂残留物的顶空进样法分析研究[J].中药新药与临床药理,2003,14(2):121.
- [42] 陆宇照,杨祖荣,李谨,等.中药用D-101型大孔树脂苯系列残留物分析研究[J].云南中医学院学报,2003,26(2):17.
- [43] 束磊,潘丽军,梁娟,等.银杏内酯B(原料药)中大孔树脂和有机溶剂残留量的气相色谱-质谱联用法测定[J].中国现代应用药学杂志,2010,21(11):2814.
- [44] 王佩,刘晓昱,吴锡铭.蝉贝口服液的澄清工艺研究[J].中华中医药学刊,2009,27(2):428.
- [45] 王维香,王晓君,黄潇,等.川芎多糖脱色方法比较[J].离子交换与吸附,2010,26(1):74.
- [46] 袁红波,张劲松,贾薇,等.利用大孔树脂对低分子量灵芝多糖脱色的研究[J].食品工业科技工艺技术,2009,3:204.
- [47] 赵忠海,张小晶.正交实验法优选大孔树脂再生工艺[J].世界中西医结合杂志,2009,4(5):327.
- [48] 苗青,许家鸾,王京霞.D101吸附树脂再生工艺实验研究I:再生液酸、碱、醇浓度及浸泡时间对再生效果的影响[J].中国现代应用药学杂志,2009,26(4):152.
- [49] 钱冬伟,周丹英,余琪.HPD-100大孔树脂再生方法的研究[J].中国现代应用药学杂志,2009,26(11):882.
- [50] 李源君,姜成忠,吴宝财.中药纯化过程中大孔树脂的预处理与再生[J].黑龙江科技信息,2004,11,200.

[责任编辑 仝燕]

《中国实验方剂学杂志》优先数字出版声明

优先数字出版就是以数字出版方式提前出版印刷版期刊内容。按照《中国实验方剂学杂志》与中国知网签订的优先数字出版协议,已经完成审稿及编排的、符合相关规定的稿件可以在印刷版出版前在中国知网优先数字出版平台上发布。发布内容也属于正式出版范畴。这一方式对于加快文献的出版传播,提升学术影响力具有积极作用。作者如希望稿件采用优先数字出版方式出版,请在投稿时说明,经过编辑部审查符合条件者可实现优先出版。