



实用制药工业技术丛书

离子交换与吸附树脂 在制药工业上的应用

LIZI JIAOHUAN YU XIFU
SHUZHIZAI ZHIYAO GONGYE
SHANG DE YINGYONG

主 编 顾觉奋
副主编 寇晓康 郑 珩 杜振宁

中国医药科技出版社

|| 实用制药工业技术丛书 ||

离子交换与吸附树脂 在制药工业上的应用

主 编 顾觉奋

副主编 寇晓康 郑 珩 杜振宁

编 委 (按姓氏笔画排序)

王鲁燕 韦卫军 刘坐镇 刘 昂

江邦和 李治川 李 彦 吴义友

杜振宁 张新元 郑 珩 赵 梦

赵 越 顾觉奋 寇晓康 戴 尧

中国医药科技出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

离子交换与吸附树脂在制药工业上的应用/顾觉奋主编. —北京: 中国医药科技出版社, 2008. 3

(实用制药工业技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 5067 - 3846 - 0

I. 离... II. 顾... III. ①离子交换树脂—应用—制药工业②吸附剂—应用—制药工业 IV. TQ425.9 TQ46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 024139 号

美术编辑 陈君杞

责任校对 张学军

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲 22 号

邮编 100082

电话 责编: 010 - 62216635 发行: 010 - 62244206

网址 www.cspyp.cn www.mpsky.com.cn

规格 787 × 1092mm^{1/16}

印张 25

字数 581 千字

印数 1—3000

版次 2008 年 4 月第 1 版

印次 2008 年 4 月第 1 次印刷

印刷 北京通州皇家印刷厂

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978 - 7 - 5067 - 3846 - 0

定价 45.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

内 容 提 要

本书系论述离子交换与吸附树脂在制药工业上的应用，对微生物制药及中药、天然药物的教学、科研人员，特别对新药研发人员、企业负责人及高层管理者有重要意义，是他们在制药工业研发宏观决策时的重要参考书，可作为有关专业的研究生和大中专学生的教学参考书。

全书共 17 章，主要内容包括发酵液的预处理及细胞破碎；发酵液的液-固分离及中药、天然药物样品的预处理；离子交换树脂基本概念；离子交换过程的理论基础；离子交换过程的选择性及树脂和操作条件的选择；离子交换树脂在微生物制药分离纯化上的应用；离子交换技术在中药、天然药物分离纯化上的应用；软水和无盐水制备；离子交换技术分离蛋白质；吸附分离法；大孔网状聚合物吸附剂；大孔吸附树脂在微生物制药分离和纯化上的应用；大孔吸附树脂在中药、天然药物分离纯化上的应用；离子交换与吸附技术分离纯化基因工程药物；离子交换与吸附技术在其他方面的应用以及离子交换与吸附技术的最新研究进展和国内外树脂使用状况及市场分析等。

本书作为首本制药工业领域分离纯化的系列丛书之一，比较全面和系统地论述了离子交换与吸附树脂在微生物制药及中药、天然药物的分离纯化理论基础、基本技术及工艺中的应用，是目前国内该领域中内容最新、最丰富的专业书之一。鉴于本书的新型离子交换与吸附树脂市场信息内容是其他参考书所没有的，该书的问世，将为医药企业技术负责人及高层管理人员选题立项提供重要指导。

前 言

作者在 1994~2003 年间先后两次主编《分离纯化工工艺原理》第一版、第二版教科书，为适应新世纪生物技术产品的需要，应出版社的书约，新编著了《离子交换与吸附树脂在制药工业上的应用》。本书注重的是培养能进行市场分析、选题立项以及具有新技术应用能力的综合性技术人才，以使科技成果更好地与市场发展相结合，促进科技成果的转化，其宗旨是“面向 21 世纪；将生物产品——微生物制药、中药、天然药物的教学推上一个新台阶”。本书不仅可作为制药领域研究生、本科生及专科生的专业书籍，还可作为新药研发人员、医药企业高层技术管理人员选题立项、制定制药研发宏观决策时的参考书。本书是国内首本该领域的系列丛书之一，是内容最新、最丰富的专著。

全书共分 17 章，内容包括：概论部分，从总体上概述了近十年来离子交换与吸附树脂研究开发的热点和发展趋向，从宏观上了解离子交换与吸附树脂在制药工业中的地位 and 前景；离子交换树脂部分，比较全面和系统地论述了基础理论、基本技术、离子交换过程的选择性，重点介绍了离子交换树脂在微生物制药分离和纯化，在中药、天然药物分离纯化，在蛋白质分离纯化上的应用；吸附树脂部分，重点讲述了大孔吸附树脂在分离纯化等领域国内外新技术、新工艺的发展及应用，较完整和系统地囊括了大孔吸附树脂在微生物制药分离和纯化，中药、天然药物分离纯化，基因工程药物分离纯化上的应用，希冀能起到抛砖引玉的作用，以便读者能对之有全面的了解；最新研究动态则主要介绍离子交换与吸附技术的最新研究进展，包括吸附树脂分离技术在中药复方分离纯化、高分子材料在药物缓控释制剂研究进展、壳聚糖及其衍生物吸附剂研究进展、磁性高分子微球用于固定化酶的研究进展、难溶药物载体——聚合物胶束的研究进展以及聚乳酸载药微球制备及释药性能研究最新进展等等。并重点介绍了新型树脂开发的全球市场、国际制药业和国内市场的信息以及 21 世纪畅销树脂的预测等，这些资料对科研人员结合市场选题立项无疑有重大参考价值。

在编写中注意了理论与实践紧密结合，一般先阐明科学原理和基础理论，然后再介绍有关新技术、新工艺的发展及应用、相关的作用机制以及研发热点和趋势；在选材中注意了国内外内容相结合，当前的基本需要和今后的发展需要相结合，因此既反映了国际较新的发展，也包括了国内制药工业中成

功的经验，力求全面、系统、准确地反映国内外先进成果和最新进展，给读者更多的信息。本书内容丰富、编排合理，所述实例来自实践第一线，先进、可靠，有较强的科学性、实用性，具有较高参考价值。希望能给读者以启迪，给开拓攀登者一级台阶。

本书作者均是从事微生物制药或中药、天然药物教学、科研工作多年，或生产第一线的科技企业家、经验丰富的专家，在编写过程中，得到了中国药科大学各级领导的关心支持，西安蓝晓科技有限公司、天津南开和成科技有限公司、江苏南大戈德环保科技有限公司、上海华震科技有限公司鼎力相助，在此一并谨致谢意。

本书可作为微生物制药和中药、天然药物的教学、科研等方面的工作人员参考书，特别是新药研发、企业负责人及高层管理者对微生物药物和中药、天然药物研发宏观决策时的重要参考书，可供有关专业的研究生和大中专学生参考。鉴于本书的树脂开发市场信息内容是其他参考书所没有的；该书的问世，将为医药企业高层技术管理人员选题立项提供指导。

为了使本书适应我国药学科教育发展的需要，我们参考了大量国内外有关书籍和文献，并结合自己几十年教学经验和科研实践中积累的丰富心得和体会，进行编撰工作，但限于水平和时间仓促，难免会有误论和不足之处，祈盼专家、同仁及广大读者不吝批评赐教。

顾觉奋 谨识
2007年8月于中国药科大学

目 录

| | |
|-------------------------------------|--------------|
| 第一章 离子交换与吸附概论 | 顾觉奋、郑珩 (1) |
| 第一节 离子交换与吸附技术在生物制药中的地位 | (1) |
| 一、生物分离过程的特点 | (2) |
| 二、生物产品的分离纯化方法 | (2) |
| (一) 一般工艺流程和单元操作 | (2) |
| (二) 培养液的预处理和固液分离 | (3) |
| (三) 初步纯化 | (3) |
| (四) 高度纯化 | (6) |
| 第二节 分离纯化方法的选择依据 | (8) |
| 一、传统生物药物分离纯化方法的选择依据 | (8) |
| (一) 生物药物的理化性质 | (8) |
| (二) 生物药物的稳定性 | (9) |
| (三) 极性和溶解度的确定 | (9) |
| 二、基因工程药物分离纯化方法的选择依据 | (12) |
| (一) 理化和生物化学性质 | (12) |
| (二) 离子交换色谱 | (12) |
| (三) 亲和色谱 | (12) |
| (四) 目标蛋白质的表征 | (12) |
| 第三节 离子交换技术在制药工业中的应用 | (13) |
| 一、水处理 | (13) |
| 二、药物分离纯化 | (14) |
| (一) 药物的初步分离及浓缩 | (14) |
| (二) 离子排出 (脱盐树脂的应用) | (14) |
| (三) 中和树脂的应用 | (15) |
| (四) 脱色树脂的应用 | (15) |
| (五) 色谱分离 (精制) | (15) |
| 三、在制剂领域的应用 | (16) |
| (一) 掩盖药物的不良味道 | (16) |
| (二) 眼部给药 | (16) |
| (三) 缓控释给药 | (17) |
| 第四节 吸附分离技术在制药工业中的应用 | (17) |
| 一、初步分离和浓缩 | (17) |
| (一) 抗生素的分离纯化 | (17) |

| | |
|--------------------------|--------|
| (二) 维生素及氨基酸的分离纯化 | (18) |
| (三) 中药有效成分的分离纯化 | (18) |
| (四) 蛋白质等生物大分子的分离纯化 | (19) |
| 二、吸附树脂脱色及除杂 | (19) |
| 三、脱盐 (分子筛分离) | (20) |
| 四、色谱分离 | (20) |
| 第五节 离子交换与吸附技术的发展趋向 | (21) |
| 一、优质介质材料的研究 | (21) |
| 二、吸附过程与溶剂萃取过程结合 | (21) |
| (一) 阳离子交换反应萃取 | (22) |
| (二) 离子缔合反应萃取 | (22) |
| (三) 液体离子交换萃取 | (22) |
| 三、亲和技术的推广使用 | (23) |
| 四、上游技术对下游过程的影响 | (24) |
| 五、发酵与提取相结合 | (25) |
| 参考文献 | (25) |

第二章 发酵液的预处理及细胞破碎

顾觉备 (27)

| | |
|-----------------------------|--------|
| 第一节 发酵液的预处理 | (27) |
| 一、凝聚和絮凝技术 | (28) |
| (一) 凝聚作用 | (28) |
| (二) 絮凝作用 | (29) |
| 二、去除杂蛋白质的其他方法 | (31) |
| (一) 等电点沉淀 | (31) |
| (二) 变性沉淀 | (31) |
| (三) 加各种沉淀剂沉淀 | (32) |
| (四) 吸附 | (32) |
| 三、酶解法去除不溶性多糖 | (32) |
| 四、高价金属离子的去除 | (32) |
| (一) 离子交换法 | (32) |
| (二) 沉淀法 | (32) |
| 第二节 细胞的破碎 | (33) |
| 一、微生物的细胞壁 | (33) |
| (一) 细菌细胞壁的化学组成和结构 | (33) |
| (二) 霉菌细胞壁的化学组成和结构 | (34) |
| (三) 酵母细胞壁的化学组成和结构 | (34) |
| 二、微生物细胞壁的强度和细胞破碎的难易程度 | (35) |
| 第三节 细胞的破碎技术 | (36) |

| | |
|--|-------------------|
| 一、机械法 | (37) |
| (一) 高压匀浆器 | (37) |
| (二) 高速珠磨机 | (39) |
| (三) 高速组织捣碎机 | (40) |
| (四) 研磨 | (40) |
| (五) 超声波振荡器 | (41) |
| 二、非机械法 | (41) |
| (一) 化学法 | (41) |
| (二) 酶解法 | (42) |
| (三) 物理法 | (42) |
| 三、破碎率的评价及各种破碎方法的评述 | (43) |
| (一) 破碎率的评价 | (43) |
| (二) 目标产物的选择性释放 | (44) |
| (三) 各种破碎方法的评述 | (44) |
| 参考文献 | (46) |
| 第三章 发酵液的液-固分离及中药、天然药物样品的预处理 | 顾觉奋 (47) |
| 第一节 发酵液的液-固分离 | (47) |
| 一、过滤 | (47) |
| (一) 常规过滤 | (48) |
| (二) 错流过滤 | (49) |
| 二、离心分离 | (49) |
| (一) 过滤式离心 | (50) |
| (二) 沉降式离心 | (51) |
| 三、影响液-固分离的因素 | (52) |
| (一) 微生物种类对液-固分离的影响 | (52) |
| (二) 发酵液的黏度 | (53) |
| (三) 其他因素 | (53) |
| 四、选择液-固分离方法的准则 | (53) |
| 五、液-固分离技术的发展动向 | (53) |
| 第二节 中药、天然药物样品的预处理 | (53) |
| 一、生物碱 | (55) |
| (一) 生物碱的一般特性 | (55) |
| (二) 生物碱的预处理 | (56) |
| 二、黄酮类 | (56) |
| (一) 黄酮类的一般特性 | (56) |
| (二) 黄酮类的预处理 | (57) |
| 三、皂苷 | (57) |

| | |
|-------------------------------|------------|
| (一) 皂苷的一般特性 | (57) |
| (二) 皂苷的预处理 | (58) |
| 四、香豆素 | (59) |
| (一) 香豆素的一般特性 | (59) |
| (二) 香豆素的预处理 | (59) |
| 五、蒽醌类 | (60) |
| (一) 蒽醌类的一般特性 | (60) |
| (二) 蒽醌类的预处理 | (61) |
| 参考文献 | (61) |
| 第四章 离子交换树脂基本概念 | 顾觉奋 (62) |
| 第一节 离子交换树脂的基本概念 | (63) |
| 第二节 离子交换树脂的分类 | (63) |
| 一、强酸性阳离子交换树脂 | (64) |
| 二、弱酸性阳离子交换树脂 | (64) |
| 三、强碱性阴离子交换树脂 | (65) |
| 四、弱碱性阴离子交换树脂 | (65) |
| 第三节 离子交换树脂的命名及理化性能 | (66) |
| 一、命名 | (66) |
| 二、离子交换树脂的理化性能 | (67) |
| 第四节 离子交换树脂的合成 | (73) |
| 一、加聚法 (共聚法) | (73) |
| 二、逐步共聚法 (缩聚法) | (73) |
| (一) 聚苯乙烯-二乙烯苯磺酸阳离子树脂 | (74) |
| (二) 苯乙烯-二乙烯苯胺基阴离子交换树脂 | (74) |
| (三) 丙烯酸-二乙烯苯系羧酸树脂 | (75) |
| (四) 酚醛型树脂 | (76) |
| (五) 多烯多胺-环氧丙烷型树脂 | (77) |
| 第五节 特殊结构的树脂 | (78) |
| 一、两性树脂 (包括热再生树脂、蛇笼树脂) | (78) |
| 二、均孔树脂 | (79) |
| 三、螯合树脂 | (79) |
| 参考文献 | (80) |
| 第五章 离子交换过程的理论基础 | 顾觉奋 (82) |
| 第一节 离子交换平衡方程式 | (82) |
| 第二节 离子交换速度 | (84) |
| 一、交换机制 | (84) |

| | |
|--|-----------------------|
| 二、交换速度方程式 | (85) |
| 三、影响交换速度的因素 | (86) |
| 第三节 离子交换过程的运动学 | (87) |
| 第四节 离子交换过程的再生机制 | (89) |
| 一、离子交换树脂脱色机制 | (89) |
| (一) 颜色与结构的关系 | (89) |
| (二) 色素 | (90) |
| (三) 离子交换树脂脱色机制 | (91) |
| 二、离子交换树脂脱色的再生机制 | (92) |
| 参考文献 | (93) |
| | |
| 第六章 离子交换过程的选择性及树脂和操作条件的选择 | 顾觉奋、寇晓康 (94) |
| 第一节 离子交换过程的选择性 | (94) |
| 一、离子的水化半径 (水合离子半径) | (94) |
| 二、离子的化合价 | (95) |
| 三、溶液的 pH (酸碱度) | (96) |
| 四、交联度、膨胀度、分子筛 | (96) |
| 五、树脂和交换离子之间的辅助力 | (97) |
| 六、有机溶剂的影响 | (98) |
| 第二节 偶极离子吸附 | (98) |
| 第三节 树脂和操作条件的选择 | (99) |
| 一、树脂 | (99) |
| 二、最适操作条件的选择 | (100) |
| (一) 根据物质离子的性质、电荷强弱及洗脱的易难来选择合适的树脂 | (100) |
| (二) 最适工艺条件的选择 | (101) |
| 三、固定床吸附操作 | (101) |
| 四、多柱串联吸附操作 | (102) |
| 五、膨胀床吸附操作 | (103) |
| (一) 膨胀床的设备及结构 | (103) |
| (二) 吸附介质 | (104) |
| (三) 膨胀床吸附的操作步骤 | (104) |
| (四) 膨胀床吸附技术的应用 | (105) |
| 第四节 国内外离子交换树脂 | (106) |
| 一、国产离子交换树脂种类、牌号及规格 | (106) |
| (一) 西安蓝晓科技有限公司产品 | (106) |
| (二) 天津南开和成科技有限公司产品 | (108) |
| (三) 华东理工大学上海华震科技有限公司产品 | (109) |
| (四) 其他单位产品 | (109) |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 二、国外离子交换树脂种类、牌号及规格 | (110) |
| 三、国内外离子交换树脂相应牌号对照表 | (110) |
| 第五节 大网格离子交换树脂 | (112) |
| 参考文献 | (115) |
| 第七章 离子交换树脂在微生物制药分离纯化上的应用 | 顾觉奋 (116) |
| 第一节 离子交换树脂在微生物制药分离纯化上的应用 | (116) |
| 一、概述 | (116) |
| 二、氨基糖苷类抗生素分离纯化上的应用 | (117) |
| (一) 离子交换树脂在链霉素分离纯化上的应用 | (117) |
| (二) 离子交换树脂在卡那霉素分离纯化上的应用 | (121) |
| (三) 离子交换树脂在庆大霉素分离纯化上的应用 | (122) |
| (四) 离子交换树脂在妥布拉霉素分离纯化上的应用 | (123) |
| (五) 离子交换树脂在巴龙霉素分离纯化上的应用 | (124) |
| (六) 离子交换树脂在新霉素分离纯化上的应用 | (125) |
| (七) 离子交换树脂在春雷霉素分离纯化上的应用 | (126) |
| (八) 离子交换树脂在青紫霉素分离纯化上的应用 | (127) |
| (九) 大孔阳离子交换树脂在井冈霉素分离纯化上的应用 | (128) |
| 三、克拉维酸的分离纯化上的应用 | (130) |
| (一) 克拉维酸的理化特性 | (130) |
| (二) 克拉维酸的分离纯化 | (130) |
| 四、四环素类抗生素分离纯化上的应用 | (131) |
| (一) 四环素的提取 | (131) |
| (二) 土霉素的提取 | (132) |
| 五、林可类抗生素分离纯化上的应用 | (133) |
| (一) 预处理和过滤 | (133) |
| (二) 各种提取方法 | (133) |
| 六、多肽类抗生素分离纯化上的应用 | (134) |
| (一) 离子交换树脂在多黏霉素分离纯化上的应用 | (134) |
| (二) 离子交换树脂在杆菌肽分离纯化上的应用 | (137) |
| (三) 离子交换树脂在万古霉素分离纯化上的应用 | (137) |
| (四) 离子交换树脂在卷曲霉素分离纯化上的应用 | (139) |
| (五) 离子交换树脂在紫霉素分离纯化上的应用 | (140) |
| (六) 离子交换树脂在结核放线菌素 N 分离纯化上的应用 | (141) |
| (七) 离子交换树脂在博莱霉素分离纯化上的应用 | (142) |
| 第二节 离子交换树脂在维生素生产上的应用 | (143) |
| 一、离子交换树脂在维生素 C 分离纯化上的应用 | (143) |
| (一) 维生素 C 的理化性质 | (143) |

| | |
|---|-------|
| (二) 维生素 C 的分离纯化 | (144) |
| (三) 维生素 C 分离纯化工艺要点 | (144) |
| 二、离子交换树脂在维生素 B ₁₂ 分离纯化上的应用 | (144) |
| (一) 维生素 B ₁₂ 的理化性质 | (144) |
| (二) 维生素 B ₁₂ 的分离纯化工艺流程 | (145) |
| (三) 维生素 B ₁₂ 分离纯化工艺要点 | (145) |
| 第三节 离子交换树脂在氨基酸生产上的应用 | (145) |
| 一、离子交换树脂在赖氨酸分离纯化上的应用 | (146) |
| 二、离子交换树脂在 L-精氨酸分离纯化上的应用 | (146) |
| 三、离子交换树脂在异亮氨酸分离纯化上的应用 | (147) |
| 四、离子交换树脂在蛋氨酸分离纯化上的应用 | (147) |
| 五、离子交换树脂在 1,6-二磷酸果糖分离纯化上的应用 | (148) |
| 第四节 离子交换树脂在核酸类药物生产上的应用 | (149) |
| 一、离子交换树脂在 D-核糖分离纯化上的应用 | (149) |
| 二、离子交换树脂在腺嘌呤核苷三磷酸 (ATP) 分离纯化上的应用 | (150) |
| 三、离子交换树脂在辅酶 A 分离纯化上的应用 | (151) |
| 参考文献 | (152) |

第八章 离子交换技术在中药、天然药物分离纯化上的应用

| | |
|----------------------------------|-------|
| 郑珩、杜振宁、顾觉奋 | (154) |
| 第一节 概述 | (154) |
| 一、中药中主要的有效成分 | (154) |
| (一) 生物碱 | (154) |
| (二) 黄酮类化合物 | (155) |
| (三) 皂苷 | (155) |
| (四) 多糖 | (156) |
| 二、中药中有效成分的分离纯化 | (157) |
| 第二节 离子交换树脂在生物碱分离纯化上的应用 | (159) |
| 一、离子交换树脂分离纯化喘平复方生物碱 | (159) |
| (一) 喘平复方制剂的一般特性 | (159) |
| (二) 阳离子交换树脂分离喘平复方生物碱的工艺流程 | (159) |
| (三) 分离工艺要点 | (159) |
| 二、离子交换树脂分离纯化苦参总生物碱 | (159) |
| (一) 苦参总生物碱的一般特性 | (159) |
| (二) 阳离子交换树脂纯化苦参总生物碱的工艺流程 | (160) |
| (三) 阳离子交换树脂纯化苦参总生物碱工艺要点 | (160) |
| 第三节 离子交换树脂在糖蛋白、多糖类分离纯化上的应用 | (160) |
| 一、离子交换树脂分离纯化大蒜酶糖蛋白 | (160) |

| | |
|--|-------|
| (一) 大蒜酶糖蛋白的一般特性 | (160) |
| (二) 大蒜酶糖蛋白的分离纯化 | (161) |
| 二、离子交换树脂分离纯化蛹虫草多糖 | (161) |
| (一) 蛹虫草多糖的一般特性 | (161) |
| (二) 离子交换 DEAE 纤维素柱分离纯化蛹虫草多糖的工艺流程 | (161) |
| (三) 离子交换 DEAE 纤维素柱分离纯化蛹虫草多糖的工艺要点 | (162) |
| 三、离子交换 DEAE 纤维素柱分离纯化山麦冬多糖 | (162) |
| (一) 山麦冬多糖的一般特性 | (162) |
| (二) 离子交换 DEAE 纤维素柱分离纯化山麦冬多糖的工艺流程 | (163) |
| (三) 离子交换 DEAE 纤维素柱分离纯化山麦冬多糖的工艺要点 | (163) |
| 四、离子交换树脂分离纯化大枣多糖 | (163) |
| (一) 大枣多糖的一般特性 | (163) |
| (二) 离子交换树脂分离纯化大枣多糖的工艺流程 | (163) |
| (三) 分离纯化工艺要点 | (164) |
| 五、DEAE 纤维素柱纯化灵芝多糖 | (164) |
| (一) 灵芝多糖的一般特性 | (164) |
| (二) 分离纯化的工艺流程 | (165) |
| 六、DEAE-52 离子交换树脂色谱纯化芦荟酸性多糖 | (165) |
| (一) 芦荟酸性多糖的一般特性 | (165) |
| (二) 分离纯化的工艺流程 | (166) |
| (三) 分离纯化工艺要点 | (166) |
| 第四节 离子交换树脂在有机酸等分离纯化上的应用 | (166) |
| 一、离子交换树脂分离金银花中绿原酸 | (166) |
| (一) 绿原酸的一般特性 | (166) |
| (二) 强碱性阴离子交换纤维纯化绿原酸的工艺及要点 | (167) |
| 二、离子交换树脂分离茶叶中茶氨酸 | (167) |
| (一) 茶叶中茶氨酸的一般特性 | (167) |
| (二) 阳离子交换树脂纯化茶叶中茶氨酸的工艺及要点 | (168) |
| 三、离子交换树脂分离米糠中的植酸 | (168) |
| (一) 植酸的一般特性 | (168) |
| (二) 离子交换法从米糠中纯化植酸的工艺及要点 | (168) |
| 参考文献 | (169) |

| | |
|---------------------------|------------------|
| 第九章 软水和无盐水制备 | 顾觉奋、郑珩、杜振宁 (170) |
| 第一节 软水和无盐水的制备 | (170) |
| 一、软水制备 | (170) |
| 二、无盐水制备 | (170) |
| 三、再生方式 | (172) |

| | |
|---------------------------------------|---------------|
| 四、有机物污染问题 | (173) |
| 第二节 离子交换膜和电渗析 | (173) |
| 一、离子交换膜 | (173) |
| 二、国产离子交换膜和国外类似产品比较 | (174) |
| (一) 异相膜 | (174) |
| (二) 均相膜 | (175) |
| 三、电渗析制备无盐水 | (175) |
| 参考文献 | (176) |
| 第十章 离子交换技术分离蛋白质 | 顾觉奋、杜振宁 (177) |
| 第一节 概述 | (177) |
| 第二节 蛋白质的离子交换平衡及动力学 | (178) |
| 一、蛋白质的离子交换平衡方程式 | (178) |
| 二、蛋白质的离子交换动力学 | (178) |
| 第三节 适用于分离纯化蛋白质的离子交换剂 | (179) |
| 一、特殊性能 | (179) |
| 二、最常用的树脂种类及牌号 | (179) |
| (一) G类葡聚糖凝胶 | (181) |
| (二) 离子交换葡聚糖凝胶 | (181) |
| 第四节 离子交换剂的交换容量 | (182) |
| 第五节 离子交换色谱在蛋白质分离纯化中的应用 | (183) |
| (一) 血清蛋白的 DEAE 纤维素柱色谱 | (185) |
| (二) 用强碱性离子交换剂从乳清中提取蛋白质 | (185) |
| (三) 大孔阴离子交换树脂 DEAE-E/H 固定化氨基酰化酶 | (185) |
| (四) 从大肠杆菌周质中高效提取重组人生长激素 (hGH) | (185) |
| 第六节 离子交换色谱在蛋白质分离纯化应用上的最新进展 | (186) |
| 一、对氨基酸的分析 | (186) |
| 二、色谱介质的研究进展 | (186) |
| 三、交变电场下离子交换色谱分离 | (186) |
| 四、离子交换色谱的联用技术 | (187) |
| (一) 离子交换色谱-积分脉冲安培法 (IEC-IPAD) | (187) |
| (二) 离子交换色谱和激光光散射仪联用 | (187) |
| (三) 二维的反相液相色谱 (2D-RPC) | (188) |
| 五、存在的问题及前景 | (188) |
| 参考文献 | (189) |
| 第十一章 吸附分离法 | 顾觉奋 (190) |
| 第一节 概述 | (190) |

| | |
|------------------------------------|-------|
| 第二节 吸附过程的理论基础 | (190) |
| 一、基本概念 | (190) |
| 二、吸附的类型 | (191) |
| (一) 物理吸附 | (191) |
| (二) 化学吸附 | (191) |
| (三) 交换吸附 | (192) |
| 三、吸附力的本质 | (192) |
| (一) 定向力 | (192) |
| (二) 诱导力 | (192) |
| (三) 色散力 | (192) |
| (四) 氢键力 | (193) |
| 四、吸附等温线 | (193) |
| 第三节 常用的吸附剂 | (194) |
| 一、活性炭 | (194) |
| (一) 活性炭的三种基本类型 | (194) |
| (二) 活性炭的选择 | (195) |
| 二、漂白土 | (195) |
| 三、氧化铝 | (195) |
| 四、硅胶 | (196) |
| 五、纤维素 | (196) |
| 六、大孔网状聚合物吸附剂 | (196) |
| 第四节 影响吸附过程的因素 | (197) |
| 一、吸附剂的性质 | (197) |
| 二、被吸附物的性质 | (197) |
| 三、溶剂的影响 | (198) |
| 四、溶液 pH 的影响 | (198) |
| 五、温度的影响 | (198) |
| 六、其他组分的影响 | (198) |
| 第五节 吸附分离法的应用 | (198) |
| 一、大孔网状聚合物吸附剂的应用特点 | (198) |
| (一) 无机盐类的存在有利于吸附量增大 | (198) |
| (二) 根据被吸附物的极性、分子大小选择合适的孔径 | (199) |
| (三) 溶液 pH 对吸附的影响 | (199) |
| (四) 解吸的几种通常方法 | (199) |
| 二、活性炭的应用实例 | (199) |
| 三、氧化铝分离纯化维生素 B ₁₂ | (199) |
| 四、硅胶分离纯化柱晶白霉素 | (200) |
| 五、大孔网状聚合物吸附剂在微生物制药生产上的应用 | (200) |

| | |
|---|----------------------|
| (一) 头孢菌素 C 的分离纯化 | (200) |
| (二) 四环素、土霉素的分离纯化 | (201) |
| (三) 红霉素、螺旋霉素、竹桃霉素的分离纯化 | (201) |
| (四) 其他类抗生素的分离纯化 | (201) |
| (五) 维生素 B ₁₂ 的分离纯化 | (202) |
| 参考文献 | (202) |
| 第十二章 大孔网状聚合物吸附剂 | 顾觉奋、寇晓康 (203) |
| 第一节 概述 | (203) |
| 第二节 大孔网状吸附剂的类型和结构 | (204) |
| 一、大孔网状吸附剂的类型 | (204) |
| 二、大孔网状吸附剂的结构 | (205) |
| 第三节 大孔网状聚合物吸附剂的吸附机制 | (206) |
| 第四节 大孔网状聚合物吸附剂物理性能的测定 | (207) |
| 一、大孔网状吸附剂的物理性能 | (207) |
| 二、大孔网状吸附剂物理性能的测定 | (207) |
| 第五节 大孔网状吸附树脂的制备 | (209) |
| 第六节 国内外大孔网状吸附树脂 | (210) |
| 第七节 大孔网状聚合物吸附剂在抗生素及激素类药物生产上的应用 | (215) |
| 一、大孔网状聚合物吸附剂分离纯化麦迪霉素上的应用 | (216) |
| (一) 麦迪霉素的理化特性 | (216) |
| (二) 大孔树脂吸附法分离纯化麦白霉素的工艺流程 | (217) |
| (三) 分离纯化工艺要点 | (217) |
| 二、大孔网状聚合物吸附剂分离纯化氢化可的松上的应用 | (217) |
| (一) 氢化可的松的一般特性 | (217) |
| (二) 大孔树脂吸附法分离纯化氢化可的松的工艺特点 | (218) |
| 三、大孔网状聚合物吸附剂分离纯化赤霉素上的应用 | (218) |
| (一) 赤霉素的理化特性 | (218) |
| (二) 大孔树脂吸附法分离纯化赤霉素的工艺特点 | (219) |
| 四、大孔网状聚合物吸附剂分离纯化脱落酸上的应用 | (219) |
| (一) 脱落酸的理化特性 | (219) |
| (二) 大孔树脂吸附法分离纯化脱落酸的工艺流程 | (220) |
| (三) 分离纯化脱落酸的工艺要点 | (220) |
| 参考文献 | (221) |
| 第十三章 大孔网状聚合物吸附剂在微生物制药分离和纯化上的应用 | 顾觉奋 (222) |
| 第一节 大孔网状聚合物吸附剂在抗生素生产上的应用 | (222) |
| 一、概述 | (222) |